



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL RENDIMIENTO DE LA TRANSMISIÓN Y
EFICIENCIA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN UN VEHÍCULO DE
TRANSMISIÓN MANUAL Y AUTOMÁTICO DE LA SUB CATEGORIA M1

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

AUTORES: OSCAR LEONARDO LOJA SAGABAY

ANTHONY PATRICIO QUITO TUQUIÑAHUI

TUTOR: ING. PAÚL HERNAN NARVÁEZ VILLA, Ph.D.

Cuenca - Ecuador

2025

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, Oscar Leonardo Loja Sagbay con documento de identificación N° 0107101644 y Anthony Patricio Quito Tuquiñahui con documento de identificación N° 0106647910; manifestamos que:

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

Cuenca, 17 de febrero del 2025

Atentamente,



Oscar Leonardo Loja Sagbay

0107101644



Anthony Patricio Quito Tuquiñahui

0106647910

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

Nosotros, Oscar Leonardo Loja Sagbay con documento de identificación N° 0107101644 y Anthony Patricio Quito Tuquiñahui con documento de identificación N° 0106647910, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Análisis comparativo del rendimiento de la transmisión y eficiencia de consumo de combustible en un vehículo de transmisión manual y automático de la sub categoría M1”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Cuenca, 17 de febrero del 2025

Atentamente,



Oscar Leonardo Loja Sagbay

0107101644



Anthony Patricio Quito Tuquiñahui

0106647910

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Paúl Hernán Narvárez Villa con documento de identificación N°0102248846, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL RENDIMIENTO DE LA TRANSMISIÓN Y EFICIENCIA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN UN VEHÍCULO DE TRANSMISIÓN MANUAL Y AUTOMÁTICO DE LA SUB CATEGORÍA M1, realizado por Oscar Leonardo Loja Sagbay con documento de identificación N° 0107101644 y por Anthony Patricio Quito Tuquiñahui con documento de identificación N° 0106647910, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 17 de febrero del 2025

Atentamente,



Ing. Paúl Hernán Narvárez Villa, Ph.D

0102248846

DEDICATORIA

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación a mis padres, Marlene y Guillermo, quienes con su amor, esfuerzo y sacrificio han sido el pilar principal para mi formación y crecimiento personal.

A mi madre, por enseñarme a no rendirme en ninguna circunstancia, por sus consejos de vida que me han enseñado a ser fuerte, perseverante y a nunca dejar de luchar por mis sueños.

A mi padre, por su esfuerzo y sacrificio, a pesar de la distancia siempre ha estado presente con su apoyo incondicional. Este logro es para ustedes, con todo mi amor y gratitud.

A toda mi familia, que me apoyó y me dio ánimos, creyendo en mí y en mi capacidad para superar cada desafío. Gracias por su confianza y por estar siempre a mi lado, celebrando cada logro y brindándome su incondicional apoyo.

Y finalmente, dedico este trabajo a todos aquellos que, de alguna manera, me han impulsado a seguir adelante. Su aliento y apoyo han sido fundamentales para alcanzar esta meta.

Oscar Leonardo Loja Sagbay

DEDICATORIA

Con total afecto y cariño dedico este proyecto a mi madre Ximena, que a pesar de la distancia su apoyo incondicional siempre está presente, a mi padre Iván, quien ha sido fundamental en mi vida para mi formación como persona. Sus esfuerzos y dedicación han forjado la fortaleza para alcanzar mis metas propuestas.

A mi tía Narcisa, quien ha sido como mi segunda madre y siempre ha estado para mí en las buenas y en las malas. A mi hermana Vanessa con quien siempre he contado con su apoyo.

Finalmente, a mis amigos más cercanos y a todos mis familiares, por creer en mí y haber formado parte de este proceso.

Anthony Patricio Quito Tuquiñahui

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa a la realización de esta tesis.

Oscar Leonardo Loja Sagbay

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres Iván y Ximena por el apoyo que me han dado para poder realizar mis estudios profesionales, a mi hermana y mi familia por sus palabras de aliento, constancia y perseverancia, las mismas que me han servido de motivación para poder cumplir con esta meta.

A mis amigos que conocí en el transcurso de mi carrera, con quienes pasamos bueno y malos momentos, pero hicieron que esta etapa universitaria sea más fácil.

Anthony Patricio Quito Tuquiñahui

RESUMEN

El presente estudio se centra en el análisis comparativo del rendimiento de la transmisión y consumo de combustible en un vehículo Kia Sportage 2.0, con caja manual y automática. Su objetivo principal es determinar cuál ofrece un mejor desempeño en términos de consumo y rendimiento bajo diversas condiciones controladas y en pruebas de carretera.

Para establecer el marco teórico, se realizó una revisión de la literatura sobre sistemas de transmisión, consumo de combustible y normativas de emisiones vehiculares, considerando la NTE INEN 2204-2017, que regula los límites de emisiones en Ecuador.

En la etapa experimental, se realizaron pruebas en un banco de potencia Maha LPS3000, utilizando un flujómetro para medir el consumo de combustible. Se empleó el ciclo de conducción FTP-75. Adicionalmente, se llevó a cabo una prueba en ruta, diseñada según la normativa EURO 6, con un recorrido de 16 km que incluyó sectores urbanos, rural y de autopista, asegurando una evaluación en condiciones reales de conducción.

Posteriormente, se realizó un análisis estadístico de los datos recolectados, evaluando la variabilidad en el consumo de combustible y el rendimiento de la transmisión. Los resultados obtenidos proporcionan información clave para optimizar el consumo de combustible, rendimiento de transmisión en vehículos de pasajeros y pueden servir como referencia para futuras investigaciones sobre el desempeño vehicular.

Palabras clave: Transmisión manual, transmisión automática, consumo de combustible, emisiones vehiculares, pruebas en ruta.

ABSTRACT

This study focuses on the comparative analysis of transmission performance and fuel consumption in a Kia Sportage 2.0 vehicle, with manual and automatic gearbox. Its main objective is to determine which one offers better performance in terms of consumption and performance under various controlled conditions and road tests.

To establish the theoretical framework, a literature review was conducted on transmission systems, fuel consumption and vehicle emission regulations, considering NTE INEN 2204-2017, which regulates emission limits in Ecuador.

In the experimental stage, tests were performed on a Maha LPS3000 dyno, using a flowmeter to measure fuel consumption. The FTP-75 driving cycle was used. Additionally, an on-road test was carried out, designed according to EURO 6 regulations, with a 16 km route that included urban, rural and highway sectors, ensuring an evaluation under real driving conditions.

Subsequently, a statistical analysis of the data collected was performed, evaluating the variability in fuel consumption and transmission performance. The results obtained provide key information to optimize fuel consumption, transmission performance in passenger vehicles and can serve as a reference for future research on vehicle performance.

Key words: manual transmission, automatic transmission, fuel consumption, vehicle emissions, road tests.

ÍNDICE

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Certificado De Responsabilidad Y Autoría Del Trabajo De Titulación | II |
| Certificado De Cesión De Derechos De Autor Del Trabajo De Titulación A La Universidad Politécnica Salesiana..... | III |
| Certificado De Dirección Del Trabajo De Titulación..... | IV |
| Dedicatoria | V |
| Dedicatoria | VI |
| Agradecimiento..... | VII |
| Agradecimiento..... | VIII |
| Índice..... | IX |
| Índice De Tablas | XIII |
| Resumen..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| Astra | ¡Error! Marcador no definido. |
| 1. Introducción..... | 17 |
| 1.1. Problema | 18 |
| 1.1.1. Antecedentes..... | 18 |
| 1.1.2. Importancia Y Alcances | 18 |
| 1.2. Delimitación..... | 19 |
| Objetivos..... | 20 |
| 1.2.1. Objetivo General..... | 20 |
| 1.2.2. Objetivos Específicos | 20 |
| Marco Teórico Referencial..... | 21 |
| 1.3. Función De La Transmisión..... | 21 |
| 1.3.1. Importancia De La Transmisión | 23 |
| 1.4. Tipos De Cajas..... | 24 |
| 1.4.1. Caja Manual..... | 24 |
| 1.4.1.1. Funcionamiento De La Transmisión Manual. | 25 |
| 1.4.2. Caja Automática | 25 |
| 1.4.2.1. Funcionamiento De La Transmisión Automática. | 26 |
| | XI |

| | | |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.4.3. | Caja Semiautomática Cvt | 27 |
| 1.4.3.3. | Funcionamiento De La Transmisión Automática Cvt. | 27 |
| 1.4.4. | Caja Semiautomática Dsg..... | 28 |
| 1.4.4.1. | Funcionamiento De La Transmisión Automática Dsg..... | 28 |
| 1.4.4.2. | Características Según Los Tipos De Trasmisiones..... | 29 |
| 1.5. | Rendimiento De La Transmisión | 31 |
| 1.5.1. | Definición De Rendimiento..... | 31 |
| 1.5.2. | Evolución Del Rendimiento De La Transmisión | 32 |
| 1.5.3. | Parámetros Que Influyen En El Rendimiento De La Transmisión | 33 |
| 1.5.4. | Metodología De Cálculo Del Rendimiento De La Transmisión | 34 |
| 1.6. | Consumo | 37 |
| 1.6.1. | Evolución Del Consumo..... | 40 |
| 1.6.2. | Parámetros Que Influyen En El Consumo De Combustible..... | 41 |
| 1.6.1. | Metodología De Cálculo Del Consumo..... | 42 |
| 1.6.1.1. | Ciclo Ftp-75..... | 42 |
| 1.6.1.2. | Pruebas Empíricas..... | 43 |
| 1.6.1.3. | Ciclo Ece..... | 43 |
| 1.6.2. | Importancia En El Rendimiento Y Consumo De Combustible..... | 45 |
| 1.7. | Clasificación Vehicular..... | 47 |
| 1.8. | Metodología | 50 |
| 1.8.1. | Fase1: Diseño Experimental..... | 51 |
| 1.8.2. | Variables De Entrada..... | 52 |
| | Nota: Variables De Entrada Para La Adquisición De Datos. Fuente: (Autores, 2024) | 52 |
| 1.8.3. | Variables De Salida | 52 |
| 1.8.4. | Factores De Inferencia..... | 53 |
| 1.8.5. | Fase 2: Preparación, Instalación Y Configuración De Equipos | 55 |
| 1.8.6. | Flujómetro | 55 |
| 1.8.7. | Banco Dinamométrico | 57 |
| 1.8.8. | Analizador De Gases | 60 |
| 1.8.9. | Medidor De Presión..... | 62 |
| 1.8.10. | Selección De Prueba..... | 63 |
| 1.8.11. | Configuración De Velocidad | 63 |
| 1.8.12. | Presión En Los Neumáticos..... | 65 |
| 1.8.13. | Combustible..... | 66 |
| 1.8.14. | Fase 3: Pruebas Experimentales | 66 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1.8.15. Ciclo De Conducción..... | 70 |
| 1.9. Prueba De Ruta | 72 |
| 1.9.1. Equipos | 73 |
| 1.9.2. Preparación, Medición Y Pesaje..... | 74 |
| 1.9.3. Instalación Del Tanque De Combustible..... | 75 |
| 1.9.4. Realización De Prueba Experimental | 76 |
| 1.9.5. Pesaje De Combustible | 77 |
| 1.9.6. Medición De Volumen | 77 |
| Análisis De Resultados En Relación Con El Rendimiento De Transmisión | 78 |
| 1.10. Análisis De Resultados En Relación Al Consumo De Combustible | 95 |
| Bibliografía | 111 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 <i>Componentes generales de un sistema de transmisión.....</i> | 22 |
| Tabla 2 <i>Características según los tipos de trasmisiones</i> | 29 |
| Tabla 3 <i>Ventajas y desventajas de una transmisión manual</i> | 31 |
| Tabla 4 Ficha técnica del modelo Kia Sportage | 49 |
| Tabla 5 Variables de entrada..... | 52 |
| Tabla 6 Variables de salida | 53 |
| Tabla 7 Factores de inferencia | 54 |
| Tabla 8 Pruebas realizadas..... | 66 |
| Tabla 9 Pruebas realizadas..... | 68 |
| Tabla 10 Pruebas realizadas..... | 69 |
| Tabla 11 Volumen del combustible | 78 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 Delimitación del proyecto | 19 |
| Figura 2 <i>Transmisión manual</i> | 24 |
| Figura 3 <i>Transmisión automática</i> | 26 |
| Figura 4 <i>Transmisión Semiautomática CVT</i> | 27 |
| Figura 5 Transmisión Semiautomática DSG | 28 |
| Figura 6 <i>Relación del consumo de combustible</i> | 38 |
| Figura 7 <i>Consumo de combustible</i> | 39 |
| Figura 8 Consumo de combustible | 39 |
| Figura 9 <i>Parámetros para medición de consumo</i> | 42 |
| Figura 10 Ciclo FTP-75 | 43 |
| Figura 11 Modelos más vendidos por Kia Motors | 48 |
| Figura 12 Dimensiones del vehículo Kia Sportage | 49 |
| Figura 13 Metodología implementada..... | 51 |
| Figura 14 Tabla de diseño experimental..... | 55 |
| Figura 15 Flujómetro de combustible..... | 56 |
| Figura 16 Instalación del flujómetro..... | 57 |
| Figura 17 Vista del banco dinamométrico MAHA LPS 300..... | 58 |
| Figura 18 Kia Sportage con transmisión manual..... | 59 |
| Figura 19 Kia Sportage con transmisión automática | 59 |
| Figura 20 Analizador de gases contaminantes..... | 60 |
| Figura 21 Medidor de gases modelo Brain Bee AGS-688 | 61 |
| Figura 22 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor a gasolina | 62 |
| Figura 23 Medidor de presión de neumáticos..... | 62 |
| Figura 24 Verificación de presión en los neumáticos..... | 63 |
| Figura 25 Interfaz de configuración del banco dinamométrico..... | 64 |
| Figura 26 Velocidad configurada | 64 |
| Figura 27 Verificación de presión en los neumáticos..... | 65 |
| Figura 28 Ejemplo de prueba..... | 67 |
| Figura 29 Ejemplo de prueba..... | 67 |
| Figura 30 Ejemplo de prueba..... | 68 |
| Figura 31 Ejemplo de prueba..... | 69 |
| Figura 32 Ejemplo de prueba..... | 70 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 33 Ejemplo de prueba..... | 70 |
| Figura 34 Prueba en ciclo de conducción | 71 |
| Figura 35 Ciclo de conducción FTP-75 | 72 |
| Figura 36 Flujograma para prueba de ruta..... | 73 |
| Figura 37 Tanque externo de gasolina y probeta..... | 74 |
| Figura 38 Balanza digital..... | 74 |
| Figura 39 Medición y pesaje..... | 75 |
| Figura 40 Tanque externo de gasolina instalado | 75 |
| Figura 41 Prueba de ruta..... | 76 |
| Figura 42 Ejemplo de pesaje del tanque de combustible..... | 77 |
| Figura 43 Volumen de combustible consumido | 78 |
| Figura 44 Grafica de dispersión de CO (TM), CO-1(TA) vs Orden de corrida | 79 |
| Figura 45 Grafica de dispersión de CO(TM), CO-1(MA) vs Presión (Psi)..... | 80 |
| Figura 46 Grafica de dispersión de CO(TM), CO-1(TA) vs Velocidad (km/h)..... | 81 |
| Figura 47 Grafica de dispersión de C0(TM), C0-1(TA) vs Combustible..... | 82 |
| Figura 48 Grafica de dispersión de CO2(TM), CO2-1(TA) vs Orden de corrida | 83 |
| Figura 49 Grafica de dispersión de CO2(TM), CO2-1(TA) vs Presión (Psi)..... | 84 |
| Figura 50 Grafica de dispersión de CO2(TM), CO2-1(TA) vs Velocidad..... | 85 |
| Figura 51 Grafica de dispersión de CO2(TM), CO2-1(TA) vs Combustible..... | 86 |
| Figura 52 Grafica de dispersión de HC(TM), HC-1(TA) vs Orden de corrida | 87 |
| Figura 53 Grafica de dispersión de HC(TM), HC-1(TA) vs Presión (Psi)..... | 88 |
| Figura 54 Grafica de dispersión de HC(TM), HC-1(TA) vs Velocidad..... | 89 |
| Figura 55 Grafica de dispersión de HC(TM), HC-1(TA) vs Combustible..... | 90 |
| Figura 56 Grafica de dispersión de torque (TM), torque-1(TA) vs Orden de corrida..... | 91 |
| Figura 57 Grafica de dispersión de torque (TM), torque-1(TA) vs Presión (Psi) | 92 |
| Figura 58 Grafica de dispersión de torque (TM), torque-1(TA) vs Velocidad | 93 |
| Figura 59 Grafica de dispersión de torque (TM), torque-1(TA) vs Combustible | 94 |
| Figura 60 Grafica de dispersión de Consumo medio (TM), Consumo medio-1(TA) vs Orden de corrida | 95 |
| Figura 61 Grafica de dispersión de Consumo medio (TM), Consumo medio-1(TA) vs Presión | 97 |
| Figura 62 Grafica de dispersión de Consumo medio (TM), Consumo medio-1(TA) vs Velocidad | 98 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 63 Grafica de dispersión de Cons. medio (TM), Cons.medio (TA) vs Combustible. | 99 |
| Figura 64 Grafica de dispersión de Consumo (l/h) (TM), Consumo(l/h) (TA) vs Orden de corrida | 100 |
| Figura 65 Grafica de dispersión de Consumo (l/h) (TM), Consumo(l/h) (TA) vs Presión (Psi)..... | 101 |
| Figura 66 Grafica de dispersión de Consumo (l/h) (TM) Consumo (l/h) (TA) vs Velocidad | 102 |
| Figura 67 Grafica de dispersión de Cons(l/h) (TM)(TA) vs Combustible | 103 |
| Figura 68 grafica de consumo de combustible en ciclo de conducción FTP-75 | 104 |
| Figura 69 Consumo de combustible en prueba de ruta..... | 106 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|------------------------------|---------|
| <i>(Ecuación 1)</i> | 32 |
| <i>(Ecuación 2)</i> | 32 |
| <i>(Ecuación 3)</i> | ¡Error! |
| Marcador no definido. | |
| <i>(Ecuación 4)</i> | 35 |
| <i>(Ecuación 5)</i> | 35 |
| <i>(Ecuación 6)</i> | 35 |
| <i>(Ecuación 7)</i> | 36 |
| <i>(Ecuación 8)</i> | 36 |
| <i>(Ecuación 9)</i> | 37 |
| <i>(Ecuación 10)</i> | 44 |
| <i>(Ecuación 11)</i> | 44 |
| <i>(Ecuación 12)</i> | 45 |

1. INTRODUCCIÓN

El consumo de combustible y el rendimiento de la transmisión son factores determinantes en el desempeño de un vehículo, influyendo directamente en los costos operativos y en la generación de emisiones contaminantes. La elección entre una transmisión manual o automática impacta en el desempeño del motor, la optimización del combustible y la experiencia de conducción. Sin embargo, las diferencias en consumo y rendimiento entre ambos sistemas de transmisión aun generan debate, por lo que es fundamental realizar un análisis comparativo que permita comprender su verdadero impacto.

Esta investigación tiene como objetivo evaluar el consumo de combustible y el rendimiento de la transmisión en un Kia Sportage 2.0, en condiciones controladas y reales de manejo, mediante pruebas en un banco de potencia Maha LPS3000 y pruebas en ruta basada en la normativa EURO 6. Se analizan los datos obtenidos para identificar que transmisión ofrece un mejor desempeño en términos de eficiencia de combustible y rendimiento en distintos escenarios de conducción.

El estudio cobra relevancia al proporcionar información clave para optimizar el consumo de combustible y mejorar el rendimiento del vehículo, permitiendo a usuarios y fabricantes tomar decisiones fundamentadas. Además, los hallazgos contribuirán al cumplimiento de normativas ambientales como la NTE INEN 2204-2017. A partir del análisis experimental, se buscará determinar la relación entre el tipo de transmisión y el consumo de combustible, estableciendo recomendaciones para mejorar el rendimiento y el consumo de combustible.

1.1. Problema

En Ecuador, los vehículos más comercializados son los de transmisión manual presentando como ventaja un menor costo en comparación a vehículos con transmisión automática (Milla et al.,2020). No obstante, las transmisiones automáticas han ganado popularidad en algunas zonas urbanas por su comodidad y facilidad de manejo, principalmente en embotellamientos (Velasco Sandoval,2016).

En nuestro país, se cuenta con una variedad de condiciones geográficas, que influyen en el rendimiento de la transmisión y eficiencia del consumo, el desconocimiento de estos parámetros, en función del tipo de transmisión, afecta a la toma de decisiones por parte de los consumidores, dificultando la selección adecuada de un vehículo, para las condiciones de uso y manejo específicos

1.1.1. Antecedentes

Las transmisiones manuales y automáticas juegan un papel clave en la eficiencia del consumo de combustible y las emisiones vehiculares. Con el avance de la tecnología y las regulaciones ambientales más estrictas, su optimización se ha vuelto esencial en la industria automotriz. Las transmisiones automáticas han mejorado su gestión del consumo en entornos urbanos, mientras que las manuales siguen destacando en eficiencia y control en carretera. Factores como la presión de los neumáticos, la velocidad y el tipo de combustible influyen en su desempeño, afectando el consumo y las emisiones. Este estudio comparará ambas transmisiones para determinar cuál ofrece un mejor equilibrio entre rendimiento, consumo y cumplimiento de normativas ambientales.

1.1.2. Importancia y Alcances

Este estudio beneficiara a los consumidores al proporcionar información precisa en pruebas sobre rendimiento y consumo de combustible de vehículos con transmisión manual y automática. Con ello, los conductores podrán tomar decisiones informadas al momento de

elegir un vehículo que se adapte a sus necesidades, optimizando costos operativos y reduciendo el impacto ambiental. Además, los fabricantes y reguladores podrán utilizar estos hallazgos para mejorar el diseño y la eficiencia de futuros modelos, alineándose como normativas ambientales y consumo.

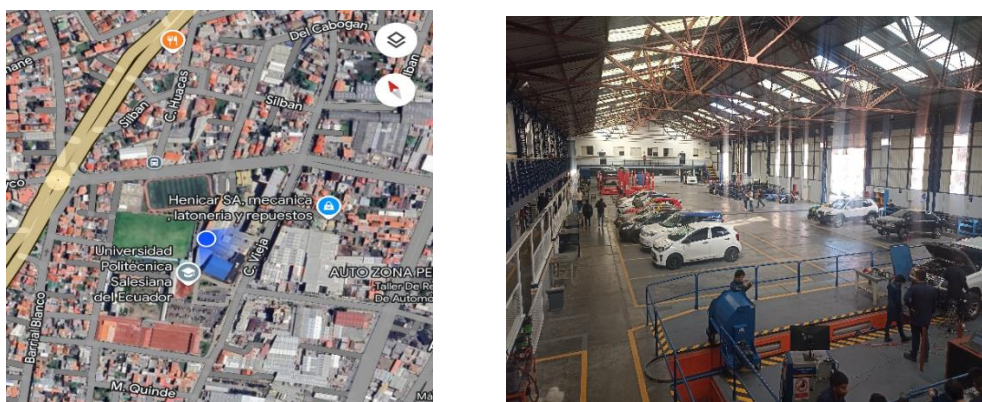
Este enfoque también puede expandirse a otros tipos de vehículos, como automóviles de mayor cilindrada, híbridos, o eléctricos con sistemas de transmisión variable. Asimismo, se puede incluir estudios en diferentes condiciones geográficas y climáticas, empleando el conocimiento sobre el desempeño de la transmisión en escenarios más diversos. Esto permitiría una mejor adaptación de la tecnología a las necesidades del mercado y contribuir al desarrollo de estrategias para reducir el consumo de combustible y las emisiones a nivel global.

1.2. Delimitación

Este estudio fue realizado en los laboratorios de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca. El taller se encuentra ubicado en la Calle Vieja 12-13, en la ciudad de Cuenca, provincia de Azuay, Ecuador.

Figura 1

Delimitación del proyecto



Nota. Taller de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica salesiana

OBJETIVOS

1.2.1. *Objetivo General*

Análisis comparativo del rendimiento de la transmisión y eficiencia de consumo de combustible en un vehículo de transmisión manual y automático de la sub categoría M1

1.2.2. *Objetivos Específicos*

- Establecer el marco teórico referencial sobre el rendimiento de transmisión y la eficiencia de combustible en un vehículo de categoría M1 con transmisión manual y automática, mediante la revisión bibliográfica en documentación técnica actual.
- Obtener datos a través de un diseño experimental para establecer el consumo de combustible y el rendimiento de transmisión en diversas condiciones.
- Analizar los resultados obtenidos en las pruebas para validación y la evaluación de la eficiencia del consumo de combustible y el rendimiento de una transmisión manual y automática, a través de métodos estadísticos

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

El presente estudio tiene como objetivo realizar un análisis comparativo del rendimiento de la transmisión y eficiencia de consumo de combustible, entre un vehículo de transmisión manual y automático de la sub categoría M1, este análisis comparativo busca identificar cómo las características de cada sistema influyen en el desempeño y la economía de operación en condiciones reales de uso.

1.3. Función de la Transmisión


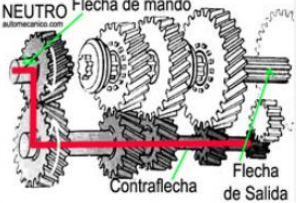



Al abordar el análisis comparativo de rendimiento de la transmisión y la eficiencia del consumo de combustibles en vehículos de transmisión manual y automática de la subcategoría M1, es importante conocer y comprender los aspectos técnicos, definiciones, características, ventajas y desventajas de ambas transmisiones, así como revisar los factores y normativas que aplican los vehículos M1.

Chloe (2023) señala que el sistema de transmisión tiene la función de transferir la potencia generada por el motor hacia las ruedas, permitiendo un desplazamiento suave y eficiente; en relación a ello, el mecanismo actúa como un enlace mecánico que facilita al conductor seleccionar distintas relaciones de transmisión, adaptándose a las condiciones de manejo y la velocidad requerida; al cambiar de marcha, la transmisión regula la salida de torque del motor, asegurando que este opere dentro de su rango óptimo de rendimiento; por tanto, dicho proceso posibilita la aceleración, desaceleración y mantenimiento de la velocidad de manera fluida; la transmisión debe garantizar que el vehículo realice giros en las curvas de forma controlada, evitando deslizamientos o pérdida de estabilidad.

La función de la transmisión descrita, resalta acertadamente al sistema de transmisión como un aspecto central en el desempeño del vehículo; además de su función en la transferencia de potencia, se destaca su capacidad para optimizar el torque según las demandas del entorno, por ello, este equilibrio entre potencia y torque asegura una conducción eficiente y segura en diversas condiciones. En la Tabla 1 se indican los componentes generales de un sistema de transmisión.

Tabla 1

Componentes generales de un sistema de transmisión

| Componente | Descripción | Imagen |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Embrague | Conecta y desconecta el motor del sistema de transmisión; regula la transferencia de potencia del motor hacia la caja de cambios. |  |
| Caja de cambios | Permite seleccionar relaciones de transmisión para adaptarse a la velocidad y carga del vehículo, optimizando el rendimiento del motor y proporcionando diferentes niveles de torque a las ruedas. |  |
| Eje de transmisión | Transfiere la potencia rotacional de la caja de cambios al diferencial, que luego la dirige hacia las ruedas; asegura una transmisión de torque eficiente y uniforme. |  |
| Diferencial | Conjunto de engranajes que permite a las ruedas girar a diferentes velocidades durante los giros, garantizando estabilidad y evitando deslizamientos. |  |
| Juntas universales | Acoplamiento flexible que conectan el eje de transmisión al diferencial y las ruedas, permitiendo movimiento angular y adaptándose a variaciones en la suspensión y alineación. |  |

Nota. Elaboración propia, adaptado de Chloe (2023).

El correcto funcionamiento de los sistemas de transmisión, depende netamente de la conservación del estado de todos sus componentes, los cuales deben estar debidamente lubricados; este proceso no solo asegura su desempeño óptimo, sino que también los protege de diversos factores externos, como la oxidación y la corrosión, entre otros posibles daños.

1.3.1. *Importancia de la transmisión*

Gómez (2024) señala que la transmisión es clave para optimizar la interacción entre sus componentes y mejorar sus funciones, enfocándose en maximizar la eficiencia en la transferencia de energía. Además, destaca que una transmisión eficiente no solo prolonga la vida útil del equipo, sino que también reduce los costos operativos y mejora el rendimiento del consumo de combustible, contribuyendo así a un uso más sostenible y económico del vehículo.

Por su parte, Guerrero & Nieto (2018) señalan que, un mecanismo de transmisión debe ser el responsable de transferir el movimiento hacia las ruedas de un vehículo, permitiendo así, la transferencia de potencia y fuerza producida por el motor para facilitar su desplazamiento; bajo este criterio, los autores recalcan que, el torque generado por el motor debe ser transferido a través de un eje hacia el diferencial, culminando en las ruedas del automóvil; por ende, la forma en que esta energía llega a las ruedas depende tanto de la ubicación del motor como del tipo de tracción, ya sea delantera o trasera.

Por lo explicado se destaca, la importancia del mecanismo de transmisión en un vehículo, por su papel en la transferencia eficiente de potencia y fuerza desde el motor hasta las ruedas; por ejemplo, la mención del torque y su relación con el eje y el diferencial subraya la importancia de este proceso en el desplazamiento del automóvil.

1.4. Tipos de cajas

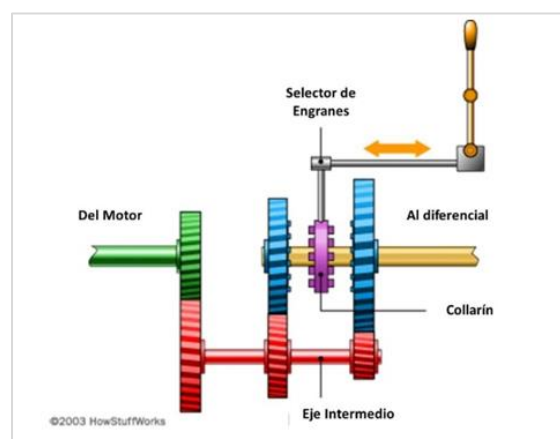
1.4.1. Caja Manual

Espinoza (2021) define a las transmisiones manuales como sistemas que permiten transferir el par motor o torque necesario a las ruedas para iniciar el movimiento del vehículo, superando las resistencias al avance desde una posición de reposo hasta que el automóvil comienza a desplazarse. Por su parte, Vargas et al. (2020) explican que este tipo de transmisión opera mediante un embrague controlado por el conductor a través de un pedal; este mecanismo activa o desactiva la transferencia de torque del motor hacia la transmisión, complementándose con una palanca de cambios que se manipula manualmente.

La transmisión manual es uno de los sistemas más comunes y utilizados en los vehículos, generalmente cuenta con 5 o 6 velocidades, las cuales el conductor debe cambiar manualmente y con precisión para evitar daños en la caja de cambios; este sistema incluye una palanca central que puede desplazarse en distintas direcciones y un pedal de embrague, también conocido como clutch, que permite el acoplamiento de los engranajes según las revoluciones del motor. En la figura 2, muestra la estructura de una caja automática, componentes y su funcionamiento manual previamente descrita.

Figura 2

Transmisión manual



Nota. Imagen tomada de Guerrero & Nieto (2018).

1.4.1.1. Funcionamiento de la transmisión manual.

El sistema de una caja manual se basa en engranes con relaciones de transmisiones adecuadas para la potencia del motor, el peso del automóvil, los neumáticos y la velocidad máxima requerida. En la caja manual que cuenta con piñones engranados de manera constante, no todos pueden mantenerse estables a sus ejes; si todos los piñones se mantendrían inmóviles, no podría tener alguna transmisión de movimiento, lo cual traería como consecuencia daño al conjunto. La forma de prevenir ese problema, es que los piñones que no cumplan con alguna función en la relación de cambio concreta deben rotar de manera autónoma.

1.4.2. *Caja Automática*

Según Villarreal & León (2023) la transmisión automática es un sistema que permite seleccionar las marchas de manera autónoma, sin requerir la intervención directa del conductor; el cambio entre relaciones se realiza en función de la velocidad del vehículo y las revoluciones del motor, eliminando la necesidad de utilizar un pedal de embrague o una palanca de cambios.

A medida que se añaden más engranajes a una transmisión, la eficiencia en el consumo mejora, por ejemplo, una transmisión automática de 6 velocidades incrementa la eficiencia en un 2%, mientras que una de 8 velocidades logra una mejora de entre 3% y 4% en comparación con una transmisión manual (Guerrero & Nieto, 2018a).

La figura 3, muestra la estructura de una caja automática, ilustrando como sus componentes permiten el cambio de marcha autónomo.

Figura 3

Transmisión automática



Nota. Imagen tomada de Guerrero & Nieto (2018).

1.4.2.1. Funcionamiento de la transmisión automática.

La transmisión automática consta de 4 componentes mecánicos; en principio, un convertidor de par, que cuando se enciende el vehículo, va a reducir las revoluciones hacia la caja al cambio, ganando así, la misma proporción de par motor, progresivamente, el vehículo ira aumentando su velocidad hasta que el par motor y el primario se igualen con las mismas velocidades. El segundo componente, está constituido por los engranajes, los cuales constituyen las velocidades, estos son generalmente epicicloidales, cuyo modo de funcionamiento se establece por el acople y desacople de sistemas de freno y embragues de discos múltiples, accionados por una presión hidráulica (Lescano & Medina, 2017).

Como tercer componente dentro del funcionamiento, está el conjunto de válvulas hidráulicas, las que gestionan el funcionamiento de los diferentes frenos y embragues, para obtener los cambios de velocidades; Finalmente, el último componente, lo constituye una bomba hidráulica, la cual va a suministrar presión para el accionamiento de embragues y frenos, así como para el convertidor (Lescano & Medina, 2017).

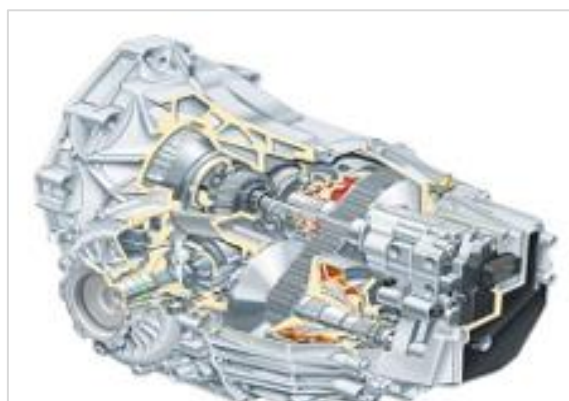
1.4.3. Caja Semiautomática CVT

Hurtado (2022) define a la caja CVT como una transmisión variable continua que, puede cambiar el tipo de relación de cambio indistintamente del valor de sus límites, asegurando las necesidades de la marcha. Por lo general, este tipo de cajas está controlada por la centralita electrónica.

En la Figura 4 se observa la estructura y se control mediante una centralita electrónica de las cajas semiautomáticas(CVT).

Figura 4

Transmisión Semiautomática CVT



Nota. Imagen tomada de Hurtado (2022).

1.4.3.3. Funcionamiento de la transmisión automática CVT.

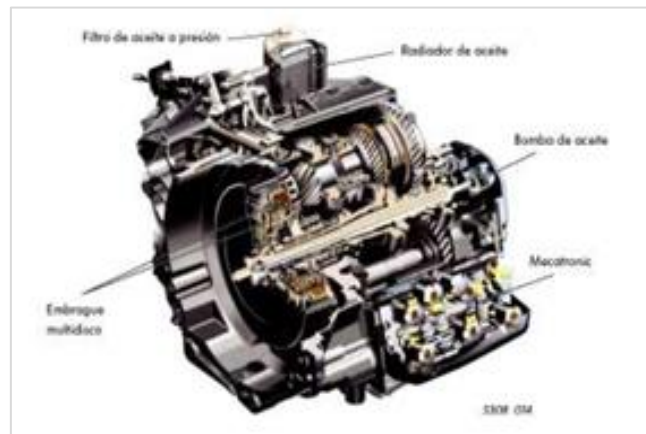
El funcionamiento está dado en relación a dos poleas: una polea conductora conectada al motor y otra, conectada a las ruedas; dichas poleas se ajustan progresivamente a los diámetros; cuando uno aumenta, el otro disminuye, manteniendo constante la longitud de la correa que las une.; además, el mecanismo presente permite generar una diversidad infinita de relaciones de transmisión entre un mínimo y un máximo, optimizando así, la conexión entre el motor y las ruedas (Hurtado, 2022).

1.4.4. Caja Semiautomática DSG

Según Roche & Salamea (2017) una caja semiautomática DSG es una transmisión de doble embrague y doble eje que, está controlada electrónicamente y que están separados pero que funcionan como una sola unidad, la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra la estructura de la caja semiautomática(DSG), compuesta por un sistema de doble embrague y doble eje , operando bajo un control electrónico.

Figura 5

Transmisión Semiautomática DSG



Nota. Imagen tomada de Roche & Salamea (2017)

1.4.4.1. Funcionamiento de la transmisión automática DSG.

Al elegir una relación posterior durante la aceleración o previa en desaceleración, los ajustes se configuran automáticamente gracias a los sistemas integrados en la mecatrónica; cuando el motor alcanza el límite de revoluciones o se encuentra por debajo de este, el embrague empleado se desactiva a favor del segundo embrague, activándose el cambio configurado en apenas unas centésimas de segundo (Roche & Salamea, 2017).

1.5. Características según los tipos de transmisiones.

Guaicha et al. (2023) manifiesta que las características de las transmisiones son diversas y pueden variar según el modelo y la marca. Sin embargo, algunas características que pueden destacar son:

Tabla 2

Características según los tipos de transmisiones

| Tipo | Característica | Número de velocidades | Rendimiento | Consumo | Diferencias basadas en rendimiento y consumo |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Manual | El conductor es el encargado de cambiar las marchas según su tipo de manejo | 5 a 6 | -Excelente control en curvas y aceleración. -Eficiencia máxima con conductor experimentado. | 12-18 km/l en promedio | La eficiencia depende del conductor; en manos de un usuario inexperto, puede incrementar el consumo. |
| Automática | El conductor no tiene intervención, las marchas se cambian automáticamente | 6 a 8 | -Conveniente para ciudad. -Cambio suave de marchas, pero menor respuesta frente a manual. | 10-16 km/l. | El consumo tiende a ser mayor que el manual, especialmente en tráfico denso, pero con la tecnología moderna se está cerrando la brecha. |

| | | | | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Semiautomática (Tiptronic) | Permite tener cambios manuales y automáticos, pero sin tener embrague | 6 a 7 | - Mayor control que automática y más eficiente que automática tradicional | 11-17 km/l. | Ofrece mayor versatilidad en términos de control, lo que puede traducirse en mejor rendimiento y menor consumo en condiciones específicas. |
| CVT | Proporciona relaciones de cambios manuales continuos | No cuenta con una relación de cambios fija | -Transición suave y eficiente. - Mantiene RPM óptimos, ideal para ahorro de combustible. | 15-22 km/l. | Ideal para conducción urbana y ahorro de combustible, pero menos efectivo para maniobras que requieren mayor potencia o respuesta rápida. |
| DSG | Transmisión de doble embrague, proporciona cambios más rápidos y eficaces | 6 a 8 | -Rápidos cambios de marcha sin interrupción de potencia. - Excelente para altas velocidades y desempeño deportivo. | 12-18 km/l. | Combina rendimiento deportivo con eficiencia en consumo. |

Nota. Elaboración propia con adaptación de Gómez (2024).

Tanto los vehículos con transmisión manual como automática presentan varias ventajas como desventajas, que influyen tanto en el rendimiento como en el consumo de combustible, en la Tabla 3 se presenta las principales cualidades de estas transmisiones.

Tabla 3*Ventajas y desventajas de una transmisión manual*

| Tipo | Ventajas | Desventajas |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Manual | - Facilita un mayor dominio sobre el automóvil, mejorando la aceleración. | - Necesita una mayor destreza del conductor para prevenir disminuciones en el rendimiento. |
| | - Usualmente, tiene un consumo inferior en comparación con las automáticas en vehículos de tamaño reducido. | - La utilización ineficaz del cambio puede incrementar el gasto de combustible. |
| Automática | - Suprime la necesidad de ajustar las marchas de manera manual, incrementando la comodidad y disminuyendo el estrés. | - Incremento en el uso de combustible a causa de la pérdida de eficiencia intrínseca en el proceso de transmisión. |
| | - Los sistemas de cambio secuencial facilitan la elección de marchas de manera manual para optimizar el control y la eficiencia. | - Incremento en la complejidad mecánica, provocando costos superiores en mantenimiento y reparaciones. |

Nota. Elaboración propia.

1.6. Rendimiento de la transmisión

1.6.1. Definición de rendimiento

Según Matailo & Pacheco (2021) el rendimiento de la transmisión es un parámetro por el cual se puede medir la potencia transferida del motor hacia las ruedas, cabe mencionar que dentro de esta transferencia de potencia se generan pérdidas, esto debido a la presencia de rozamiento entre las distintas piezas que dan como resultado la disminución de potencia generada por el motor.

Macmillan (2018) señala que estas pérdidas pueden estar generadas por rozamientos mecánicos, estos a su vez generan que el rendimiento no sea del 100%, sino más bien, del 85% al 90%, lo cual indica que la potencia del motor se verá disminuida entre un 10% al 15%.

EL rendimiento de la transmisión (n_t) se puede definir como la relación existente entre la potencia transmitida a las ruedas (P_r) y la potencia inicial transmitida por el motor (P_m),

dando como resultado la siguiente ecuación:

$$n_t = \frac{p_r}{p_m} = \% \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$n_t = \frac{t_r n_r}{T_m n_m} = \% \quad (\text{Ecuación 2})$$

Una vez que se sabe que el rendimiento total se obtiene de la cadena de transmisión (n_t), se debe considerar cada uno de los elementos que constituyen estos valores, en principio el movimiento inicia desde el eje de salida del motor hasta llegar al palier de la rueda. Consecuentemente, se genera la siguiente secuencia: Se inicia con el embrague, pasado por la caja de cambios, los ejes de transmisión hasta dar lugar al grupo cónico-diferencial, para finalmente, generar que el vehículo ruede, esto se expresa de la siguiente manera (Matailo & Pacheco, 2021):

$$n_t = n_1 n_2 \dots n_n = \% \quad (\text{Ecuación 3})$$

1.6.2. Evolución del rendimiento de la transmisión

Anteriormente se había descrito que el rendimiento de la transmisión podía llegar hasta el 90% y casos más especiales hasta el 95%, pero no fue siempre así, según Ortiz (2018) durante las décadas de los 70s a 90s, los sistemas tradicionales de transmisión llegaban a proporcionar un 60% o 70% de la potencia del motor hacia las ruedas, donde por lo general se perdía un 30% o 40% en forma de fricción, pues los principales atenuantes eran los componentes mecánicos

diseñados para la época, los cuales no eran tan eficientes, aquellos generaban resistencia y no tenían sistemas automatizados.

En cambio, al pasar los años se ha dado un salto drástico en cuanto a la eficiencia y rendimiento, Cruz & Motoche (2024) señalan que los sistemas actuales pueden rondar el 80-90% de la potencia del motor a las ruedas, en este sentido, se da el beneficio a componentes más ligeros y/o resistentes, aceros de alto rendimiento, y sistemas de transmisión con mejor acople, otro atenuante fueron los lubricantes, que año a año mejoran y evitan las pérdidas por fricción.

1.6.3. *Parámetros que influyen en el rendimiento de la transmisión*

Dentro de los parámetros se monitorean las rpm que indican la velocidad a la que el motor gira; este dato permite evaluar el comportamiento del motor en distintas condiciones, especialmente durante aceleraciones y en diferentes rangos de carga. Junto con las rpm, se analiza el consumo de combustible, para determinar la eficiencia del motor en el uso de combustible bajo diferentes condiciones de carga y operación.

Con lo señalado anteriormente, el rendimiento de la transmisión en vehículos, tanto automáticos como manuales, está determinado por otros parámetros clave, siendo el tipo de aceite uno de los más relevantes; en este sentido, el aceite actúa no solo como lubricante, sino también, como un medio hidráulico que facilita el cambio de marchas, por ejemplo, la viscosidad de un aceite demasiado espeso puede restringir el flujo y provocar cambios de marcha imprecisos, resultando en un desgaste acelerado de los componentes internos; adicionalmente, la temperatura aumentará, ya que, temperaturas elevadas pueden descomponer el fluido y afectar su capacidad para lubricar adecuadamente las piezas móviles.

La relación de transmisión y la configuración de marchas también son importantes dentro de los parámetros de rendimiento; pues una relación demasiado larga puede impedir que el motor alcance su potencia máxima, mientras que, una relación demasiado corta puede resultar en un consumo excesivo de combustible.

1.6.4. *Impacto de las Emisiones en el Rendimiento y Funcionamiento del Vehículo*

Como resultado de la combustión de los combustibles en el motor, las emisiones de gases contaminantes de los vehículos se correlacionan con la liberación de sustancias nocivas para el medio ambiente. Entre estos contaminantes se encuentran el dióxido de carbono (CO₂), el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x), los hidrocarburos (HC). Estos contaminantes afectan tanto a la calidad del aire como al rendimiento del vehículo.

La cantidad y la composición de las emisiones de los vehículos dependen de una serie de factores, como el tipo de combustible utilizado, el diseño y la eficiencia del motor, el mantenimiento del vehículo y las condiciones de conducción. Para reducir sus efectos perjudiciales sobre el medio ambiente y la salud humana, las emisiones de los vehículos deben regularse y controlarse.

1.6.5. *Metodología de cálculo del rendimiento de la transmisión*

Según Álvarez & Zhunio (2022) un método para el análisis de la potencia y rendimiento es el uso del banco dinamométrico MAHA LPS-3000, el cual permite medir la fuerza tractora, en este procedimiento se permite obtener datos de rendimiento inicial del vehículo para luego compararlos con los resultados optimizados tras el ajuste o mejora. Así mismo, Sáenz & Washima (2023) destacan que, la función del banco dinamométrico es disipar o absorber la potencia generada mediante rodillos, basándose en la medición de parámetros como la velocidad angular y el torque; además, dispone de distintos modos de operación para

determinar la potencia en diferentes condiciones, como:

- Potencia estática con velocidad constante
- Potencia estática con fuerza de tracción constante
- Potencia estática con r.p.m. constantes
- Potencia dinámica con aceleración controlada.

Otra metodología de cálculo del rendimiento es mediante la relación de transmisión (R_t), la cual se obtiene en los ejes con las ruedas dentadas engranadas, esto depende del número de dientes del piñón conductor (Z_1) y del número de dientes del piñón conducido (Z_2) y se expresa de la siguiente forma:

$$R_t = \frac{\# \text{ de dientes del piñón conductor } (Z_1)}{\# \text{ de dientes del piñón conducido } (Z_2)} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Tomando en base, se sustituye las variables de la ecuación del rendimiento de transmisión, obteniendo el par transmisible por las ruedas motrices (T_r), dando como resultado la siguiente expresión:

$$T_r = \frac{n_t T_m n_m}{n_r} \quad (\text{Ecuación 5})$$

El par transmisible de las ruedas motrices se puede expresar de la siguiente manera:

$$n_r = n_m r_c r_d (r, p.m) \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde finalmente se puede obtener la ecuación de par transmisible de las ruedas motrices del vehículo

$$T_r = \frac{n_t T_m}{r_c r_d} \text{ (Nm)} \quad \text{(Ecuación 7)}$$

Donde:

T_m = Par motor (Kgfm)

n_t = Rendimiento total de la transmisión (r.p.m)

r_c = Relación de la transmisión de la caja de cambios

r_d = Relación del grupo cónico - diferencial

Para corroborar los resultados obtenidos, se realizan pruebas de rendimiento en un banco de potencia dinamométrico evaluando diversos parámetros para medir el desempeño de motores; uno de los principales indicadores es la potencia bruta y potencia neta, en este sentido, la potencia bruta se refiere a la cantidad de energía generada por el motor antes de que se aplique cualquier carga, mientras que la potencia neta es la cantidad de energía que llega a las ruedas después de que ha pasado por la transmisión, el sistema de escape, y otros componentes.

$$P_m = \frac{T_m n_m}{716,2} \quad \text{(Ecuación 8)}$$

Donde:

P_m = es la potencia del motor

T_m = Par motor

n_m = Revoluciones del giro del motor

Otro parámetro esencial es el par motor o torque, que mide la fuerza generada por el motor; el par motor se evalúa en función de las revoluciones por minuto o rpm, lo que permite analizar la curva de par a diferentes regímenes de funcionamiento.

$$p_r = \frac{T_r n_r}{716,2} (CV) \quad (\text{Ecuación 9})$$

Donde:

P_r = es la potencia brindada por las ruedas

T_m = Par de las ruedas motrices

n_m = Revoluciones del giro de las ruedas

1.7. Consumo de combustible

1.7.1. Definición de consumo de combustible

El consumo de combustible de un vehículo se define como la cantidad de combustible que el motor utiliza para generar una determinada potencia, expresada en unidades como g/kWh. Este parámetro es un indicador clave del rendimiento del motor, ya que un mayor consumo implica una menor eficiencia energética, lo que se traduce en un mayor gasto de combustible y costos operativos más elevados.

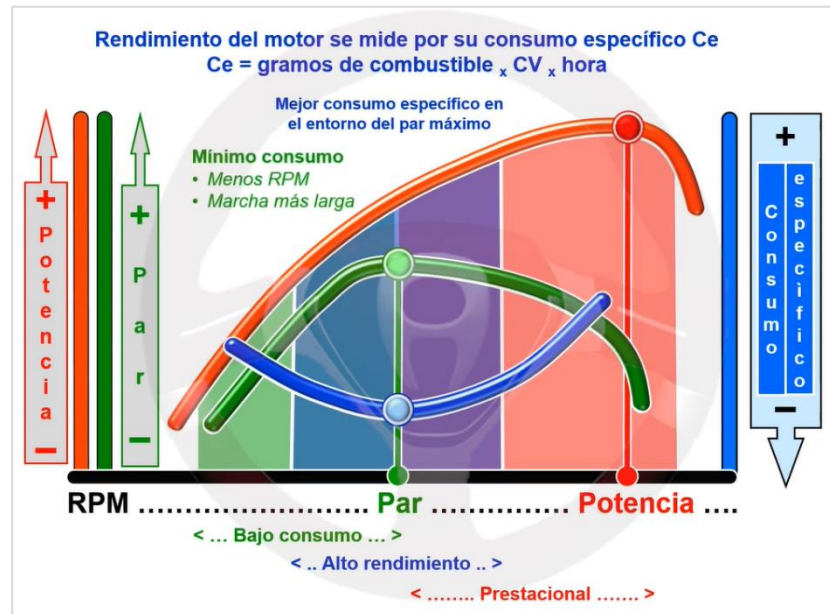
Según Cisneros & Viteri (2018) el consumo de combustible se obtiene del valor de la proporción de la energía útil que es empleada para mover un vehículo, a partir de la combustión en el motor; por ejemplo, en los motores a gasolina la eficiencia es menor del 40%.

El consumo está dado en función de las r.p.m. del motor en relación del torque y potencia del motor, como se puede observar en la Figura 6 el consumo específico del motor se presenta de manera mínima en torque máximo y el máximo consumo en elevado régimen de

giro de motor.

Figura 6

Relación del consumo de combustible

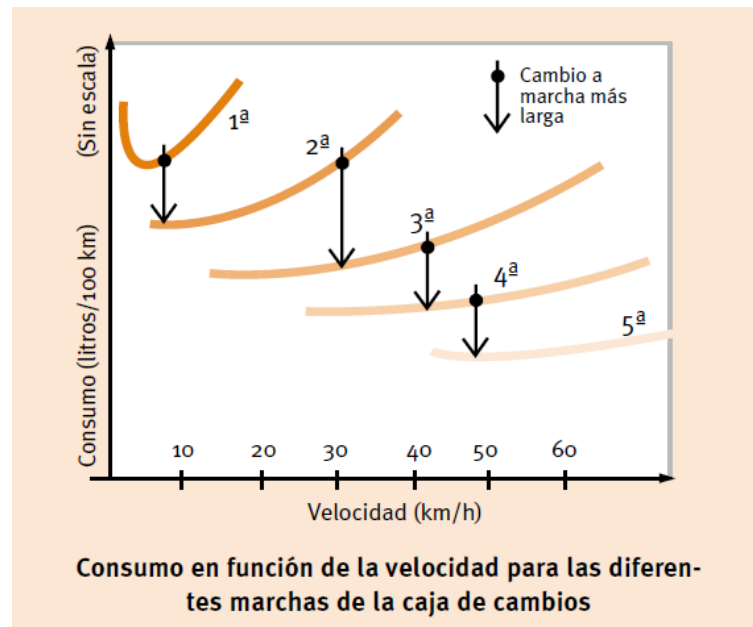


Nota. Fuente: Matailo & Pacheco (2021).

El Figura 7 ilustra la correlación entre el consumo de combustible, la velocidad del vehículo y en la transmisión manual, teniendo en cuenta las distintas revoluciones de la caja de cambios. Además, se determinan los momentos en los que se aconseja el cambio de marcha con respecto a la velocidad.

Figura 7

Consumo de combustible

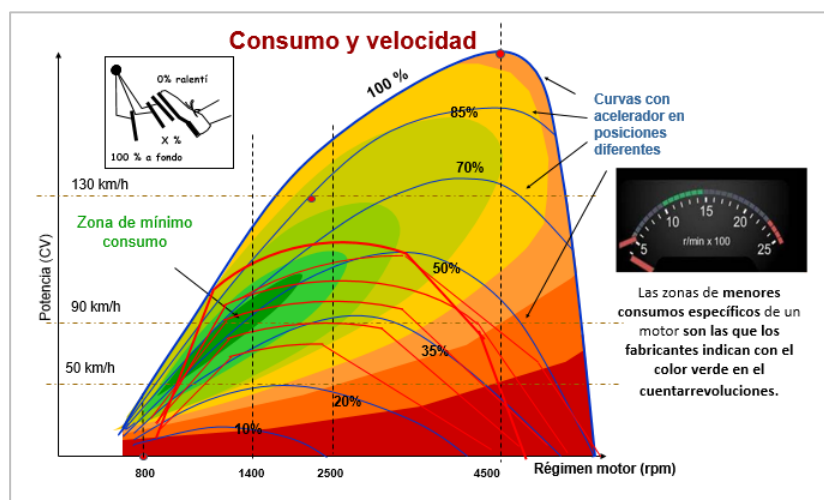


Nota. Gráfica de consumo de combustible de una transmisión manual.

En la Figura 8 se observa el consumo de combustible según las revoluciones por minuto y la velocidad en una transmisión automática, medida que aumenta la aceleración, se incrementa el consumo de combustible

Figura 8

Consumo de combustible



Nota. Gráfica de consumo de combustible de una transmisión automática

Las transmisiones automáticas ahora optimizan el consumo de combustible mediante el ajuste continuo de las relaciones de transmisión. Esto es posible gracias a la capacidad de cambiar de marcha de manera casi imperceptible y mantener el motor en un rango eficiente. James D. Halderman en *Automatic Transmissions: Principles and Practices* comenta que "las transmisiones automáticas modernas están diseñadas para mejorar la eficiencia energética, utilizando tecnologías como la desactivación de marchas a alta velocidad y la optimización de puntos de cambio".

1.7.2. Evolución del consumo

Históricamente, las transmisiones manuales eran consideradas más eficientes en términos de consumo de combustible. Sin embargo, con la evolución de la tecnología, las transmisiones automáticas han alcanzado e incluso superado este nivel de eficiencia en algunos casos. Tom Denton en *Advanced Automotive Fault Diagnosis* afirma que "las mejoras en las transmisiones automáticas, como el uso de embragues dobles y sistemas de variación continua, han eliminado gran parte de la ineficiencia asociada con las versiones más antiguas".

El consumo de combustible en vehículos ha mostrado mejoras significativas en eficiencia y rendimiento energético a lo largo de las décadas; por ejemplo, en los años 70s los vehículos de pasajeros consumían en promedio alrededor de 15 litros cada 100 kilómetros, sin embargo, para 2024 este consumo se ha reducido a aproximadamente 7 litros cada 100 kilómetros, lo que representa una mejora del 53% en eficiencia (Faris et al., 2024). Esta reducción se ha logrado gracias a avances tecnológicos como la inyección directa de combustible, que mejora la combustión y reduce el consumo, y el uso de materiales más ligeros en la construcción de vehículos, que disminuyen el peso y, por ende, el consumo de combustible.

Por otra parte, debido a las condiciones de operación de los motores de combustión interna, las estrategias de cambio de marcha durante la conducción también influyen en el consumo de combustible, Vieira da Rocha sostiene que el consumo total de combustible disminuyó entre un 1% y un 5% en promedio al aplicar trayectorias de conducción urbana modificadas, lo cual sugiere que los hábitos de manejo, como las revoluciones del motor al cambiar de marcha, las aceleraciones y las frenadas bruscas, afectan el consumo de combustible, incluso cuando los conductores circulan por el mismo tipo de carretera.

1.7.3. Parámetros que influyen en el consumo de combustible

La eficiencia del consumo de combustible tiene aspectos de suma relevancia que incluyen:

- **El estilo de conducción:** Se basa en la conducción particular de cada conductor, determinándose varios aspectos como aceleraciones constantes o frenadas, los cuales son un factor en la mejora de la eficiencia de combustible.
- **Mantenimiento del vehículo:** Un vehículo con mantenimiento preventivo adecuado optimiza el rendimiento del motor y la transmisión, reduciendo el consumo de combustible y mejorando el desempeño.
- **Tecnología del vehículo:** Mayor avance tecnológico vehicular y menor gasto de combustible
- **Carga- peso:** Depende en gran medida de la carga que transporte el vehículo, debido a que a mayor peso-mayor consumo de combustible y menor peso-menor consumo de combustible.
- **Condición de conducción:** Los factores geográficos afectan al consumo de

combustible en los vehículos.

La Figura 9 presenta los parámetros clave utilizados para medir el consumo de combustibles.

Figura 9

Parámetros para medición de consumo

| Parámetros | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Distancia total | % de tiempo desacelerando |
| Tiempo total | % de tiempo de frenado |
| Tiempo de conducción | % de tiempo de descanso |
| Tiempo de conducción acelerado | Velocidad media (viaje) |
| Tiempo de conducción desacelerado | Velocidad de conducción media |
| Tiempo de frenado | Desviación estándar de la velocidad |
| Tiempo de descanso | Velocidad: 75 - 25 percentil |
| % de tiempo conducido | Velocidad Máxima |
| % de crucero | Aceleración Media |
| % de tiempo acelerando | Aceleración positiva media |

Nota. Imagen tomada de Pérez & Quito (2018).

1.7.1. Metodología de cálculo del consumo de combustible

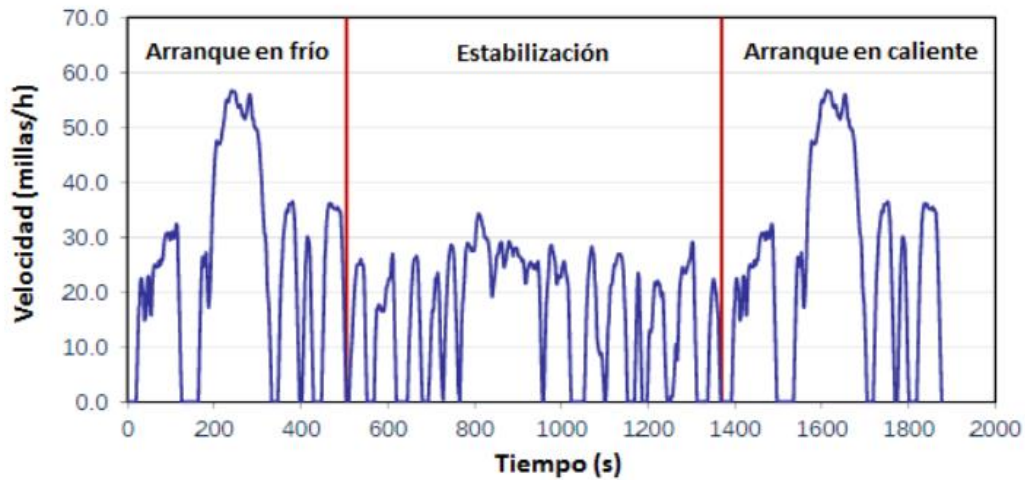
1.7.1.1. Ciclo FTP-75 (Federal Test Cycles).

Este ciclo fue creado en Estados Unidos como parte del Procedimiento de pruebas Federal EPA y desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental EPA. Pérez & Quito (2018) establecieron una metodología para el cálculo de consumo de combustible mediante el ciclo FTP-75 el cual se deriva del ciclo FTP-72, incorporando una tercera fase con condiciones de arranque en caliente. Esta tercera fase comienza tras detener el motor durante 10 minutos.

La figura 10 muestra el ciclo FTP-75, destacando sus tres fases, incluido la fase de arranque en frío, estabilización y arranque en caliente.

Figura 10

Ciclo FTP-75



Nota. Imagen tomada de Pérez & Quito (2018).

1.7.1.2. Pruebas empíricas.

Una prueba empírica es un método de evaluación basado en la observación, experimentación y recopilación de datos reales, en lugar de depender exclusivamente de teorías o modelos matemáticos. En ingeniería Automotriz, una prueba empírica puede concluir la medición del consumo de combustible, el rendimiento de un motor o la eficiencia de una transmisión mediante pruebas estáticas o dinámicas. Estos datos permiten validar hipótesis, ajustar modelos teóricos y optimizar el desempeño de un sistema basado en resultados medibles y verificables.

1.7.1.3. Ciclo ECE (European Economic Community).

Otros métodos para conocer el consumo de combustible es el Ciclo ECE, el cual es un procedimiento de conducción urbano diseñado con base en las condiciones del tráfico, donde se ve reflejado las aceleraciones suaves características del entorno urbano de grandes ciudades

europas; dicho ciclo se caracteriza por velocidades relativamente bajas y cargas motoras típicas de la conducción urbana; posteriormente, se incorpora el ciclo NEDC (New European Driving Cycle.) que sigue al ECE, para representar condiciones de conducción más agresivas, como las de alta velocidad propias de zonas suburbanas o autopistas. Inicialmente, el vehículo se deja estacionado durante al menos 6 horas a una temperatura de ensayo entre 20-30 °C, antes de comenzar con el ciclo.

Definido como:

$$F_c = \frac{100 \cdot V_t}{d} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Donde:

F_c = consumo de combustible en litros por cada 100 kilómetros $\left(\frac{1}{100} \text{ km}\right)$

V_t = volumen de combustible consumido durante la prueba o ciclo de conducción (l)

d = distancia total recorrida durante el ciclo o prueba, medida en kilómetros (km)

Así también es permisible calcular el consumo de combustible basado en potencia:

Definido como:

$$F_c = \frac{a \cdot P_m}{1000} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Donde:

F_c = consumo específico de combustible en $\left(\frac{1}{h}\right)$

a = coeficiente de consumo específico (depende del motor y tipo de conducción)

Pm = Potencia efectiva del motor

Otro método para calcular el consumo es en base al consumo por carga motor:

Definido como:

$$F_c = a \cdot C_m + b \quad (\text{Ecuación 12})$$

Donde:

Cm = carga del motor en porcentaje o porcentaje de potencia máxima

a y b = constantes del comportamiento del moto (en caso de tenerlas)

1.7.2. Importancia en el rendimiento y consumo de combustible

Según Palacios (2024) revela que los autos con transmisión manual pueden consumir hasta un 5% menos de combustible en comparación con los de transmisión automática, esto ocurre porque los conductores de vehículos automáticos no tienen el mismo control directo sobre el cambio de marchas, lo que puede derivar en un uso menos eficiente del acelerador en determinadas situaciones.

Diversos factores como los arranques en frío, las aceleraciones y frenadas constantes, la fricción entre componentes mecánicos y de rodamiento, así como la resistencia aerodinámica, contribuyen al consumo excesivo de combustible y generan contaminación innecesaria:

- **Arranque:** Al calentar el motor cuando el automóvil está detenido, se crea un dónde se consume combustible y puede provocar desgaste prematuro del motor, daño en las

bujías o inyectores, y acumulación de residuos de carbón que afectan el rendimiento; además, los acelerones en frío generan esfuerzos innecesarios (Guerrero & Nieto, 2018a).

- **Velocidad:** Al acelerar de manera progresiva, se ejerce una presión suave sobre el pedal del acelerador, pisarlo a fondo puede cuadruplicar el consumo de gasolina, por ende, conducir a velocidades elevadas no solo incrementa el riesgo de accidentes, sino también el gasto en combustible, se debe mantener velocidades reguladas, respetando los límites y ajustando la conducción a las condiciones del tránsito. En carretera, una velocidad de 110 km/h es eficiente y segura (Guerrero & Nieto, 2018a).
- **Anticipación:** Para mantener una velocidad constante, las situaciones de frenado y aceleración deben permitir frenar con suavidad o cambiar de carril de forma segura, ante un semáforo rojo, se debe evaluar si cambiará a verde antes de detenerte por completo, al subir pendientes, se incrementa gradualmente la velocidad antes de comenzar el ascenso (Guerrero & Nieto, 2018a).
- **Cambio de Velocidad:** En vehículos con transmisión manual, las marchas bajas están diseñadas para ofrecer fuerza y aceleración rápida, mientras que las marchas superiores favorecen el ahorro de combustible, es viable mantener una velocidad de 60 km/h en cuarta o quinta marcha en la mayoría de los automóviles (Guerrero & Nieto, 2018a).
- **Aerodinámica:** Al manejar en carretera, las ventanas cerradas y el sistema de ventilación interna siempre serán óptimos para un mejor rendimiento de combustible, conducir con las ventanas abiertas aumenta la resistencia al aire, lo que incrementa el consumo de gasolina (Guerrero & Nieto, 2018a).

- **Mantenimiento del Vehículo:** Un mantenimiento adecuado es esencial para garantizar la seguridad y eficiencia de tu automóvil, un vehículo bien mantenido puede reducir el consumo de combustible en un 10% y ofrecer un mejor rendimiento en general (Guerrero & Nieto, 2018).

Por su parte, la eficiencia del consumo de combustible varía según el tipo de transmisión utilizada, las transmisiones se diferencian en su diseño y funcionamiento, empleando sistemas de control: las transmisiones automáticas, especialmente las más antiguas, tienden a ser menos eficientes debido a pérdidas hidráulicas, la falta de control preciso en los cambios de marcha, especialmente en condiciones de conducción complejas, contribuye a una menor eficiencia.

No obstante, los avances tecnológicos han mitigado estas deficiencias, con la incorporación de convertidores de par mejorados, sistemas de control más avanzados y la inclusión de marchas adicionales, lo que ha mejorado significativamente la eficiencia en muchas transmisiones automáticas modernas.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA APLICADA

2.1. Clasificación Vehicular

En el Ecuador la clasificación vehicular se realiza mediante la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 2656, 2016). Esta norma define la categorización de los automóviles motorizados y no motorizados a través de características de diseño y uso. Esta regulación es aplicable a todos los automóviles diseñados para circulación terrestre motorizados y de carga.

Para este proyecto se utilizará un vehículo de la categoría M1, los mismos son diseñados para el transporte de personas con un máximo de ocho plazas sin contar el asiento del

conductor; esta categoría incluye principalmente automóviles y otros vehículos ligeros que cumplen con los criterios esenciales para la regulación del tráfico y la seguridad vial, lo que permite la aplicación de normativas específicas en un alto nivel de seguridad y eficiencia en el consumo del combustible.

El vehículo seleccionado para las pruebas es de la marca Kia, que ocupa el 14% del parque automotor del Ecuador, ubicándose en el segundo lugar de acuerdo a la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador. (AEADE, 2022)

El modelo Sportage que cuenta con código SUV se encuentra entre los más vendidos por esta marca como se puede observar en la Figura 11, compartiendo características claves que aseguran calidad, diseño y funcionalidad, lo que los convierte en una opción muy deseada por los consumidores ecuatorianos, por ello, para esta investigación, se ha empleado precisamente este modelo, ya que cuenta con una versión manual y automático. También dada su relevancia y representación en el mercado, lo cual permite profundizar en su desempeño y contribución al sector automotriz.

Figura 11

Modelos más vendidos por Kia Motors

PRINCIPALES MODELOS VENDIDOS (UNIDADES), 2021 - 2022

| MODELO | 2021 | 2022 |
|-------------------------|-------|-------|
| SOLUTO XCITE AC | 1.490 | 3.779 |
| STONIC TM | 1.931 | 2.174 |
| SELTOS GT LINE M.T | 1.590 | 1.886 |
| SONET AC 1.5 5P 4X2 TM | 171 | 1.677 |
| NUEVO SPORTAGE XLINE MT | - | 1.456 |

Nota. Imagen tomada de AEADE (2022).

A continuación, en la tabla 4 se presenta las características técnicas del vehículo utilizado, modelo Kia Sportage, la cual detalla las especificaciones clave que caracterizan a este vehículo.

Tabla 4

Ficha técnica del modelo Kia Sportage

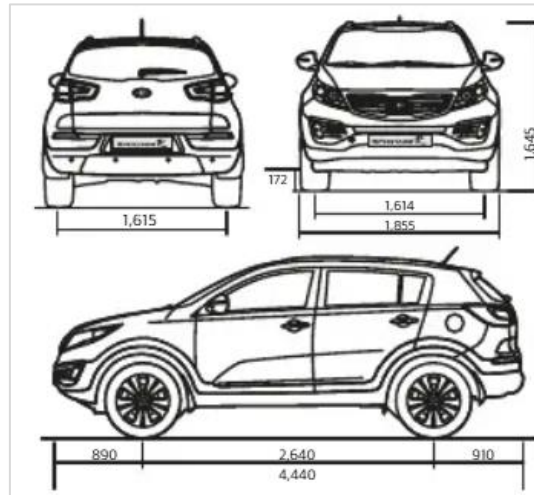
| | |
|-----------------------------|---------------------------|
| Tipo | SUV |
| Cilindrada | 2.0 L |
| Potencia máxima | 152HP@6200rpm |
| Torque máximo | 191Nm@4700rpm |
| Sistema de válvulas | 16V DOCH Dual-CVVT |
| Combustible | Gasolina Extra o Eco-país |
| Tracción | 4x2 |
| Tipo | Manual / Automático |
| Marchas | 6 velocidades + reversa |
| Largo total | 4.440 mm |
| Ancho total | 1.855 mm |
| Alto total | 1.645 mm |
| Distancia entre ejes | 2.640 mm |

Nota. Características del vehículo de experimentación.

La Figura 12, muestra las dimensiones del vehículo kia Sportage, información relevante para este análisis comparativo.

Figura 12

Dimensiones del vehículo Kia Sportage



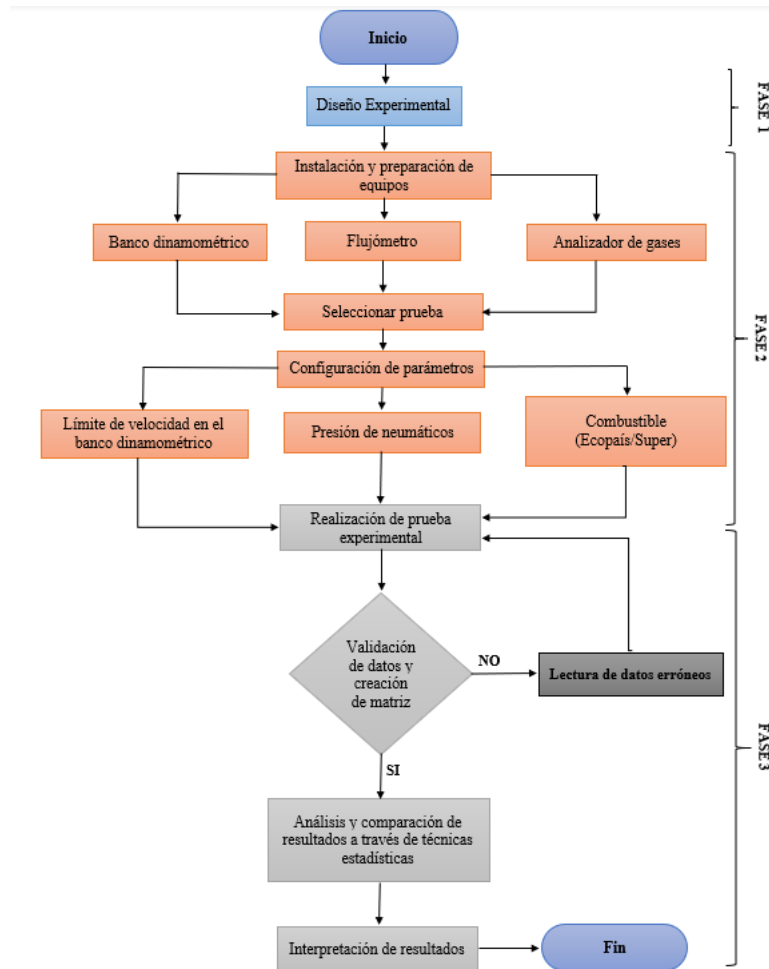
Nota. Imagen tomada de Kia Motors (2011).

2.2. Metodología

A continuación, se detalla la metodología implementada para la obtención de datos, la misma que cuenta de tres fases, esto con el objetivo de seguir un orden preestablecido y así descartar información o adquirir datos no deseados, esto ayuda a reducir el margen de error al mínimo de manera más precisa y eficaz. El flujograma expuesto en la Figura 13 metodología implementada, brinda la capacidad de optimizar el procedimiento en las distintas pruebas realizadas con cada parámetro asignado.

Figura 13

Metodología implementada



Nota. Flujograma del proceso a seguir para la adquisición de datos. Fuente: (Autores, 2025).

2.2.1. Fase 1: Diseño experimental

Para la selección de la prueba a realizar y la adquisición de datos, se plantea un diseño experimental factorial de tres niveles, para lo cual se debe establecer los tipos de variables que se utilizarán acorde a nuestro objetivo. El propósito principal es encontrar el rendimiento de las transmisiones y la eficiencia en el consumo de combustible que generan ambos tipos de vehículos. El cual se logrará a través de pruebas con diferentes variables, permitiendo realizar un análisis comparativo entre estas transmisiones.

2.2.2. Variables de entrada

Las variables de estudio seleccionada son las que influyen directamente en los valores resultantes emitidos por las variables de salida después del proceso experimental. La relación entre las variables de entrada debe ser independientes entre sí, de esta forma si un parámetro se modifica, no afectara a otro, a pesar de pertenecer al mismo grupo de variables o parámetros. Las variables de entrada establecidas para este estudio, se indican en la Tabla 5.

Tabla 5

Variables de entrada

| Variable de entrada | Símbolo | Unidad |
|-----------------------------|----------------|---------------|
| Velocidad | V | [km/h] |
| Presión de neumático | P | [Psi] |
| Combustible | Combustible | - |

Nota: Variables de entrada para la adquisición de datos. Fuente: (Autores, 2024)

2.2.3. Variables de salida

Estas variables fueron escogidas acordes a investigaciones sobre el tema los cuales son resultados emitidos por el procedimiento experimental, estos factores cambian en función de los parámetros anteriormente mencionados, a causa de su vinculación directa con estos parámetros. Las variables de salida evidencia la manera en que los diversos parámetros, tanto controlados como no controlados influyen los resultados finales, facilitando de esta manera un entendimiento detallado del comportamiento estudiado. Las variables de salida establecidas para este estudio, se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6*Variables de salida*

| Variables de salida | Símbolo | Unidad |
|---------------------------------|----------------|---------------|
| Torque | T | [N] |
| Consumo litros/hora | Consumo | [L/h] |
| Consumo medio | Consumo | [L/km] |
| Monóxido de carbono | CO | [%] |
| Dióxido de carbono | CO2 | [%] |
| Hidrocarburos no combustionados | HC | [ppm] |

Nota: Variables de salida para la adquisición de datos. Fuente: (Autores, 2024)

2.2.4. Factores de inferencia

Los factores de inferencia son los que generan alteraciones en las variables de salida, pueden ser factores controlables, de ruido o de estudio. Los factores controlables pueden establecerse en un punto o nivel de operación. Mientras los factores de ruido son complicados de controlar y puede alterar los datos finales de las variables de salida. Por último, los factores de estudio son aquellos que se pueden controlar de manera directa durante el desarrollo experimental, asegurando así la precisión de los datos obtenidos y facilitando un análisis eficaz de los resultados. Los factores de inferencia considerados en este trabajo, se indican en la Tabla 7.

Tabla 7*Factores de inferencia*

| Factores | Símbolo | Unidad |
|-------------------------------------|----------------|---------------|
| Controlables | | |
| Temperatura del refrigerante | T ref | [° C] |
| Temperatura de la rodadura | T rod | [° C] |
| Temperatura del lubricante | T lub | [° C] |
| Ruido | | |
| Temperatura del aire | T aire | [° C] |
| Temperatura del combustible | T comb | [° C] |
| Presión atmosférica | P atm | [Pa] |
| Humedad relativa del aire | H rel | [%] |
| Estudio | | |
| Régimen de giro | η | [rpm] |
| Carga | C' | [%] |
| Octanaje del combustible | R | [RON] |

Nota: factores de inferencia para la adquisición de datos. Fuente: (Autores, 2024)

Una vez definido las variables de entrada y salida, y los factores para este estudio, con el software Minitab se generó un diseño factorial de tres niveles, teniendo en cuenta el número de réplicas que fueron dos, genero un total de 36 pruebas como se observa en la Figura 14, que se tendrán que someter ambos vehículos.

Figura 14

Tabla de diseño experimental

| ↓ | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 |
|----|----------|-------------|--------|---------|------------------|---------------|-------------|
| | OrdenEst | OrdenCorrid | TipoPt | Bloques | Velocidad (km/h) | Presion (Psi) | Combustible |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 30 | 30 | 1 |
| 2 | 30 | 2 | 1 | 1 | 50 | 35 | 2 |
| 3 | 35 | 3 | 1 | 1 | 80 | 35 | 1 |
| 4 | 11 | 4 | 1 | 1 | 50 | 35 | 1 |
| 5 | 29 | 5 | 1 | 1 | 50 | 35 | 1 |
| 6 | 12 | 6 | 1 | 1 | 50 | 35 | 2 |
| 7 | 15 | 7 | 1 | 1 | 80 | 33 | 1 |
| 8 | 6 | 8 | 1 | 1 | 30 | 35 | 2 |
| 9 | 19 | 9 | 1 | 1 | 30 | 30 | 1 |
| 10 | 34 | 10 | 1 | 1 | 80 | 33 | 2 |
| 11 | 8 | 11 | 1 | 1 | 50 | 30 | 2 |
| 12 | 28 | 12 | 1 | 1 | 50 | 33 | 2 |
| 13 | 4 | 13 | 1 | 1 | 30 | 33 | 2 |
| 14 | 13 | 14 | 1 | 1 | 80 | 30 | 1 |
| 15 | 9 | 15 | 1 | 1 | 50 | 33 | 1 |
| 16 | 31 | 16 | 1 | 1 | 80 | 30 | 1 |
| 17 | 3 | 17 | 1 | 1 | 30 | 33 | 1 |
| 18 | 24 | 18 | 1 | 1 | 30 | 35 | 2 |
| 19 | 2 | 19 | 1 | 1 | 30 | 30 | 2 |
| 20 | 5 | 20 | 1 | 1 | 30 | 35 | 1 |
| 21 | 14 | 21 | 1 | 1 | 80 | 30 | 2 |
| 22 | 7 | 22 | 1 | 1 | 50 | 30 | 1 |
| 23 | 27 | 23 | 1 | 1 | 50 | 33 | 1 |
| 24 | 26 | 24 | 1 | 1 | 50 | 30 | 2 |
| 25 | 16 | 25 | 1 | 1 | 80 | 33 | 2 |
| 26 | 33 | 26 | 1 | 1 | 80 | 33 | 1 |
| 27 | 22 | 27 | 1 | 1 | 30 | 33 | 2 |
| 28 | 20 | 28 | 1 | 1 | 30 | 30 | 2 |
| 29 | 18 | 29 | 1 | 1 | 80 | 35 | 2 |
| 30 | 17 | 30 | 1 | 1 | 80 | 35 | 1 |
| 31 | 25 | 31 | 1 | 1 | 50 | 30 | 1 |
| 32 | 23 | 32 | 1 | 1 | 30 | 35 | 1 |
| 33 | 21 | 33 | 1 | 1 | 30 | 33 | 1 |
| 34 | 32 | 34 | 1 | 1 | 80 | 30 | 2 |
| 35 | 36 | 35 | 1 | 1 | 80 | 35 | 2 |
| 36 | 10 | 36 | 1 | 1 | 50 | 33 | 2 |

Nota. Orden de pruebas. Fuente: (Autores, 2025)

2.2.5. Fase 2: preparación, instalación y configuración de equipos

En esta fase, se procedió a la instalación y configuración de los equipos necesarios para la medición del consumo de combustible, emisiones de gases y torque, tanto en transmisión manual como automática. Para ello se utilizaron un flujómetro, un banco dinamométrico y un medidor de gases

2.2.6. Flujómetro

Para la adquisición de datos reales sobre el consumo de combustible de ambos vehículos, incluye la instalación de un flujómetro de combustible como se observan en las

Figuras 15 y 16, este dispositivo es utilizado para medir la cantidad de combustible que fluye a través del sistema de alimentación de combustible en un periodo determinado.

Figura 15

Flujómetro de combustible



Nota. Fuente: (Autores, 2025)

Con la instalación del flujómetro modelo AIC 5004 Fuelflowmaster el cual cumple con norma Euro-norm 95/54/CE, se obtiene información en tiempo real del consumo de combustible de ambos vehículos, cuya incertidumbre de medición es del 0.6% según los datos del fabricante. Esta instalación va en la línea de alimentación de combustible y mediante un cable de señal AIC a la consola del dinamómetro.

Figura 16

Instalación del flujómetro



Nota. Fuente: (Autores, 2025)

2.2.7. Banco dinamométrico

El banco dinamométrico MAHA LPS 3000 fue utilizado para este tipo de pruebas ya que cuenta con un freno dinamométrico de corrientes parasitas (error de medición 2%), lo que permite generar carga y un módulo de sensores que permiten monitorear condiciones ambientales como presión atmosférica, humedad relativa, temperatura del aire, determinando así la potencia, fuerza tractora, torque y consumo de combustible, según la (ISO, 2010). Este banco también cuenta con un ventilador que debe estar en funcionamiento durante las pruebas.

En la Figura 17, muestra el banco dinamométrico MAHA LPS 3000, utilizado para medir potencia, torque y consumo de combustibles, con sensores que monitorean las condiciones durante las pruebas.

Figura 17

Vista del banco dinamométrico MAHA LPS 300



Nota. Banco dinamométrico utilizado para pruebas. Fuente: (Autores, 2025)

Previo a la realización de las pruebas, el vehículo debe estar anclado correctamente al banco dinamométrico, esto para no correr riesgo de deslizamiento e imprecisiones en las mediciones. También cuenta con una consola principal, la misma que suministra un dispositivo OBD que va en conexión al vehículo, esta aplicación móvil está diseñada para configurar y recolectar datos de parámetros operativos del vehículo. Adicional a esto el fabricante del banco dinamométrico recomienda que la temperatura de los neumáticos sea igual a 40°C.

Las Figuras 18 y 19 muestran el proceso de anclaje de los vehículos kia Sportage , tanto manual como automático , al banco dinamométrico.

Figura 18

Kia Sportage con transmisión manual



Nota. Anclaje del vehículo 1 al banco dinamométrico. Fuente: (Autores, 2025)

Figura 19

Kia Sportage con transmisión automática



Nota. Anclaje del vehículo 2 al banco dinamométrico. Fuente: (Autores, 2025)

2.2.8. Analizador de gases

Otro dispositivo utilizado es el medidor de gases, mostrado en la Figura 20, este dispositivo detecta el porcentaje de concentración de gases como CO, HC, O₂ y CO₂, el volumen de HC y NOX emitidos por el sistema de escape, permitiendo determinar la mezcla estequiométrica y así poder evaluar el rendimiento y consumo de combustible.

Figura 20

Analizador de gases contaminantes



Nota. Fuente: (Autores, 2025)

Con el modelo Brain Bee AGS-688 el cual cuenta con certificado NTE INEN 2349, 2003, ISO 3930 y OIML R99 presentado en la Figura 21, se registraron los datos de muestras de las emisiones de gases contaminantes en las distintas pruebas que emiten ambos vehículos por medio del tubo de escape mediante una sonda y su error de medición puede variar entre 1.55% hasta 1.93%.

Figura 21

Medidor de gases modelo Brain Bee AGS-688



Nota. Fuente: (Autores, 2025)

Los gases que se registraron principalmente fueron (CO₂, O₂ y HC) y para la adquisición de dichos valores en las diferentes pruebas de conducción en el vehículo Kia Sportage tanto en el modelo manual como automático, se llevó a cabo siguiendo los parámetros técnicos establecidos por las normas NTE INEN 2204 la cual establece rangos permitidos en la emisión de gases, con el fin de ayudar a la reducción del impacto ambiental.

Las emisiones máximas permitidos por motores a gasolina se muestra en la Figura 22. Estos valores son esenciales para evaluar los resultados de las pruebas de gases, ya que permite comparar las emisiones registradas con los estándares regulatorias. Teniendo en cuenta estos límites, se garantiza que los datos recogidos sean válidos y que el vehículo cumpla con la normativa vigente.

Figura 22

Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor a gasolina

| Año modelo | % CO ^a | | ppm HC ^a | |
|--------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|
| | 0 - 1500 ^b | 1500 - 3000 ^b | 0 - 1500 ^b | 1500 - 3000 ^b |
| 2000 y posteriores | 1,0 | 1,0 | 200 | 200 |
| 1990 a 1999 | 3,5 | 4,5 | 650 | 750 |
| 1989 y anteriores | 5,5 | 6,5 | 1000 | 1200 |

^a Volumen
^b Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).

Nota. Esta imagen menciona el volumen permitido de CO y HC teniendo en cuenta la altitud y el año de fabricación del vehículo. Imagen tomada de NTE INEN 2204 (2017).

2.2.9. Medidor de presión

Por último, se utilizó un medidor de presión de neumáticos como se puede observar en la Figura 23 y 24, con el objetivo de realizar pruebas con diferentes presiones de inflado en los neumáticos, ya que este factor tiene un impacto significativo en el rendimiento y el consumo de combustible en un vehículo.

Figura 23

Medidor de presión de neumáticos



Nota. Fuente: (Autores, 2025)

Con esta herramienta se pudo verificar el correcto inflado de los neumáticos para cada una de las pruebas, ya que en el transcurso de las mismas se necesita diferentes rangos de presiones en los neumáticos.

Figura 24

Verificación de presión en los neumáticos



Nota. Fuente: (Autores, 2025)

2.2.10. Selección de prueba

Con un total de 76 pruebas, divididas en 36 para la transmisión manual y 36 para la automática, la selección de pruebas se debe realizar a través del orden de corrida y se tendrá que llevar a cabo para ambos vehículos, dicho orden se obtuvo a través del diseño experimental previamente realizado en el software Minitab.

2.2.11. Configuración de velocidad

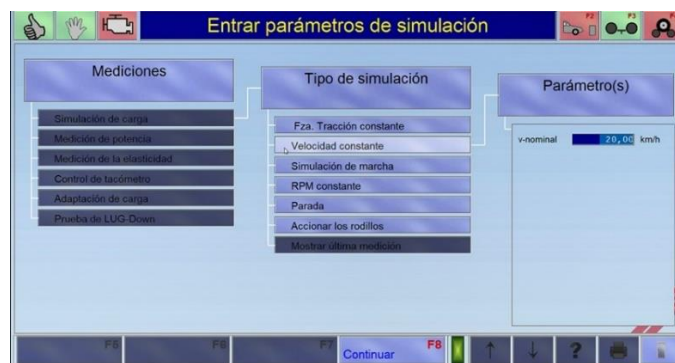
El banco dinamométrico al contar con una consola principal, la configuración de velocidades determinadas se la realizó mediante una interfaz de usuario que permite ajustar y personalizar las condiciones para cada uno de las pruebas. Las velocidades utilizadas fueron: 30km/h, 50km/h y 80 km/h y se determinaron las mismas teniendo en cuenta los límites de

velocidad permitidos por la agencia nacional de tránsito. (Tránsito Ecuador, 2024).

Las Figuras 25 y 26 muestran la interfaz de configuración y las velocidades programadas para las pruebas.

Figura 25

Interfaz de configuración del banco dinamométrico



Nota. Fuente: (Autores, 2025)

Figura 26

Velocidad configurada



Nota. Fuente: (Autores, 2025)

2.2.12. Presión en los neumáticos

Utilizando el medidor de presión, y con la ayuda de un compresor de aire se ajusta la presión de inflado o desinflado en los neumáticos hasta alcanzar el valor deseado. En este proyecto las presiones utilizadas en los neumáticos fueron, la recomendada por el fabricante 33 PSI y otros dos niveles específicos 30 Y 35 PSI. Al contar con una presión inferior a la recomendada, aumenta la resistencia a la rodadura y por ende obliga al motor a trabajar más para mantener la misma velocidad, lo que incrementa el consumo de combustible. Por otro lado, al tener una presión excesiva disminuye la superficie de contacto, esto puede generar un ligero ahorro de combustible, pero puede comprometer la tracción y la seguridad.

La Figura 27, muestra la verificación de la presión en los neumáticos, para analizar su efecto en el consumo de combustible

Figura 27

Verificación de presión en los neumáticos



Nota. Fuente: (Autores, 2025)

2.2.13. Combustible

Para este proyecto se utilizaron dos tipos de combustibles Ecopaís con 85 octanos y Súper con 92 octanos. Para lo cual se llenó el tanque con gasolina Ecopaís y se realizaron las pruebas correspondientes. Tras concluir esta fase, se drenó el tanque por completo para evitar la mezcla de los combustibles y garantizar resultados precisos en las pruebas. Finalmente, se llenó el tanque con gasolina súper y se repitieron las pruebas bajo las mismas condiciones, asegurando que los datos obtenidos fueran comparables y sin contaminación cruzada.

2.2.14. Fase 3: Pruebas experimentales

La fase 3 consiste en realizar pruebas para evaluar el rendimiento de transmisión y eficiencia de consumo de combustible, tanto manual como automático, bajo diferentes condiciones de velocidad, presión de neumáticos y tipo de combustible. Las tablas 8 a 10 se presenta los detalles de las pruebas realizadas, incluyendo las velocidades, presión de neumáticos, tipos de combustible y número de pruebas efectuadas.

Tabla 8

Pruebas realizadas

| Velocidad | Presión | Combustible | Número de pruebas |
|-----------|---------|-------------|-------------------|
| 30 km/h | 30 Psi | Ecopaís | 2 |
| 30 km/h | 33 Psi | Ecopaís | 2 |
| 30 km/h | 35 Psi | Ecopaís | 2 |
| 30 km/h | 30 Psi | Super | 2 |
| 30 km/h | 33 Psi | Super | 2 |
| 30 km/h | 35 Psi | Super | 2 |

Nota. El número de pruebas es para ambos vehículos, manual y automático. Fuente: (Autores, 2024)

Las figuras 28 a 33 muestran pruebas experimentales para evaluar el rendimiento de transmisión y consumo de combustible en transmisiones manual y automática, bajo

Tabla 9

Pruebas realizadas

| Velocidad | Presión | Combustible | Número de pruebas |
|-----------|---------|-------------|-------------------|
| 50 km/h | 30 Psi | Ecopaís | 2 |
| 50 km/h | 33 Psi | Ecopaís | 2 |
| 50 km/h | 35 Psi | Ecopaís | 2 |
| 50 km/h | 30 Psi | Super | 2 |
| 50 km/h | 33 Psi | Super | 2 |
| 50 km/h | 35 Psi | Super | 2 |

Nota. El número de pruebas es para ambos vehículos, manual y automático. Fuente: (Autores, 2024)

Figura 30

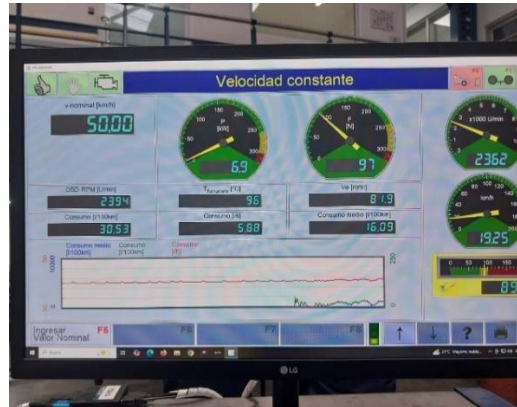
Ejemplo de prueba



Nota. Fuente: (Autores, 2025)

Figura 31

Ejemplo de prueba



Nota. Datos obtenidos durante la prueba. Fuente: (Autores, 2025)

Tabla 10

Pruebas realizadas

| Velocidad | Presión | Combustible | Número de pruebas |
|-----------|---------|-------------|-------------------|
| 80 km/h | 30 Psi | Ecopaís | 2 |
| 80 km/h | 33 Psi | Ecopaís | 2 |
| 80 km/h | 33 Psi | Ecopaís | 2 |
| 80 km/h | 33 Psi | Super | 2 |
| 80 km/h | 33 Psi | Super | 2 |
| 80 km/h | 35 Psi | Super | 2 |

Nota: El número de pruebas es para ambos vehículos, manual y automático. Fuente: (Autores, 2024)

Figura 32

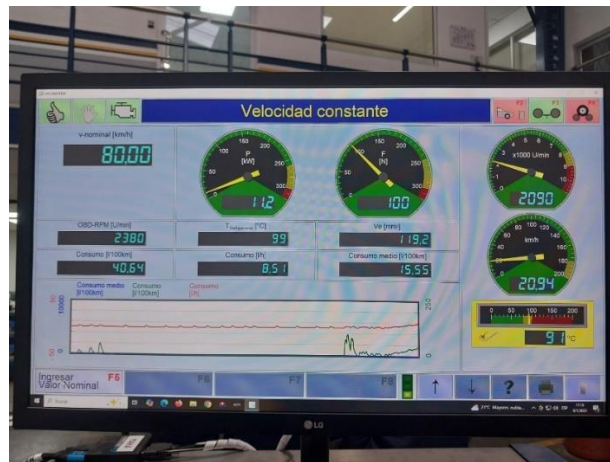
Ejemplo de prueba



Nota. Fuente: (Autores, 2025)

Figura 33

Ejemplo de prueba



Nota. Datos obtenidos durante la prueba. Fuente: (Autores, 2025)

2.2.15. Ciclo de conducción

Esta prueba sirvió para contrastar con los resultados obtenidos en las pruebas anteriores, para lo cual se utilizó el ciclo de conducción FTP75, ya que permite evaluar el desempeño de los vehículos en condiciones similares a las de tráfico urbano. Este ciclo fue creado para darle

normatividad a las emisiones de gases y consumo de combustible en vehículos livianos. Además, es una derivación del ciclo FTP 72, al cual se le añadieron 505 segundos extras para un arranque en caliente.

- La primera fase: tiempo de duración de 505 segundos, arranque en frío a temperatura de entre 20 y 30°C.
- Segunda fase: también llamada fase de estabilización y su tiempo de inicio es desde el segundo 506 hasta los 1372 segundos
- Tercera fase: tiempo de duración de 505 segundos y consiste en el arranque en caliente.

La Figura 34 y 35, muestran la prueba en el ciclo FTP-75 para evaluar consumo de combustible.

Figura 34

Prueba en ciclo de conducción



Nota. Fuente: (Autores, 2025)

Figura 35

Ciclo de conducción FTP-75



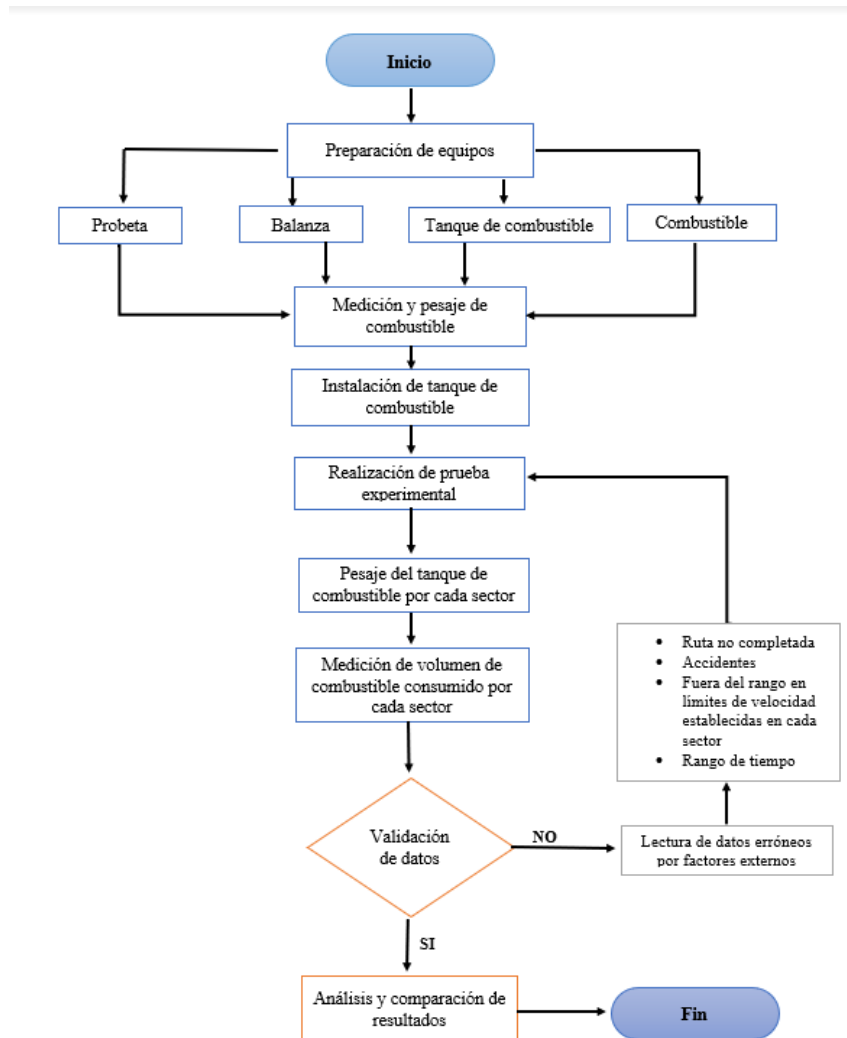
Nota. Mapa de seguimiento del ciclo de conducción Fuente: (Autores, 2025)

2.3.Prueba de ruta

Esta prueba es una complementación del estudio realizado, con el objetivo de someter a ambos vehículos a condiciones reales de conducción y así obtener datos referenciales de consumo de combustible para esta geografía, la misma que se la realizo acorde a la normativa Euro 6, debido a su enfoque en condiciones reales de conducción y su estricta regulación ambiental. En Europa, esta norma es obligatoria para la homologación de vehículos, mientras que, en América, han adoptado regulaciones basadas en ella para controlar la contaminación del aire y cumplir con estándares internacionales (Ue UE & Comisión, 2016). A continuación, se presenta en la figura 36 el flujograma de la metodología implementada para ese tipo de prueba.

Figura 36

Flujograma para prueba de ruta



Nota. Flujograma del proceso a seguir para la adquisición de datos en prueba de ruta. Fuente: (Autores, 2025)

2.3.1. Equipos

Para esta prueba se utilizaron implementos adicionales como un tanque exterior de combustible, una probeta, una balanza y combustible, como se observa en la figura 37 y 38.

Figura 37

Tanque externo de gasolina y probeta



Nota. Fuente: (Autores, 2025)

Figura 38

Balanza digital



Nota. Fuente: (Autores, 2025)

2.3.2. Preparación, medición y pesaje

Antes de realizar la prueba, se realizó el pesaje y llenado del tanque de combustible como se muestra a continuación en la Figura 39.

Figura 39

Medición y pesaje

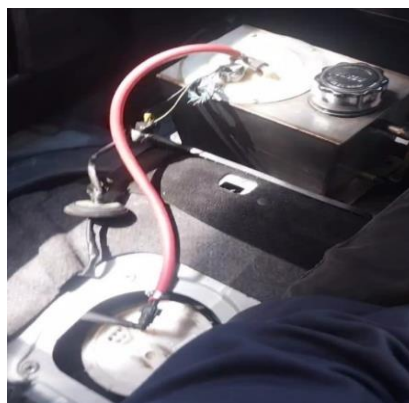


2.3.3. Instalación del tanque de combustible

Al utilizar un tanque exterior de combustible para esta prueba, este se instaló junto con la línea de alimentación de combustible como se observa en la Figura 40.

Figura 40

Tanque externo de gasolina instalado



Nota. Instalación del tanque de combustible al vehículo. Fuente: (Autores, 2025)

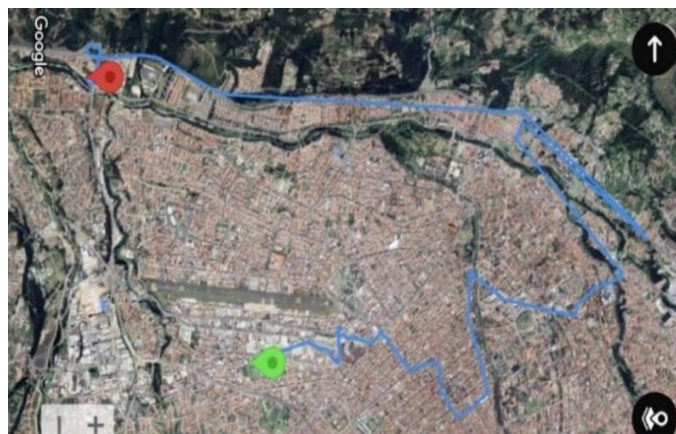
2.3.4. Realización de prueba experimental

Para la realización de esta prueba, la ruta se estableció de acuerdo a lo que rige la normativa EURO 6, la misma que propone un recorrido mínimo de 16 km donde intervengan tres tipos de trayectos como son: el sector urbano con un 33% del recorrido total a velocidades de 30 a 60 km/h, el sector rural con un 34% a velocidades de 60 a 90 km/h y el sector de autopista con un 33% con velocidades que sobrepasen los 90 km/h. para este apartado se utilizó la ayuda de Google Earth.

En la Figura 41, se puede evidenciar el mapa recorrido de la ruta. El método consiste en empezar con un recorrido en el sector urbano, seguido del sector rural y terminar el recorrido de autopista.

Figura 41

Prueba de ruta



Nota. Mapa de recorrido realizado durante la prueba. Fuente: (Autores, 2025)

El recorrido del sector urbano empieza en la Universidad Politécnica Salesiana (punto verde), esta ruta recorre los focos de mayor influencia vehicular de la ciudad como son el centro histórico, calle Larga y el sector del estadio. El sector rural empieza en el redondel de los tres puentes con dirección al Barrio el Vergel y la entrada a la Parroquia el Valle.

Finalmente, la zona de autopista empieza en el redondel de Turi hasta llegar al sector del hospital del Rio (punto rojo).

2.3.5. Pesaje de combustible

Al finalizar el recorrido de cada sector se realizó el respectivo pesaje, ya que con estos datos se podrá calcular el consumo de combustible de ambos vehículos en cada sector recorrido, como se observa en la Figura 42.

Figura 42

Ejemplo de pesaje del tanque de combustible



Nota. Se pesó el tanque de combustible después de haber recorrido cada sector. Fuente: (Autores, 2025)

2.3.6. Medición de volumen

Por último, al finalizar se realizó la medición del volumen de combustible después del término de la prueba para verificar el consumido exacto durante los tres sectores, como se observa en la figura 43.

Figura 43

Volumen de combustible consumido



Nota. Esta medición de volumen se la realizó para los tres sectores. Fuente: (Autores, 2025).

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS COMPARATIVO

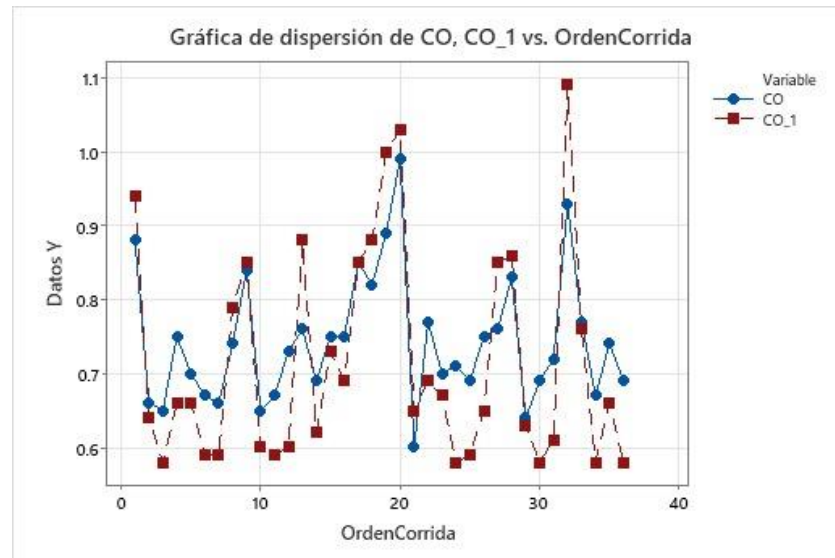
3.1. Rendimiento

Este análisis evalúa el rendimiento de la transmisión manual y automática tomando como referencias las emisiones de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos no quemados (HC) y torque en pruebas controladas. Dado que la transmisión influye en la entrega de potencia, la respuesta del motor y el consumo de combustible, el estudio busca determinar su impacto en la eficiencia de combustión y el desempeño general del vehículo.

En la figura 44 se muestra la gráfica de dispersión de las emisiones de CO, comparando los valores obtenidos entre las dos transmisiones, en función del orden de corrida de las pruebas.

Figura 44

Gráfica de dispersión de CO (TM), CO-1(TA) vs Orden de corrida



Nota. Transmisión manual (línea azul), Transmisión automático (línea roja). Fuente: (Autores, 2025)

Al analizar los resultados obtenidos se observa diferencias en las emisiones de CO entre ambas transmisiones, en ciertas corridas la transmisión automática genera mayores emisiones, mientras que, en otros, la transmisión manual presenta valores más elevados.

Por ejemplo, en la corrida 13, con una velocidad de 30 km/h, presión de neumático de 33 psi y combustible Súper, la transmisión automática presenta un valor de CO de 0.88%, mientras que el de transmisión manual registro 0.76%, lo que representa un incremento del 15.8% en las emisiones de la transmisión automática. Un comportamiento similar se observó en la corrida 20, donde con los mismo 30km/h, pero con una presión de neumático de 35 psi y combustible Eco, la transmisión automática obtuvo un valor de CO de 1.03%, frente a 0.99% del vehículo manual, lo que implica un aumento del 4,04% en las emisiones.

No obstante, en determinadas condiciones la transmisión automática mostro una reducción en las emisiones de CO en comparación con la transmisión manual. En la corrida 24,

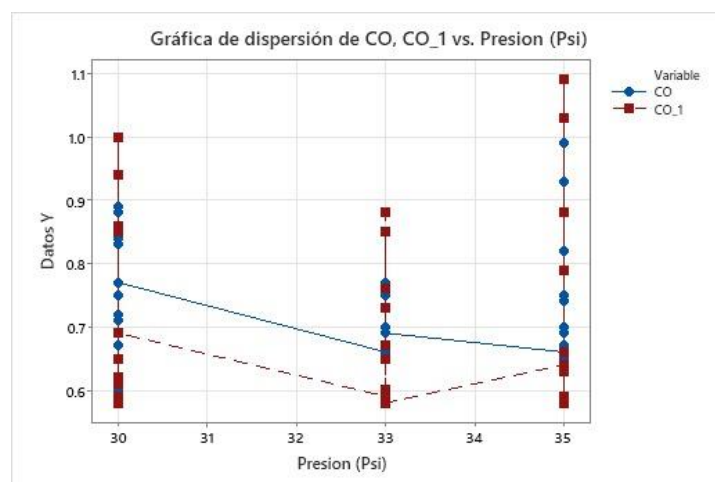
con una velocidad de 50 km/h, presión de neumático de 30 psi y combustible Súper, el vehículo con transmisión automática registro un valor de CO de 0.58%, mientras que el manual presento 0.70%, lo que equivale a una reducción del 17.1% en las emisiones de la transmisión automática. Un comportamiento similar se observó en la corrida 30, con una velocidad de 80 km/h, presión de 35 psi y combustible Eco, donde el vehículo automático mostró un valor de 0.58%, mientras que el manual alcanzó 0.69%, reflejando una reducción del 15.9% en las emisiones del vehículo automático.

En contraste, en la corrida 32, con una velocidad de 30 km/h, presión de neumáticos de 35 psi y combustible Eco, la transmisión automática presentó nuevamente mayores emisiones, con un valor de 1.09%, mientras que la transmisión manual registró 0.93%, lo que representa un incremento del 17.2% en las emisiones del vehículo automático.

En relación con el comportamiento de las emisiones de CO según la presión de los neumáticos, la Figura 45 muestra la gráfica de dispersión, permitiendo analizar su variación con diferentes niveles de presión.

Figura 45

Grafica de dispersión de CO(TM), CO-1(MA) vs Presión (Psi)



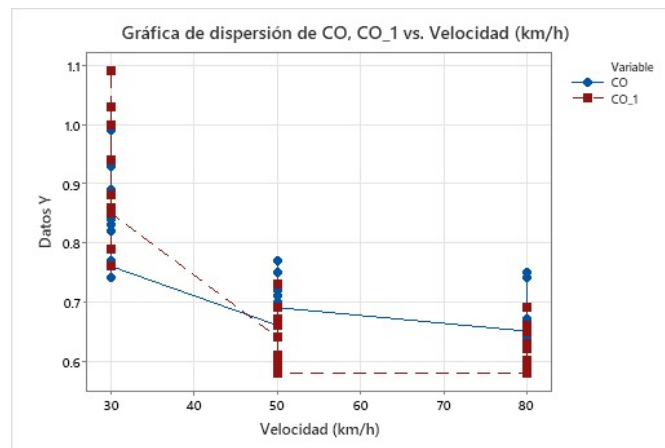
Fuente: (Autores, 2025)

Observando los resultados se tiene que al aumentar la presión de los neumáticos de 30 a 35 PSI reduce las emisiones de CO en ambos tipos de transmisión. Las emisiones bajan un 6.67% (de 0.74% a 0.69%) en la transmisión manual, y la automática, un 6.17% (de 0.81% a 0.67%). A 33 PSI, la reducción es intermedia con valores de 0.71% para la transmisión manual y 0.78% para la automática.

En cuanto al análisis de las emisiones de CO en función de la velocidad del vehículo, la Figura 46 presenta la gráfica de dispersión que muestra la relación entre las emisiones de CO y la velocidad (km/h), proporcionando una visión del impacto de esta variable.

Figura 46

Gráfica de dispersión de CO(TM), CO-1(TA) vs Velocidad (km/h)



Fuente: (Autores, 2025)

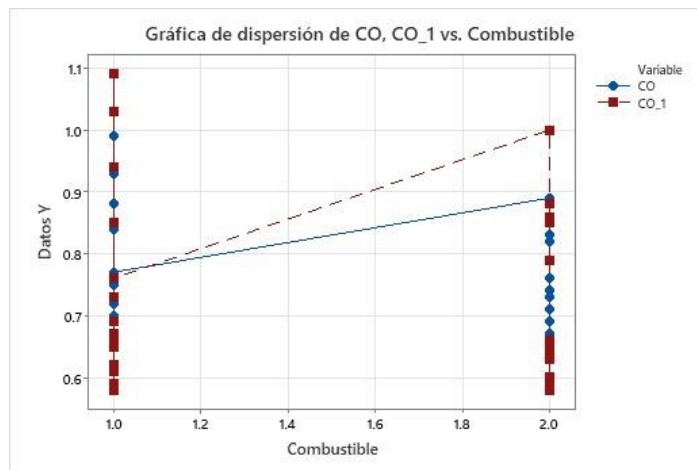
Analizando los resultados mostrados en la Figura 46, se observa que a medida que la velocidad aumenta de 30 a 80 km/h, las emisiones de CO disminuyen en ambas transmisiones. A 30 km/h, las emisiones son de 0.74% en transmisión manual y 0.81% en automática. A 50 km/h la transmisión manual el CO baja un 0.70%, mientras que en la automática se reduce un 0.74% mostrando una tendencia decreciente con la velocidad. A 80 km/h, bajan a 0.65% y 0.66%, respectivamente, con una reducción del 12.16% en la manual y 18.52% en la

automática.

En cuanto al comportamiento de las emisiones de CO en función del tipo de combustible, la Figura 47 muestra la gráfica de dispersión, que ilustra de manera clara como las emisiones de CO varían según el tipo de combustible.

Figura 47

Gráfica de dispersión de C0(TM), C0-1(TA) vs Combustible



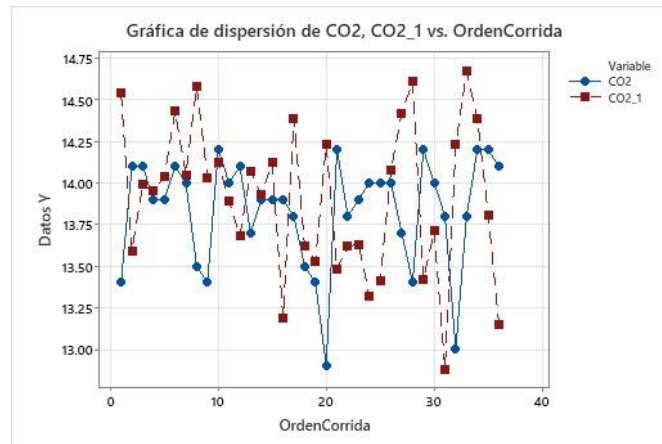
Fuente: (Autores, 2025)

La gráfica compara las emisiones de CO entre una transmisión manual (azul) y automática (roja) según el tipo de combustible. Con gasolina eco, la transmisión manual registra un promedio de 0.75%, mientras que la automática muestra 0.70%, lo que representa una reducción del 6.3% en la automática. Al utilizar gasolina súper, las emisiones aumentan en ambas transmisiones: en la manual suben a 0.90%, mientras que en la automática alcanzan 1.05%.

La Figura 48, muestra la gráfica de dispersión de las emisiones de CO₂ para la transmisión manual y automática, en función del orden de corrida. Esta grafica permite observar los porcentajes de variación de las emisiones de CO₂ a lo largo de las corridas.

Figura 48

Gráfica de dispersión de CO₂(TM), CO₂-1(TA) vs Orden de corrida



Nota. Transmisión manual (línea azul), Transmisión automático (línea roja). Fuente: (Autores, 2025)

Al analizar los resultados obtenidos que muestra diferencias en las emisiones de CO₂ entre ambas transmisiones, en la mayoría de los casos, la transmisión automática presentó niveles más altos de emisiones de CO₂ en comparación con el de la transmisión manual, aunque en ciertas condiciones se observó el efecto contrario.

En la corrida 1, con una velocidad de 30 km/h, presión de neumáticos de 30 psi y combustible Eco, el vehículo con transmisión automática presentó un valor de CO₂ de 14.54%, mientras que el manual registró 13.4%, lo que representa un incremento del 8.5% en las emisiones del vehículo automático. Un comportamiento similar se observó en la corrida 8, donde con los mismos 30 km/h, pero con una presión de neumáticos de 35 psi y combustible Súper, el vehículo automático presentó un valor de 14.58%, mientras que el manual registró 13.5%, reflejando un incremento del 8.0% en la transmisión automática.

El mayor incremento en las emisiones de CO₂ por parte del vehículo automático se registró en la corrida 20, con una velocidad de 30 km/h, presión de neumáticos de 35 psi y combustible Eco, donde el vehículo automático presentó un valor de 14.23%, mientras que el

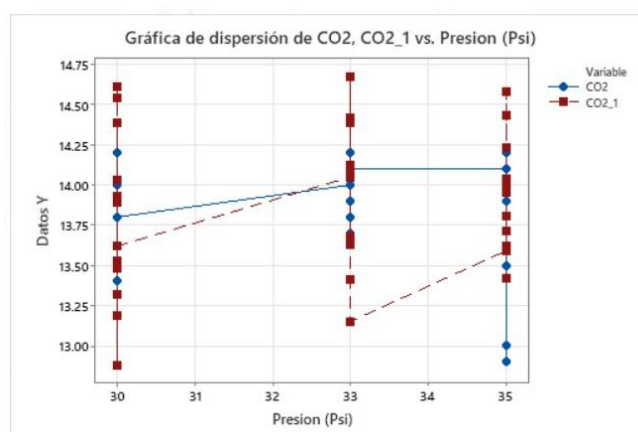
manual registró 12.9%, lo que representa un incremento del 10.3% en las emisiones del vehículo automático. Un resultado similar se observó en la corrida 32, con las mismas condiciones de la corrida 20, donde el CO₂ en la transmisión automática alcanzó 14.23%, mientras que en la transmisión manual fue de 13.0%, reflejando un incremento del 9.5%.

Sin embargo, en ciertos escenarios el vehículo con transmisión manual generó mayores emisiones de CO₂ que el de transmisión automática. En la corrida 16, con una velocidad de 80 km/h, presión de neumáticos de 30 psi y combustible Eco, el vehículo automático registró un valor de 13.19%, mientras que el manual alcanzó 13.9%, lo que indica una reducción del 5.1% en las emisiones del vehículo automático en comparación con el manual.

En cuanto al comportamiento de las emisiones de CO₂ en función de la presión de los neumáticos, se presenta en la Figura 49 muestra la gráfica de dispersión, permitiendo analizar su variación con diferentes niveles de presión.

Figura 49

Gráfica de dispersión de CO₂(TM), CO₂-1(TA) vs Presión (Psi)



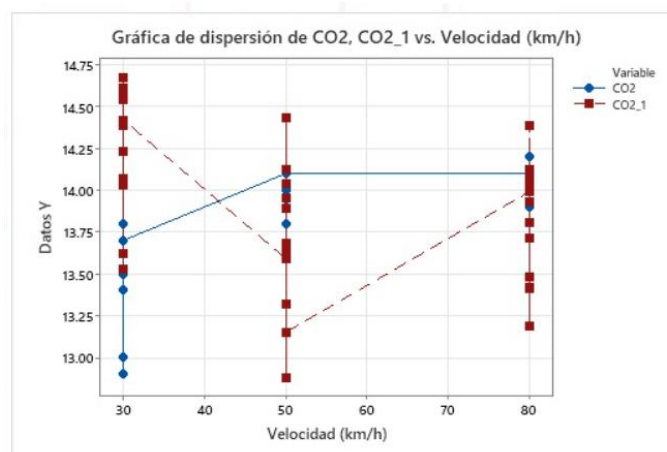
Fuente: (Autores, 2025)

Los resultados muestran que con el aumento de la presión de los neumáticos de 30 a 35 PSI reduce más las emisiones de CO₂ en la transmisión automática, mientras que en la manual se mantienen casi estables. Esto indica que, aunque la menor resistencia a la rodadura beneficia a ambos sistemas, en la transmisión automática el efecto es más notable, compensando pérdidas mecánicas del sistema. En 33 PSI las emisiones de CO₂ en la transmisión automática muestra un leve aumento antes de disminuir en 35 PSI, mientras que en la transmisión manual permanecen estables.

Respecto al comportamiento de las emisiones de CO₂ en función de la velocidad del vehículo, la Figura 50 presenta la gráfica de dispersión, mostrando la relación entre las emisiones de CO₂ y la velocidad (km/h), permitiendo observar como varían las emisiones con el aumento de la velocidad.

Figura 50

Gráfica de dispersión de CO₂(TM), CO₂-1(TA) vs Velocidad



Fuente: (Autores, 2025)

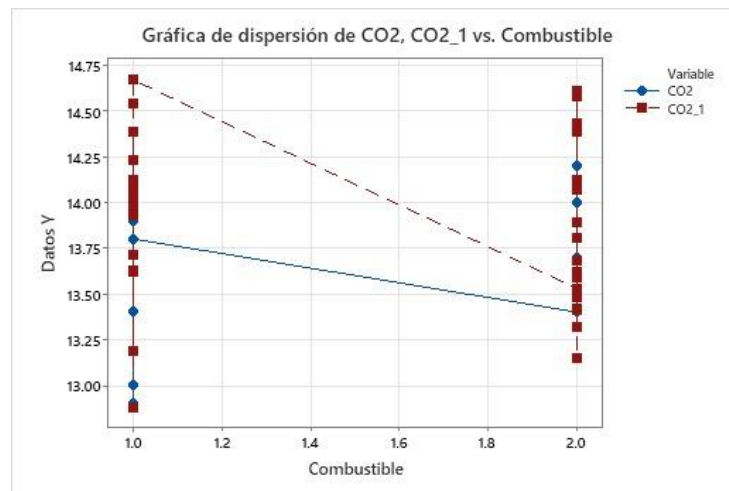
La relación entre velocidad y emisiones de CO₂ es inversa, con diferencias entre transmisiones. A 30 km/h, la transmisión manual registra un promedio de 13.85% de CO₂,

mientras que la automática alcanza 14.30%, con mayor variabilidad. A 50 km/h y 80 km/h, las emisiones en la manual se mantienen estables (13.90% y 13.92%), mientras que en la automática disminuyen de 14.10% a 13.95%, reduciendo un 2.45% respecto a 30 km/h. Esto indica que la transmisión automática mejora su eficiencia a altas velocidades, pero sigue emitiendo en promedio 3.5% más que la manual.

En cuanto al comportamiento de las emisiones de CO₂ en función del tipo de combustible, la Figura 51 presenta la gráfica de dispersión, ilustrando como las emisiones de CO₂ varían según el tipo de combustible utilizado.

Figura 51

Gráfica de dispersión de CO₂(TM), CO₂-1(TA) vs Combustible



Fuente: (Autores, 2025)

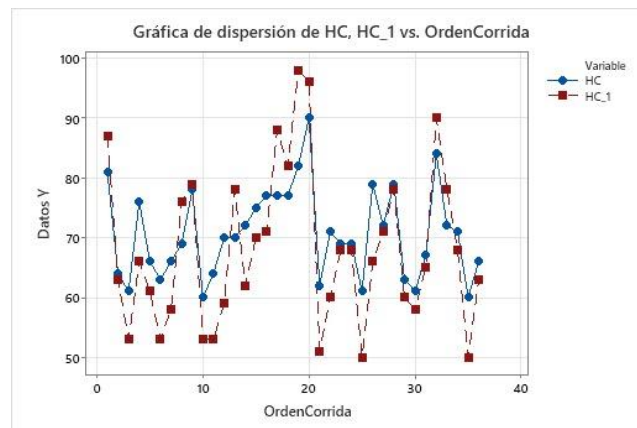
Los resultados obtenidos indican que la transmisión automática emite 5.8% más CO₂ que la manual con gasolina económica, pero al usar gasolina súper, sus emisiones disminuyen en 10.2%, comparado con solo 2.2% en la transmisión manual.

La Figura 52 presenta la gráfica de dispersión del volumen de HC para las transmisiones manual y automática, en función del orden de corrida. Esta grafica permite observar la

variación de las emisiones de HC, expresadas en partículas por millón (ppm) a lo largo de las diferentes corridas.

Figura 52

Gráfica de dispersión de HC(TM), HC-1(TA) vs Orden de corrida



Nota. Transmisión manual (línea azul), Transmisión automático (línea roja). Fuente: (Autores, 2025)

El análisis de la Figura 52 muestran que, en la mayoría de los casos, la transmisión automática genera menores emisiones de HC en comparación con la transmisión manual, con reducción que varían según las condiciones específicas de cada prueba.

En la corrida 12, con una velocidad de 50 km/h, presión de neumáticos de 33 psi y combustible Súper, el vehículo automático presentó un valor de HC de 59ppm, mientras que el manual registró 70ppm, lo que representa una reducción del 15.7% en las emisiones del vehículo automático. Un comportamiento similar se observó en la corrida 21, con una velocidad de 80 km/h, presión de neumáticos de 30 psi y combustible Súper, donde el vehículo automático mostró un valor de 51ppm, mientras que el manual alcanzó 62ppm, reflejando una reducción del 17.7%.

Un patrón de reducción en las emisiones de HC en la transmisión automática también se observó en la corrida 25, con una velocidad de 80 km/h, presión de 33 psi y combustible

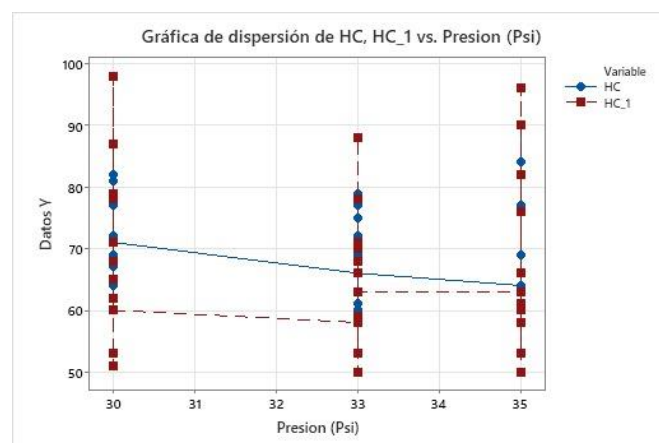
Súper, donde el vehículo automático registró 50ppm, mientras que el manual presentó 62ppm, lo que representa una disminución del 19.3%. De manera similar, en la corrida 35, con una velocidad de 80 km/h, presión de 35 psi y combustible Súper, la transmisión automática registró 50ppm, mientras que la manual tuvo un valor de 60ppm, evidenciando una reducción del 16.7%.

Sin embargo, en la corrida 19, con una velocidad de 30 km/h, presión de neumáticos de 30 psi y combustible Súper, se presentó un caso contrario. En esta prueba, el vehículo con transmisión automática mostró un valor de 98ppm, mientras que el manual registró 82ppm, lo que indica un incremento del 19.5% en las emisiones de HC en la transmisión automática.

En relación con el comportamiento de las emisiones de HC según la presión de los neumáticos, la Figura 53 muestra la gráfica de dispersión permitiendo analizar como varían las emisiones de HC con diferentes niveles de presión.

Figura 53

Gráfica de dispersión de HC(TM), HC-1(TA) vs Presión (Psi)



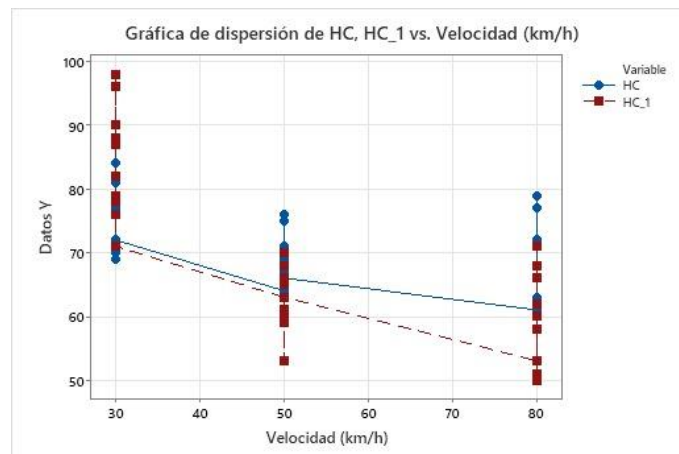
Fuente: (Autores, 2025)

Los análisis de los resultados muestran que el aumento de la presión de los neumáticos reduce las emisiones de HC en ambas transmisiones, con una mayor disminución en la manual. A 30 PSI, las emisiones son de 73.4 ppm en la transmisión manual y 62.1 ppm en la automática. A 35 PSI, bajan a 68.2 ppm y 59.5 ppm, respectivamente, reflejando una reducción del 7.1% en la manual y 4.2% en la automática.

En relación con el comportamiento de las emisiones de HC según la velocidad del vehículo, la Figura 54 presenta la gráfica de dispersión, ilustrando como las emisiones de HC varían con la velocidad del vehículo.

Figura 54

Gráfica de dispersión de HC(TM), HC-1(TA) vs Velocidad



Fuente: (Autores, 2025)

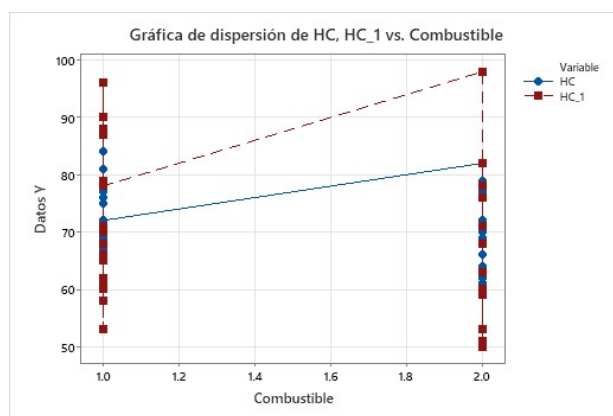
Al analizar el análisis de los resultados, se observa que a medida que la velocidad aumenta, las emisiones de HC disminuyen en ambas transmisiones, con una mayor reducción en la manual. A 30 km/h, la transmisión manual registra 75.2 ppm y la automática 64.3 ppm. A 50 km/h, las emisiones bajan a 70.5 ppm y 60.8 ppm, respectivamente, mientras que a 80 km/h alcanzan 66.0 ppm en la manual y 58.2 ppm en la automática. Indicando que la manual reduce las emisiones un 44% más eficientemente con el aumento de velocidad. Sin embargo,

la transmisión automática mantiene valores de HC más bajos en todo el rango.

En relación de las emisiones de HC según el tipo de combustible, la Figura 55 muestra la gráfica de dispersión, evidenciando como las emisiones de HC varían dependiendo del combustible utilizado.

Figura 55

Gráfica de dispersión de HC(TM), HC-1(TA) vs Combustible



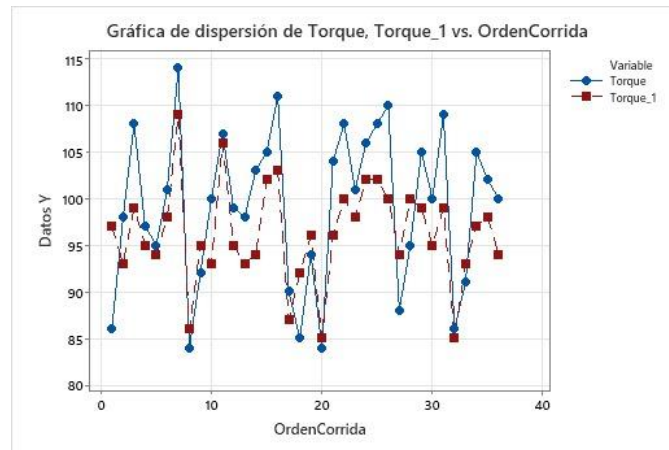
Fuente: (Autores, 2025)

Los resultados indican que las emisiones de HC se analiza que con gasolina eco, en la transmisión manual registra un promedio de 72 ppm, mientras que en la transmisión automática muestra 85 ppm, lo que representa un 18% más emisiones en la automática. Al utilizar gasolina súper, las emisiones aumentan en ambas transmisiones; en la manual suben a 80 ppm, mientras que en la automática alcanzan 98 ppm, siendo 22.5% mayores que en la manual.

La Figura 56 presenta la gráfica de dispersión del torque, comparando los valores obtenidos de las transmisiones manual y automática. Esta grafica permite observar las variaciones en el torque a lo largo de las diferentes corridas.

Figura 56

Gráfica de dispersión de torque (TM), torque-1(TA) vs Orden de corrida



Nota. Transmisión manual (línea azul), Transmisión automático (línea roja). Fuente: (Autores, 2025)

Los resultados obtenidos evidencian que, en todas las condiciones evaluada, la transmisión manual presenta valores de torque más altos a los registrados en la transmisión automática, las diferencias porcentuales varían en función de los parámetros de la prueba.

En la corrida 3, con una velocidad de 80 km/h, presión de neumáticos de 35 psi y combustible Eco, el vehículo automático presentó un valor de torque de 99Nm, mientras que el manual alcanzó 108Nm, lo que representa una reducción del 8.3% en el torque del vehículo automático. De manera similar, en la corrida 16, con los mismos 80 km/h, pero una presión de neumáticos de 30 psi y combustible Eco, el vehículo automático registró un torque de 103Nm, mientras que el manual alcanzó 111Nm, reflejando una reducción del 7.2% en la transmisión automática.

En la corrida 21, con una velocidad de 80 km/h, presión de neumáticos de 30 psi y combustible Súper, el vehículo automático presentó un torque de 96Nm, mientras que el manual alcanzó 104Nm, lo que representa una disminución del 7.7% en la transmisión

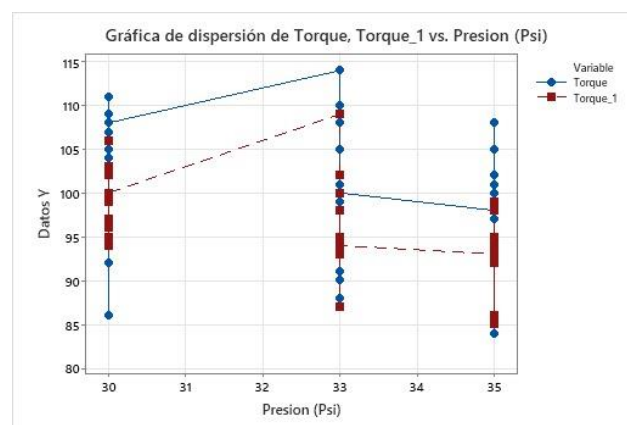
automática. Un patrón similar se observó en la corrida 26, con una velocidad de 80 km/h, presión de 33 psi y combustible Eco, donde el vehículo automático registró un valor de torque de 100Nm, mientras que el manual alcanzó 110Nm, lo que indica una reducción del 9.1% en la transmisión automática.

Finalmente, en la corrida 31, con una velocidad de 50 km/h, presión de neumáticos de 30 psi y combustible Eco, el vehículo automático registró un torque de 99Nm, mientras que el manual alcanzó 109Nm, lo que representa una reducción del 9.2% en la transmisión automática.

En relación con el comportamiento del torque según la presión de los neumáticos, la Figura 57 presenta la gráfica de dispersión, permitiendo observar como varia el torque a medida que se ajusta la presión de los neumáticos.

Figura 57

Gráfica de dispersión de torque (TM), torque-1(TA) vs Presión (Psi)



Fuente: (Autores, 2025)

Continuando con el análisis del torque, la figura 57 muestra el efecto de la presión de los neumáticos en la entrega de par motor para ambas transmisiones. Se observa que un incremento en la presión mejora el torque hasta un punto óptimo de 33 PSI, donde se alcanza

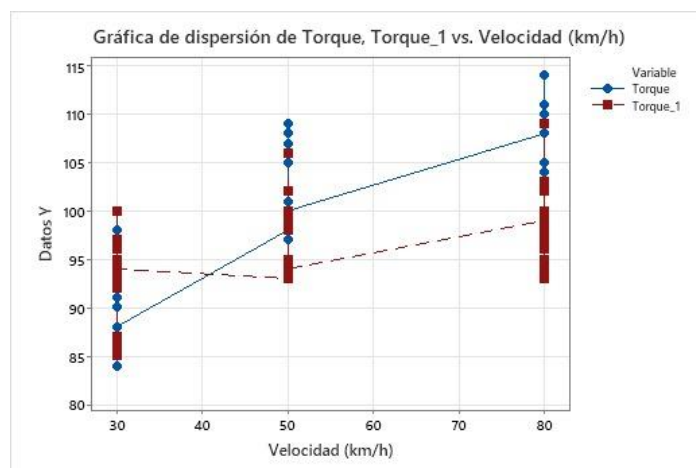
el máximo rendimiento en la transmisión de potencia. Sin embargo, al superar este valor, la eficiencia de tracción comienza a disminuir en ambas configuraciones.

- Transmisión manual: El torque aumenta de 92.8 Nm a 110.3 Nm entre 30 y 33 PSI, pero disminuye a 106.2 Nm a 35 PSI.
- Transmisión automática: Se incrementa de 91.2 Nm a 97.1 Nm (33 PSI), pero cae a 94.5 Nm a 35 PSI.

En relación con el comportamiento del torque en función de la velocidad del vehículo, la Figura 58 presenta la gráfica de dispersión, mostrando como varia el torque conforme se incrementa la velocidad del vehículo.

Figura 58

Gráfica de dispersión de torque (TM), torque-1(TA) vs Velocidad



Fuente: (Autores, 2025)

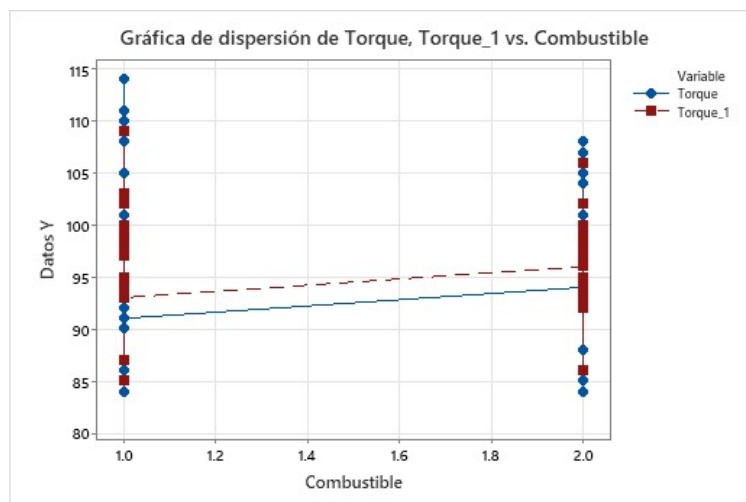
Los resultados muestran las variaciones con respecto a la velocidad en ambas transmisiones, evidenciando una relación directa entre el incremento de velocidad y la entrega de torque. A 30 km/h, el torque en la transmisión manual es de 92.8 Nm, aumentando a 103.4 Nm a 50 km/h, y alcanzando 112.7 Nm a 80 km/h, lo que representa una diferencia de 19.9 Nm en todo el rango evaluado.

Por otro lado, en la transmisión automática, el torque se incrementa de 88.3 Nm a 91.6 Nm a 50 km/h, y finalmente a 95.8 Nm a 80 km/h, con una variación total de 7.5 Nm. El torque aumenta a un ritmo mayor en la transmisión manual, con un incremento de 1.33 Nm por cada km/h, mientras que en la automática el aumento es de 0.47 Nm por km/h.

La Figura 59 muestra la gráfica de dispersión en función del tipo de combustible, comparando valores de torque para la transmisión manual y automática, permitiendo analizar las diferencias en el comportamiento del torque según el combustible utilizado.

Figura 59

Gráfica de dispersión de torque (TM), torque-1(TA) vs Combustible



Los resultados indican que con gasolina eco, la transmisión manual registra un torque promedio de 95 Nm, mientras que la automática alcanza 90 Nm, siendo 5.3% menor. Al usar gasolina súper, el torque aumenta en ambas transmisiones: en la manual sube a 98 Nm y en la automática a 93 Nm, manteniendo una diferencia del 5.1% menos torque en la automática.

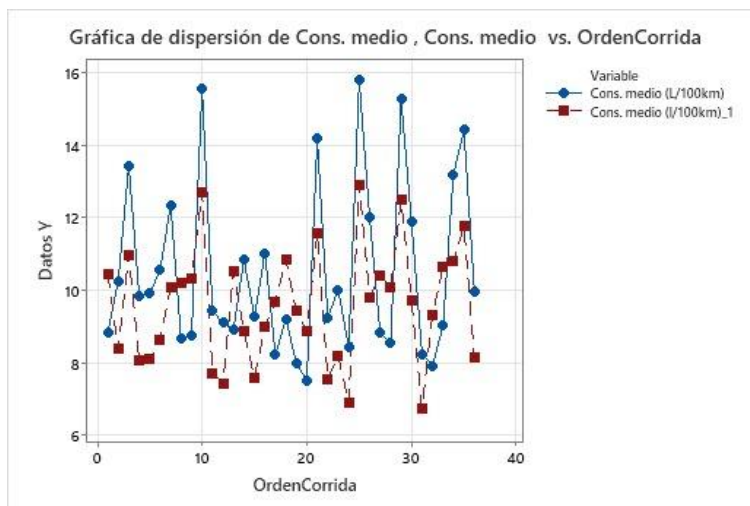
3.2. Eficiencia del consumo de combustible

En esta sección se analizan las gráficas relacionadas con el consumo de combustible, considerando tanto el consumo medio (L/100 km) como el consumo instantáneo (L/h). A través de la comparación entre transmisiones manual y automática, se evalúan las variaciones en la eficiencia del combustible bajo diferentes condiciones operativas

La Figura 60 presenta la gráfica de dispersión del consumo medio, comparando con los valores obtenidos para la transmisión manual y automática, en función de orden de corrida. Esta grafica permite analizar como vario consumo a lo largo de las diferentes corridas.

Figura 60

Gráfica de dispersión de Consumo medio (TM), Consumo medio-1(TA) vs Orden de corrida



Nota. Transmisión manual (línea azul), Transmisión automático (línea roja). Fuente: (Autores, 2025)

Los resultados obtenidos evidencian que, en todas las condiciones evaluadas, la transmisión automática presenta menos consumo en comparación con la transmisión manual.

Por ejemplo, en la corrida 3, con una velocidad de 80 km/h, presión de neumáticos de

35 psi y combustible Eco, el vehículo automático presentó un consumo medio de 10.98 L/100km, mientras que el manual registró 13.44 L/100km, lo que representa una reducción del 18.3% en el consumo del vehículo automático. Un comportamiento similar se observó en la corrida 4, con una velocidad de 50 km/h, presión de 35 psi y combustible Eco, donde el consumo medio fue de 8.04 L/100km en la transmisión automática y 9.84 L/100km en la manual, reflejando una reducción del 18.3% en el consumo del vehículo automático.

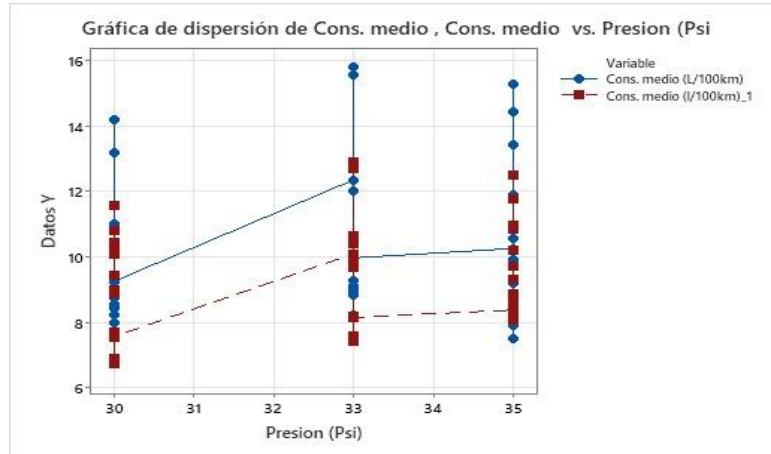
En la corrida 21, con una velocidad de 80 km/h, presión de 30 psi y combustible Súper, el vehículo automático presentó un consumo medio de 11.58 L/100km, mientras que el manual registró 14.17 L/100km, lo que representa una reducción del 18.3% en la transmisión automática. Un patrón similar se observó en la corrida 25, con una velocidad de 80 km/h, presión de 33 psi y combustible Súper, donde el vehículo automático tuvo un consumo de 12.91 L/100km, mientras que el manual alcanzó 15.80 L/100km, lo que representa una reducción del 18.3% en la transmisión automática.

Finalmente, en la corrida 35, con una velocidad de 80 km/h, presión de neumáticos de 35 psi y combustible Súper, el vehículo automático registró un consumo medio de 11.77 L/100km, mientras que el manual alcanzó 14.41 L/100km, evidenciando una reducción del 18.3% en la transmisión automática.

Para complementar el análisis, se evalúa el impacto de la presión de los neumáticos en la eficiencia del consumo de combustible. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 61, proporcionado una visión detallada de como varia el consumo en función de los diferentes niveles de presión.

Figura 61

Gráfica de dispersión de Consumo medio (TM), Consumo medio-1(TA) vs Presión



Fuente: (Autores, 2025)

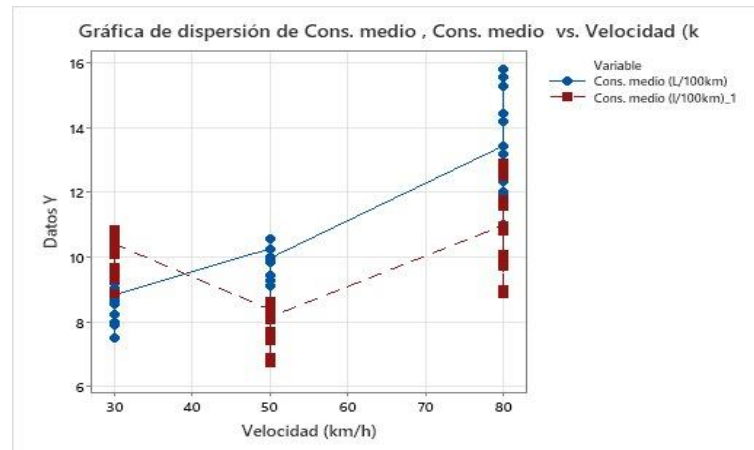
Los muestran que el incremento de la presión de los neumáticos reduce el consumo de combustible en ambas transmisiones, aunque con un efecto más pronunciado en la transmisión manual.

- **Transmisión manual:** Baja de 11.8 L/100 km a 10.9 L/100 km (7.6% de reducción).
- **Transmisión automática:** Disminuye de 9.5 L/100 km a 8.8 L/100 km (7.3% de reducción).

Para ampliar el análisis, se evalúa el impacto de la velocidad en la eficiencia del consumo. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 62, destacando como la variación de la velocidad influye en el rendimiento del consumo de combustible.

Figura 62

Gráfica de dispersión de Consumo medio (TM), Consumo medio-1(TA) vs Velocidad



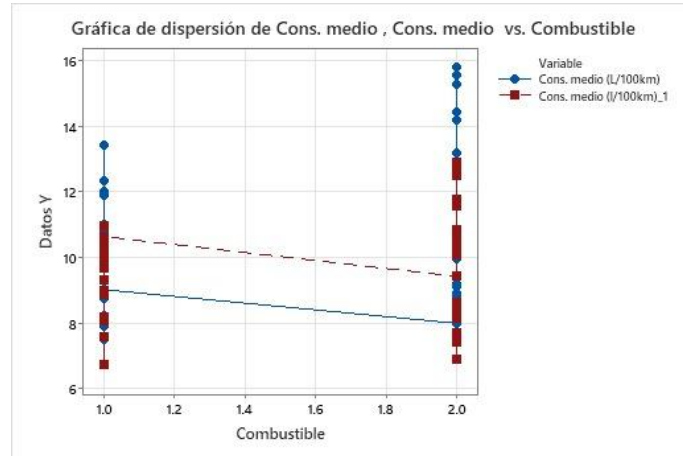
Fuente: (Autores, 2025)

Los resultados muestran que, en la transmisión manual, el consumo de combustible aumenta de 10.8 L/100 km a 30 km/h a 15.2 L/100 km a 80 km/h, con un incremento del 40.7%, lo que indica una reducción en la eficiencia de conversión de combustible en potencia útil a mayores velocidades. En diferencia, la transmisión automática muestra un consumo más estable, pasando de 9.1 L/100 km a 30 km/h a 11.7 L/100 km a 80 km/h, con un incremento menor del 28.6%. A 50 km/h, la transmisión manual ha aumentado su consumo en 1.7 L/100 km, mientras que la automática solo 0.8 L/100 km.

Para profundizar en el análisis, se evalúa el impacto del tipo de combustible en la eficiencia del consumo medio. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 63, proporcionando una visión detallada de como el tipo de combustible influye en el rendimiento del consumo de combustible.

Figura 63

Gráfica de dispersión de Cons. medio (TM), Cons.medio (TA) vs Combustible



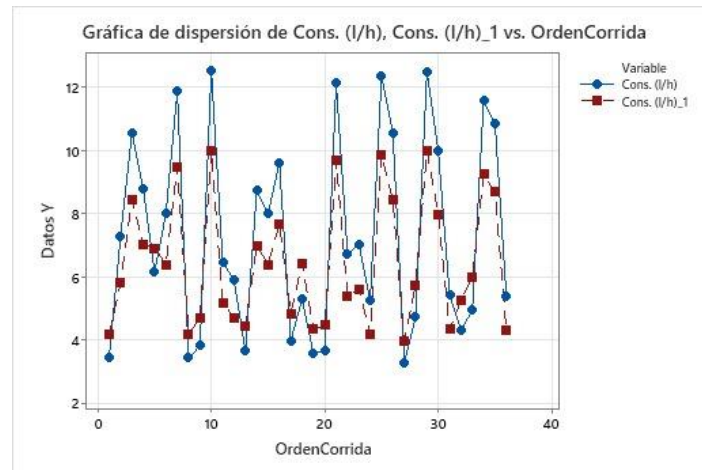
Fuente: (Autores, 2025)

Los resultados con gasolina eco, la transmisión manual tiene un consumo promedio de 10.5 L/100 km, mientras que la automática consume 9.2 L/100 km, por otra parte, al usar gasolina súper, el consumo disminuye en ambas transmisiones: la manual baja a 9.8 L/100 km, mientras que la automática se reduce a 8.7 L/100 km.

La Figura 64 presenta la gráfica de deserción del consumo de combustible(l/h), comparando los valores obtenidos para la transmisión manual y automática, en función del orden de corrida. Esta grafica permite analizar las variaciones en el consumo de combustible a lo largo de las diferentes corridas.

Figura 64

Gráfica de dispersión de Consumo (l/h) (TM), Consumo(l/h) (TA) vs Orden de corrida



Nota. Transmisión manual (línea azul), Transmisión automático (línea roja). Fuente: (Autores, 2025)

El resultado muestra que, la transmisión automática presenta menor consumo de combustible en comparación con la transmisión manual.

En la corrida 7, con una velocidad de 80 km/h, presión de neumáticos de 33 psi y combustible Eco, el vehículo automático presentó un consumo de 9.48 L/h, mientras que el manual registró 11.86 L/h, lo que representa una reducción del 20.1% en el consumo del vehículo automático. De manera similar, en la corrida 10, con las mismas condiciones de velocidad y presión, pero con combustible Súper, el consumo en la transmisión automática fue de 10.00 L/h, mientras que en la manual alcanzó 12.51 L/h, reflejando una reducción del 20.1% en el consumo del vehículo automático.

Un patrón similar se observó en la corrida 25, con una velocidad de 80 km/h, presión de 33 psi y combustible Súper, donde el vehículo automático registró un consumo de 9.86 L/h, mientras que el manual presentó 12.34 L/h, lo que representa una reducción del 20.1% en la transmisión automática. En la corrida 29, con una velocidad de 80 km/h, presión de 35 psi y combustible Súper, el vehículo automático mostró un consumo de 9.98 L/h, mientras que el

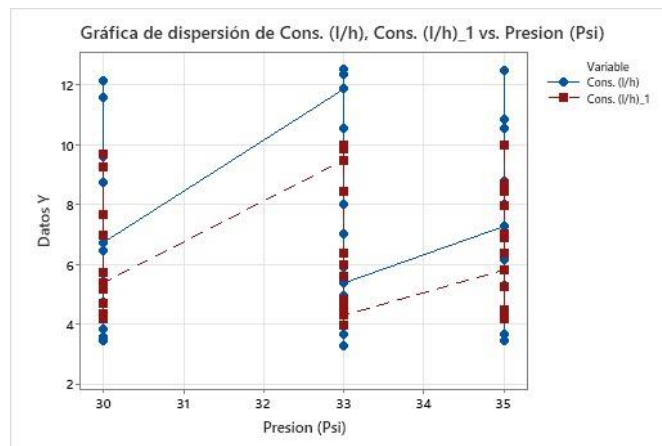
manual alcanzó 12.49 L/h, reflejando una reducción del 20.1% en la transmisión automática.

Finalmente, en la corrida 34, con una velocidad de 80 km/h, presión de 30 psi y combustible Súper, el vehículo automático registró un consumo medio de 9.24 L/h, mientras que el manual alcanzó 11.57 L/h, lo que representa una reducción del 20.1% en la transmisión automática.

Para evaluar el impacto de la presión de los neumáticos en la eficiencia del consumo de combustible, la figura 65 presenta la gráfica de dispersión de consumo, proporcionando una visión clara de cómo diferentes niveles de presión afectan el consumo de combustible.

Figura 65

Gráfica de dispersión de Consumo (l/h) (TM), Consumo(l/h) (TA) vs Presión (Psi)



Fuente: (Autores, 2025)

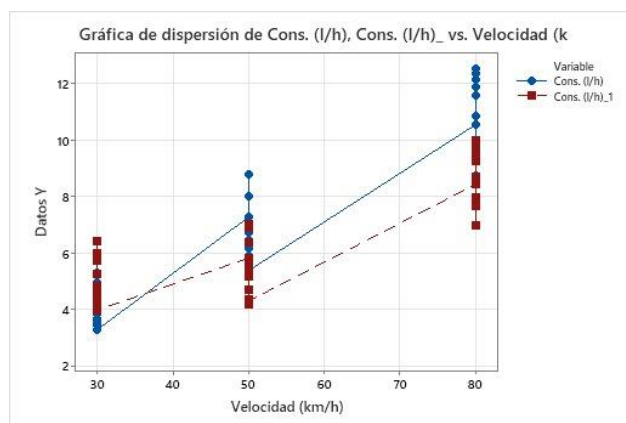
Al analizar el análisis, se observa que, en la transmisión manual, el consumo pasa de 6.9 L/h a 30 PSI a 9.5 L/h a 35 PSI, un aumento del 37.7%. En la automática, sube de 5.1 L/h a 6.8 L/h, lo que representa un incremento del 33.3%.

Para analizar el efecto de la velocidad en el consumo de combustible, la Figura 66 presente la gráfica de dispersión correspondiente, permitiendo observar como varían el

consumo de consumo de combustible a medida que cambian la velocidad del vehículo.

Figura 66

Gráfica de dispersión de Consumo (l/h) (TM) Consumo (l/h) (TA) vs Velocidad



Fuente: (Autores, 2025)

En concordancia con el análisis previo sobre el consumo y la influencia de la presión de los neumáticos, los resultados indican que el aumento de la velocidad impacta en el consumo de combustible en ambas transmisiones.

A 30 km/h, la transmisión manual registra un consumo de 5.8 L/h, mientras que en la automática es de 4.9 L/h. A 50 km/h, el consumo sube a 7.3 L/h en la manual y 5.9 L/h en la automática, reflejando un aumento intermedio antes del punto más alto. Finalmente, a 80 km/h, la transmisión manual alcanza 12.3 L/h, mientras que la automática llega a 9.2 L/h.

Para evaluar como el tipo de combustible influye en el consumo de combustible, se presentan la Figura 67, que gráfica de dispersión de consumo, permitiendo observar la relación entre el tipo de combustible y el consumo de combustible del vehículo.

Figura 67

Gráfica de dispersión de Cons(l/h) (TM)(TA) vs Combustible

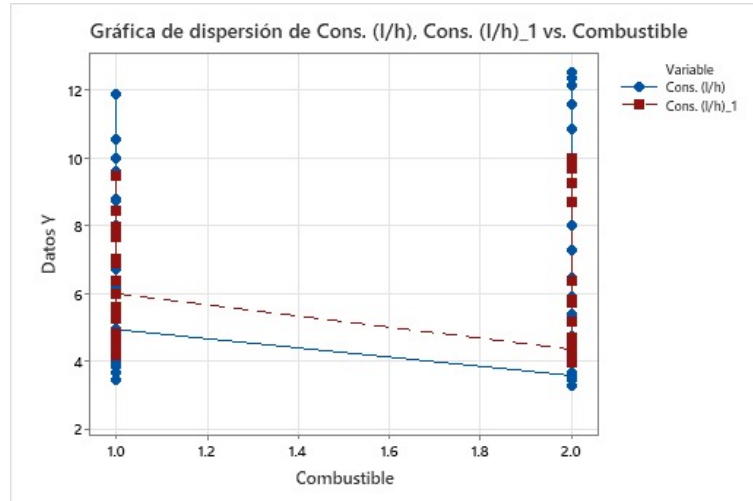
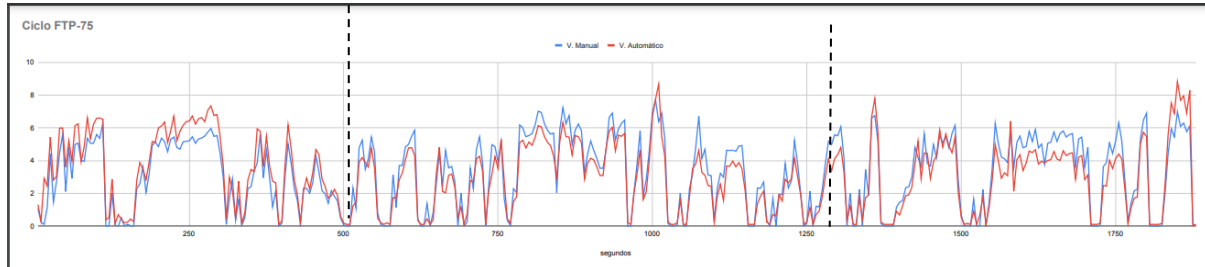


Figura 68

Gráfica de consumo de combustible en ciclo de conducción FTP-75



Fuente: (Autores, 2025)

Analizando los resultados, se observa que la transmisión automática presenta una curva más estable, con un consumo más constante a lo largo del ciclo. La transmisión manual muestra mayores fluctuaciones, con momentos de consumo bajo seguidos de incrementos abruptos. En las fases de aceleración y desaceleración, el consumo de la transmisión automática se mantiene más controlado, mientras que en la manual se observan variaciones más pronunciadas debido a la intervención del conductor en los cambios de marcha.

Para comprender mejor estas diferencias, se analiza el comportamiento del consumo en cada fase del ciclo FTP-75.

- 1. Arranque en Frío (0 - 505 segundos)** El motor opera en condiciones de baja temperatura, se observa que la transmisión manual presenta un consumo más variable, con valores que oscilan entre 1.06 L/h y 5.59 L/h, lo que refleja una menor estabilidad en la combustión. En cambio, la transmisión automática inicia en 1.30 L/h y alcanza 6.58 L/h, mostrando una progresión más uniforme y estable en la demanda de combustible. Además, en la transmisión manual se evidencian caídas bruscas en el consumo, lo que indica momentos de desaceleración con reducción de la demanda de combustible, mientras que en la transmisión automática el consumo se mantiene más constante.

- 2. Conducción urbana (506 - 1370 segundos)**, caracterizada por constantes aceleraciones y frenadas, en donde la transmisión manual mantiene un consumo más irregular, variando entre 3.5 y 6.9 L/h, con caídas ocasionales cercanas a 0 L/h en momentos de desaceleración. En contraste, la transmisión automática mantiene valores más estables, entre 4.1 y 7.76 L/h, lo que sugiere una mejor regulación electrónica del suministro de combustible. Durante las aceleraciones, el consumo de la transmisión manual muestra picos abruptos, mientras que la transmisión automática suaviza las transiciones gracias a la gestión electrónica de los cambios de marcha. Esto indica que la transmisión automática permite una mejor distribución del consumo en tráfico urbano.
- 3. Fase de arranque en caliente (1371 - 1874 segundos)**, donde el motor ya ha alcanzado su temperatura óptima de operación, se observa una reducción en la variabilidad del consumo en ambas transmisiones. La transmisión manual mantiene valores entre 4.0 y 6.2 L/h, con menos fluctuaciones en comparación con las fases anteriores, mientras que la transmisión automática sigue un patrón de consumo estable, aunque con algunos picos asociados a la gestión del convertidor de par. En esta fase, la diferencia de consumo entre ambas transmisiones es menor, aunque la automática sigue presentando un consumo ligeramente superior.

3.4. Prueba de Ruta

En la prueba de ruta se analiza el volumen de combustible consumido por la transmisión manual y automática. Con un recorrido total de 17.7 km dividido en distintos sectores de conducción: urbano con un recorrido de 6.7 km, rural con 5.6 km y autopista con 5.4 km. Los datos obtenidos se presentan en la Tabla 11 y en la Figura 69.

Tabla 11

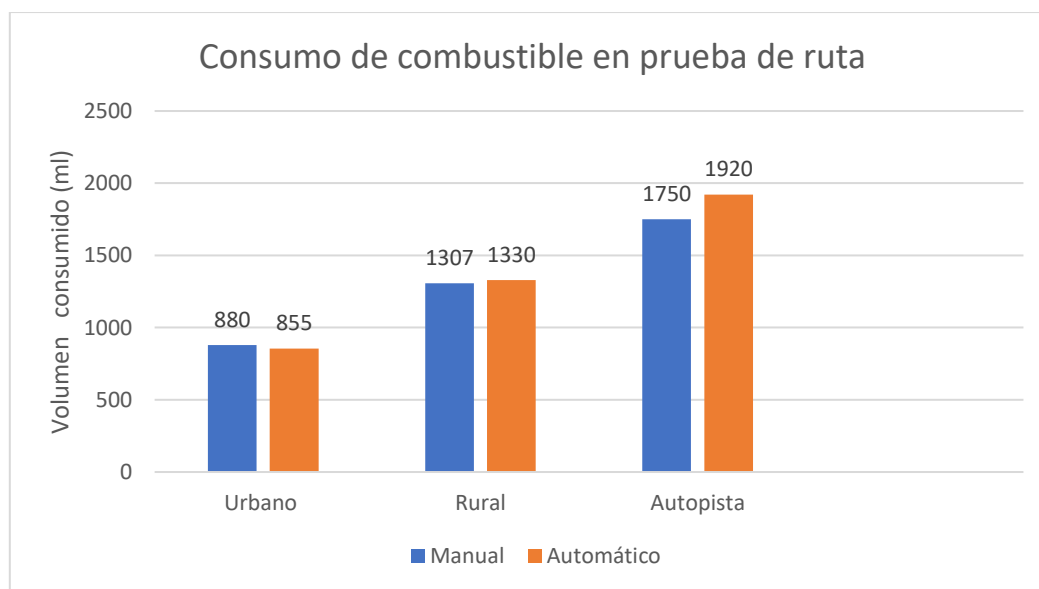
Volumen de combustible consumido

| Sector / vehículo | Manual | Automático | Número de pruebas |
|----------------------------------------------|--------|------------|-------------------|
| Volumen total consumido por cada sector (ml) | | | |
| Urbano | 880 | 855 | 3 |
| Rural | 1307 | 1330 | 3 |
| Autopista | 1750 | 1920 | 3 |

Nota. En esta tabla se observa el volumen total consumido por cada sector recorrido. Fuente: (Autores, 2024)

Figura 69

Consumo de combustible en prueba de ruta



Fuente: (Autores, 2025)

Los resultados presentados en la Figura 74, evidencian que la transmisión manual registra un consumo total de 880 ml, mientras que el vehículo automático consumió 855 ml. En cambio, en el sector rural la transmisión manual consume 1307 ml, mientras que la automática tiene un consumo de 1330 ml. A diferencia del sector urbano, en este caso el

vehículo automático muestra un mayor consumo respecto a la versión manual, aunque la diferencia es mínima (23 ml más).

En sector de autopista, el consumo de combustible para la transmisión manual fue es 1750 ml, mientras que el vehículo automático registró un consumo mayor de 1920 ml. La diferencia entre ambos es de 170 ml a favor de la transmisión manual, lo que indica que la transmisión automática presenta una menor eficiencia en este tipo de conducción.

En el sector urbano, la transmisión automática demuestra un menor consumo, lo que sugiere una mejor optimización en situaciones de tráfico denso y cambios frecuentes de velocidad. En el sector rural, la diferencia de consumo entre ambas transmisiones es mínima, lo que indica que la eficiencia es prácticamente similar en este tipo de conducción. En el sector autopista, la transmisión automática muestra un consumo significativamente mayor, lo que puede ser un indicativo de un menor rendimiento en trayectos prolongados y a velocidades constantes.

Estos resultados evidencian que el comportamiento del consumo de combustible varía dependiendo del tipo de conducción y que, si bien la transmisión automática puede ofrecer ventajas en entornos urbanos, su eficiencia disminuye en carretera.

Conclusiones

- Tras el análisis, se concluye que la transmisión automática presenta un mejor rendimiento y menor impacto ambiental, mientras que la manual ofrece mayor torque y respuesta dinámica.
- La transmisión automática evidencia un 8 a 10 % más de CO₂ y una reducción de HC de 10 a 12 % en comparación con la manual, lo que significa que el combustible se aprovecha mejor. Este rendimiento se maximiza a 80 km/h, donde mejora hasta un 12 % en comparación con la manual destacándose en altas velocidades. Asimismo, al ajustar la presión de neumáticos a 33 o 35 PSI, la eficiencia mejora hasta un 10 %, favoreciendo especialmente a la transmisión automática.
- Por otro lado, la transmisión manual genera hasta un 15 % menos de CO y un 5–8 % más de torque, Resulta beneficioso en bajas velocidades (30 km/h), donde el mayor torque mejora la respuesta del motor. Sin embargo, este rendimiento se ve afectado por el tipo de combustible: con gasolina Eco (85 octanos), las emisiones de HC y CO aumentan, reduciendo el rendimiento, mientras que con gasolina Súper (92 octanos), ambas transmisiones mejoran su rendimiento, aunque la automática aprovecha mejor este beneficio, logrando una reducción de HC de hasta 15 % en altas velocidades.
- En cuanto al consumo medio (L/100 km), la transmisión automática consume un 8.4 % más de combustible en promedio. A 80 km/h, esta diferencia se amplía hasta un 10 %, ya que la automática mantiene mejor la relación de marcha y optimiza la entrega de potencia. Respecto al consumo instantáneo (L/h), la transmisión automática consume un 11.7 % menos que la manual. A bajas velocidades (30 km/h), la diferencia de consumo entre ambas transmisiones es menor, lo que significa que, en entornos de baja velocidad, la manual no es tan desventajosa en comparación con la automática.
- Además, una mayor presión en los neumáticos (35 PSI) reduce el consumo en ambas

transmisiones, pero el efecto es más notable en la manual, donde el ahorro puede alcanzar un 7 %. En cuanto al tipo de combustible, la gasolina Súper (92 octanos) mejora el consumo en ambas transmisiones, pero el impacto es mayor en la automática, consolidando aún más su ventaja en rendimiento.

- El análisis del ciclo FTP-75 indica que la transmisión automática mantiene un consumo más estable, con un 12.8%. No obstante, la transmisión manual presentó un mayor consumo en la fase de arranque en frío, con un 5.4% más de gasto de combustible, lo que sugiere que la electrónica de la automática optimiza mejor el suministro de combustible en este tipo de condiciones.
- De igual forma, se puede constatar que el desempeño del vehículo varía dependiendo del tipo de transmisión y las condiciones de conducción. La transmisión manual ofrece mayor rendimiento y menor consumo en carretera. La transmisión automática, en cambio, proporciona un consumo más estable y menor en ciudad, con una mejor gestión del combustible en tráfico urbano, aunque con un mayor consumo a velocidades constantes en carretera.
- Finalmente, mediante el estudio y con la metodología propuesta se puede deducir que la elección de la transmisión dependerá de las necesidades del usuario, priorizando el consumo y la estabilidad en entornos urbanos con la automática, o un mejor rendimiento en carretera con la manual.

Recomendaciones

- Se sugiere para un futuro expandir el estudio a un margen más grande, de tal manera que no solo se analice un modelo de vehículo con su versión manual y automático, sino que se estudie la mayoría del parque automotor. Además, expandir el estudio con más factores como son: la fuerza tractora (N), potencia a la rueda (kW), potencia normal (kW), consumo por cada 100km (L/100 km), y gases como el oxígeno (O₂) y óxido de nitrógeno (NOX).
- Para mejorar la eficiencia, se recomienda el uso de neumáticos con presión óptima o la recomendada por el fabricante, ya que reduce la resistencia a la rodadura y el consumo de combustible.
- En trayectos urbanos, optar por una transmisión automática puede ser más conveniente para reducir el consumo y mejorar la comodidad de conducción. En carretera y viajes largos, una transmisión manual podría ser más eficiente en términos de consumo de combustible.
- Para conductores que manejan principalmente en entornos urbanos con tráfico denso, la transmisión automática es una opción más eficiente y cómoda. Para aquellos que realizan viajes largos en carretera, la transmisión manual puede ofrecer un mejor rendimiento en términos de consumo de combustible y torque. En zonas rurales con variaciones de terreno, ambas transmisiones tienen rendimientos similares, por lo que la elección dependerá de la preferencia del conductor.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, B., & Zhunio, M. (2022). *Desarrollo de un algoritmo de aprendizaje automático para el incremento de la eficiencia del motor de un vehículo hyundai getz 1.5 crdi* [Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23174/1/UPS-CT010032.pdf>
- Chloe. (2023). *Transmission Functions Explained*. Chloe's Auto Repair & Tire. <https://www.chloesautorepair.com/what-does-the-transmission-do>
- Cruz, F., & Motoche, H. (2024). Implementación de un Banco Didácdel Ecuador, A. de E. A. (2020). Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador. Obtenido de El Sector Automotor define cinco propuestas claves: <https://www>
- Límites de Velocidad—Multas—Rango Moderado—Portal de Tránsito Ecuador. (2024, febrero 3). <https://transitoecuador.com/multas/limites-de-velocidad/>
- tico para Cajas Automáticas DSG 7 para Pruebas de Funcionamiento y Detección de Fallas*. <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/7623/1/UIDE-G-TMA-2024-120.pdf>
- Espinoza, J. (2021). *Desarrollo de un sistema semi-automático ergonómico para el diagnóstico de cajas de transmisión manuales automotrices hasta 3000 cm³* [Grado, Universidad Técnica de Ambato]. <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/32667/1/024%20ADE.pdf>
- Faris, W. F., Rakha, H. A., Kafafy, R. I., Idres, M., & Elmoselhy, S. (2024). Vehicle fuel consumption and emission modelling: An in-depth literature review. *International Journal of Vehicle Systems Modelling and Testing*, 6(3–4), 318–395. <https://doi.org/10.1504/IJVSMT.2011.044232>
- Gómez, J. (2024). *Funcionamiento Eficiente de la Transmisión en Vehículos*. Santana Motors. <https://santanamotors.es/funcionamiento-de-la-transmision-en-los-vehiculos/>
- Guerrero, J., & Nieto, L. (2018a). Rendimiento de combustible en vehículos ligeros de venta en México.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/601693/Cat_logo_de_Rendimientos_2020_v2.0.12.pdf

Guerrero, J., & Nieto, L. (2018b). *Tipos de transmisiones para el automóvil, y sus beneficios en eficiencia energética*. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/313832/transmision.pdf>

Hurtado, J. (2022). *Diseño de un Banco Didáctico para Cajas Automáticas CVT* [Grado, Universidad Internacional del Ecuador]. <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/5573/1/UIDE-G-TMA-2022-2.pdf>

Kia Ecuador. (2024). *Kia Sportage - SUV*. <https://www.kia.com/ec/showroom/sportage-nq5/features.html>

Kia Motors. (2011). *2011 Kia Sportage Platinum Review - AnyAuto*. <https://www.anyauto.com.au/2011-kia-sportage-platinum-review/>

Lescano, J., & Medina, J. (2017). *Estudio de los materiales de una transmisión automática f4a51 del hyundai santa fe modelo 2003 para la fabricación nacional* [Universidad Internacional del Ecuador]. <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2216/1/T-UIDE-1603.pdf>

Macmillan. (2018). *Principios básicos de los sistemas de transmisión en vehículos*. https://www.macmillaneducation.es/wp-content/uploads/2018/09/sistemas_transmision_libroalumno_unidad1muestra.pdf?utm_source=chatgpt.com

Matailo, M., & Pacheco, A. (2021). *Modelado del tren de potencia de un vehículo liviano ciclo otto mediante driveline/simscape para el análisis de desempeño en la ciudad de cuenca*. Universidad Politécnica Salesiana.

NTE INEN 2656, Clasificación vehicular (2016).

Ortiz, J. L. R. (2018). *Evolucion de las Transmisiones Mecanicas en los Vehiculos*. https://www.academia.edu/9663262/Evolucion_de_las_Transmisiones_Mecanicas_en_los_Vehiculos

Palacios, K. (2024). *Transmisión automática vs. manual, ¿Cómo afecta el consumo de combustible?* -

AmericaRetail y Malls. <https://america-retail.com/paises/colombia/transmision-automatica-vs-manual-como-afecta-el-consumo-de-combustible/>

Pérez, P., & Quito, C. (2018). *Determinación de los ciclos de conducción de un vehículo categoría M1*. Universidad Politécnica Salesiana.

Roche, C., & Salamea, J. (2017). *Compendio de las cajas de cambios DSG (Direct Shift Gearbox)* [Grado]. Universidad Politécnica Salesiana.

Sáenz, J., & Washima, E. (2023). *Generación De Superficies De Eficiencia Energética Para Un Vehículo Eléctrico Mediante Pruebas Experimentales* [Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25678/1/UPS-CT010745.pdf>

Vargas, J. D. , Zamora, J. C., Razón, J. P. , & Cano, M. (2020). Simulación del control de transmisión automática de un automóvil. *Pistas Educativas*, 136. <http://itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/2345/1813>

Villarreal, L., & León, C. (2023). *Diseño y construcción de un banco didáctico para el control de cambio de marchas de una transmisión manual para el taller de la escuela de ingeniería automotriz* [Grado, Escuela Politécnica Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2617/1/65T00071.pdf>