



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**ANÁLISIS DE CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES  
CONTAMINANTES RELACIONADAS CON LA VIDA ÚTIL DEL EMBRAGUE EN  
VEHÍCULOS TIPO M1 EQUIPADOS CON UN MOTOR DE ENCENDIDO  
PROVOCADO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.**

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

**AUTORES: RODOLFO FERNANDO QUILLUPANGUI PILAGUANO  
LEONARDO KEVIN RIVADENEIRA CARGUA**

**TUTOR: CARLOS DAVID ÁLVAREZ BASANTES**

Quito - Ecuador  
2023

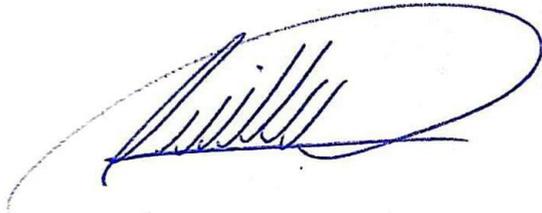
## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, Rodolfo Fernando Quillupangui Pilaguano con documento de identificación N° 1718438649 y Kevin Leonardo Rivadeneira Cargua con documento de identificación N° 1723557094 manifestamos que:

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

Quito, 11 de septiembre del año 2023

Atentamente,



---

Rodolfo Fernando Quillupangui Pilaguano  
1718438649



---

Kevin Leonardo Rivadeneira Cargua  
1723557094

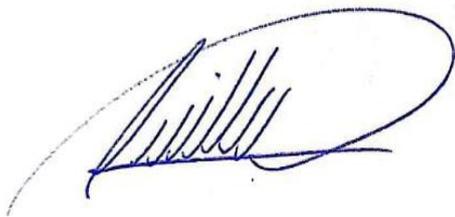
## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Rodolfo Fernando Quillupangui Pilaguano con documento de identificación No. 1718438649 y Kevin Leonardo Rivadeneira Cargua con documento de identificación No. 1723557094, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Artículo Académico: “Análisis de consumo específico de combustible y emisiones contaminantes relacionadas con la vida útil del embrague en vehículos tipo M1 equipados con un motor de encendido provocado en el Distrito Metropolitano de Quito.”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Automotrices, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

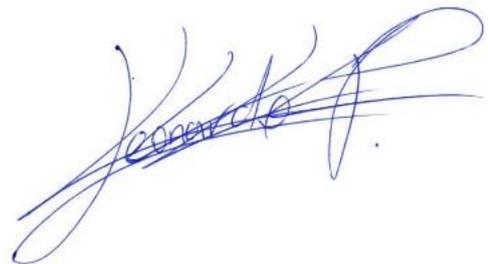
Quito, 11 de septiembre del año 2023

Atentamente,



---

Rodolfo Fernando Quillupangui Pilaguano  
1718438649



---

Kevin Leonardo Rivadeneira Cargua  
1723557094

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Carlos David Alvarez Basantes con documento de identificación N° 0604240796 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS DE CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES RELACIONADAS CON LA VIDA ÚTIL DEL EMBRAGUE EN VEHÍCULOS TIPO M1 EQUIPADOS CON UN MOTOR DE ENCENDIDO PROVOCADO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO., realizado por Rodolfo Fernando Quillupangui Pilaguano con documento de identificación N° 1718438649 y Kevin Leonardo Rivadeneira Cargua con documento de identificación N° 1723557094, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción: Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 11 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Ing. Carlos David Alvarez Basantes, MI.

0604240796

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente proyecto a mi madre Alicia, el motor de todos mis sueños y quien me ayudado durante todo este camino, siempre colmándome de amor y alegría, mi admiración hacia ella me motiva a soñar en grande y cumplir cada uno de mis sueños

A mi Padre y hermana quienes fueron un farro de luz en mi vida y me ensaaron muchas cosas vitales para la vida y me encaminaron en un buen sendero, que el universo los llene de bendiciones en el lugar en el que se encuentren ahora.

Rodolfo Quillupangui

Este presente proyecto está dedicado para mis padres, mi hermano y mi abuelita Rosita que forman parte de mi crecimiento personal.

Leonardo Rivadeneira

## **AGRADECIMIENTO**

Primero y, antes que nada, agradezco a Dios por darme brindarme la sabiduría y la fortaleza necesarias para continuar en este arduo camino.

Agradezco a mi familia por el apoyo incondicional, por cada momento brindado a lo largo de mi vida, son una parte fundamental en todos mis proyectos, ustedes son la motivación de mi día a día y sin su apoyo nada de esto sería posible, a mi pareja Samanta por todo su cariño y aliento brindado en estos años, siendo una fuerza que me impulsa a seguir volando en búsqueda de mis sueños.

Agradezco todos los amigos que se fueron sumando durante este hermoso camino, en especial a Nathy por brindarme su incondicional amistad en cada momento de mi vida y por todo su apoyo en momentos decisivos.

Rodolfo Quillupangui

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a toda mi familia, principalmente a mis padres y mis abuelitas que son pilares fundamentales en este proceso, de igual manera a mi compañero de artículo que juntos hemos logrado esta grandiosa investigación, dedicar este triunfo a cada uno de los talleres, maestros, técnicos e Ingenieros que en algún momento me acogieron y supieron enseñarme con mucha paciencia la esencia de mi carrera a quien les debo mucho ya que sin ellos no lo hubiera conseguido.

A mis amigos que son parte del este gran proceso que es lograr culminar una importante etapa de la vida con sus ocurrencias y apoyo en todo momento, les deseo lo mejor en sus vidas. Para finalizar agradezco a la UPS por abrirme las puertas de sus aulas y talleres permitiéndome lograr mi formación profesional.

Leonardo Rivadeneira

# ANÁLISIS DE CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES RELACIONADAS CON LA VIDA ÚTIL DEL EMBRAGUE EN VEHICULOS TIPO M1 EQUIPADOS CON UN MOTOR DE ENCENDIDO PROVOCADO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

(ANALYSIS OF SPECIFIC FUEL CONSUMPTION AND POLLUTANT EMISSIONS RELATED TO CLUTCH LIFE IN M1 TYPE VEHICLES EQUIPPED WITH AN IGNITION ENGINE PROVOKED IN THE METROPOLITAN DISTRICT OF QUITO)

Carlos David Alvarez<sup>1</sup> Rodolfo Fernando Quillupangui<sup>2</sup> Kevin Leonardo Rivadeneira<sup>3</sup>

## Resumen

Este artículo presenta el análisis del desgaste en elementos del embrague, puesto que es el encargado de transferir la potencia del motor. Se evidencia la pérdida de torque, potencia y se reporta un aumento del consumo de combustible, aplicando una estimación teórica se evalúan las emisiones contaminantes sobre un vehículo tipo M1 equipado con un motor de encendido provocado, en el Distrito Metropolitano de Quito.

Para llevar a cabo esta investigación se va a realizar pruebas en un banco dinamométrico de rodillo, pruebas dinámicas en carretera en la cotidianidad del vehículo y se va a realizar una estimación analítica de las emisiones contaminantes. Se plantea un diseño experimental sobre los elementos que componen el embrague, tomando como factores el porcentaje de desgaste de los forros del disco de embrague y el porcentaje de desgaste de la placa de apriete.

Se estima que el desgaste de dichos elementos genera una pérdida de potencia media del 25,4% en comparación a un estado optimo, mientras que una pérdida de torque con una media de 27.48%, el consumo de combustible en condiciones óptimas es de 2,56 L/100km, el presentar condiciones mínimas de desgaste aumenta el consumo en un 3.06%, este incremento en el consumo especifico puede generar un impacto a la economía del usuario, así como un aumento en las emisiones contaminantes.

## Abstract

This article presents through an investigation the analysis of wear in clutch elements, since it is responsible for transferring the power of the engine. The analysis is performed the loss of torque, power and an increase in fuel consumption is reported, applying a theoretical estimation, pollutant emissions are estimated based on a vehicle type M1 equipped with a provoked ignition engine, in the Metropolitan District of Quito.

To carry out this research, tests will be carried out on a roller dynamometer, dynamic tests on the road in the daily life of the vehicle and an analytical estimation of pollutant emissions will be carried out. An experimental design is proposed on the elements that make up the clutch, taking as factors the percentage of wear of the clutch disc linings and the percentage of wear of the pressure plate.

It is estimated that the wear of these elements generate an average power loss of 25.4% compared to an optimal, While a loss of torque with an average of 27.48%, Fuel consumption under optimal conditions is 2,56 L/100km, Presenting minimal wear conditions increases consumption by 3.06%, This increase in specific consumption can generate an impact on the user's economy, as well as an increase in polluting emissions.

---

<sup>1</sup> Carrera de Ingeniería Automotriz, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito Campus Sur – Ecuador, ORCID: 0000-0001-6651-8329

Autor para correspondencia: calvarezb@ups.edu.ec

<sup>2</sup> Carrera de Ingeniería Automotriz, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito Campus Sur – Ecuador

<sup>3</sup> Carrera de Ingeniería Automotriz, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito Campus Sur – Ecuador

**Palabras Clave:** Dinamométrico, Emisiones contaminantes, Potencia, Pruebas de ruta, Torque.

**Keywords:** Dynamometer, Polluting Emissions, Power, Route Test, Torque.

## 1. Introducción

Esta investigación busca analizar la influencia que puede generar el desgaste de los elementos relacionados con el sistema de embrague en un vehículo, en el cual se va a considerar parámetros de potencia, consumo de combustible y la estimación teórica de las emisiones contaminantes, se estudia el rendimiento del vehículo bajo diferentes condiciones de desgaste de los forros del disco de embrague y placa de apriete en el cual se considera la rutina diaria del vehículo. Para este estudio se consideró una de las categorías de vehículos más vendidas en el Ecuador. Siendo así la categoría M1 de las más comercializadas a nivel nacional, con alrededor de 1,779.945 de vehículos, los cuales forman parte del parque automotor ecuatoriano [1].

Según la asociación de empresa automotrices del Ecuador (AEADE) en 2021 el parque automotriz en la provincia de Pichincha es alrededor de 951.398 vehículos [1], aproximadamente 220.000 vehículos, cuyas emisiones causan graves efectos en salud y medio el ambiente [2]. La contaminación del aire se debe en gran medida a el tráfico vehicular que se provoca en las horas de mayor carga vehicular, sumado a las malas condiciones mecánicas [3]. El uso prolongado de elementos mecánicos desgastados por su uso cotidiano genera la disminución del rendimiento del motor, lo que influye de manera directa en el consumo de combustible y un aumento en las emisiones contaminantes de un vehículo.

Siendo los elementos del motor y transmisión los de mayor desgaste y los que pueden producir mayores anomalías en el rendimiento de un vehículo, uno de los elementos que esta relacionado es el disco de embrague. El desgaste puede provocar pérdidas de energía causada por la fricción interna que se provoca por el desplazamiento del disco de embrague. Esta fricción constante que experimenta el disco de embrague durante su proceso de acoplamiento y desacoplamiento es la que produce un desgaste

en los forros de fricción de los discos de embrague y las deformaciones en los discos de fricción lo que puede resultar en una pérdida de potencia, torque y vibraciones molestas que afectan la comodidad del conductor [4]. En los vehículos este es el componente de mayor demanda en su funcionamiento, debido al papel que desempeña en la transmisión de potencia del vehículo [5].

El desgaste de los forros del disco de embrague, así como la placa de apriete del disco de presión, son los elementos que se encuentran sometidos a una fricción constante y que son susceptibles a ser reemplazados. Desde la perspectiva de la ingeniería, su relevancia está en constante crecimiento debido a las demandas cada vez mayores que se imponen sobre los componentes mecánicos, además de proponer nuevos retos para la ciencia de la tribología [6].

El estudio busca evaluar la influencia del desgaste de los diferentes elementos del sistema de embrague, donde se concediera parámetros sobre el consumo de combustible y las emisiones contaminantes, esto puede ayudar a identificar y tomar las medidas necesarias para minimizar el impacto ambiental de los vehículos.

## 2. Materiales y Métodos

Se propone un diseño experimental para evaluar el torque, la potencia, consumo de combustible y emisiones contaminantes de un vehículo categoría M1 donde se determinan dos factores de estudio, el espesor de los forros del disco de embrague y el espesor de la placa de apriete del plato de presión son las variables en las cuales se aplican las pruebas dinámicas y se consideran dos niveles donde se tienen los elementos nuevos y los elementos totalmente gastados.

### 2.1. Materiales

El estudio se realiza con un vehículo de la marca Soueast modelo DX3 con año de fabricación

2021, el cual se encuentra en un estado óptimo de operación y al cual se le realiza el mantenimiento correspondiente para evitar la influencia de otros parámetros externos al sistema de embrague. Las características técnicas se describen en la Tabla 1.

Tabla 1: Características técnicas del vehículo de pruebas [7].

Denominación	Valor	Unidades
Motor	1.5 L	L
Potencia máxima	118 @ 6.000	hp@rpm
Torque	143 @ 4.000	N.m@rpm
Cilindrada	1499	cm <sup>2</sup>
Numero de cilindros	4	-
Trasmisión	Manual	-
Velocidades	5	-

El dispositivo ELM327 permite obtener datos de la unidad de control del automóvil y enviar esta información a un software que permita la interpretación de datos de la ECU [8]. Este dispositivo es compatible al protocolo ISO 157665-4CAN11/500 que usa el vehículo. Para receptor los datos obtenidos por el dispositivo ELM327 se utiliza la aplicación Torque Pro, esta aplicación permite el almacenamiento en tiempo real de información proveniente de los sensores y actuadores del vehículo [9].

Las pruebas se realizaron en un banco dinamométrico de rodillo de marca Saenz. Estos rodillos permiten evaluar el impacto de las modificaciones en el vehículo [10]. Sus características se detallan en la Tabla 2, El cual cumple con las normativas SAE J 1349, DIN70020, e ISO 1585 para torque y potencia en vehículos [11]. El rodillo dinamométrico incorpora un software para registrar e informar el rendimiento del vehículo, el sistema cuenta con canales de adquisición de datos y una interfaz programada con la norma J1349[12].

Tabla 2: Características dinamómetro [13]

Marca:	Sáenz
Tipo:	Dinamómetro de inercia
Capacidad:	2000 (HP)
Interfaz:	SMAC

El desgaste minino de forros del disco de embrague, así como para la placa de apriete se lo realiza mediante un desbaste en torno. Se

aplica un proceso de refrentado para desbaste de una forma uniforme [14]. Esto lo hace idóneo para el estudio debido al nivel de precisión que se puede alcanzar. Para el desbaste del disco de embrague se toma en cuenta la altura que tiene el forro con el remache interno, la profundidad mínima que debe tener es de 0.03 milímetros (mm) desde el remache hasta la superficie del forro, en el caso del plato de presión se toma en cuenta la altura que tiene la placa con el remache hasta la placa de apriete, la profundidad mínima que debe tener es de 0.07 milímetros (mm), se debe tomar en cuenta estos valores ya que si la medida es menor los remaches podrán causar daños considerables tanto al volante de inercia como a la placa de apriete del disco.

Para el análisis de las emisiones contaminantes se aplica una estimación analítica la cual se calcula con relación al consumo de combustible en L/100km de esta forma obtener los valores de CO y CO<sub>2</sub>. Estas dos emisiones son generadas en un vehículo M1 [15].

## 2.2. Métodos

### 2.2.1. Diseño factorial

El diseño factorial se realiza tomando en cuenta dos factores para el análisis [16]. En este caso los forros del disco de embrague y la placa de apriete del plato de presión y dos niveles determinados como estado optimo y estado desgaste mínimo, esto da como resultado condiciones experimentales como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3: Diseño factorial

Condición	Factores	Nivel
1	Forro de disco de embrague	Optimo
	Placa de apriete de plato de presión	Optimo
2	Forro de disco de embrague	Desgaste mínimo
	Placa de apriete de plato de presión	Optimo
3	Forro de disco de embrague	Optimo
	Placa de apriete de plato de presión	Desgaste mínimo

4	Forro de disco de embrague	Desgaste mínimo
	Placa de apriete de plato de presión	Desgaste mínimo

Las variables de respuesta a analizar son el consumo de combustible, torque, potencia las cuales están relacionadas al rendimiento del vehículo y análisis proporciona una comparativa.

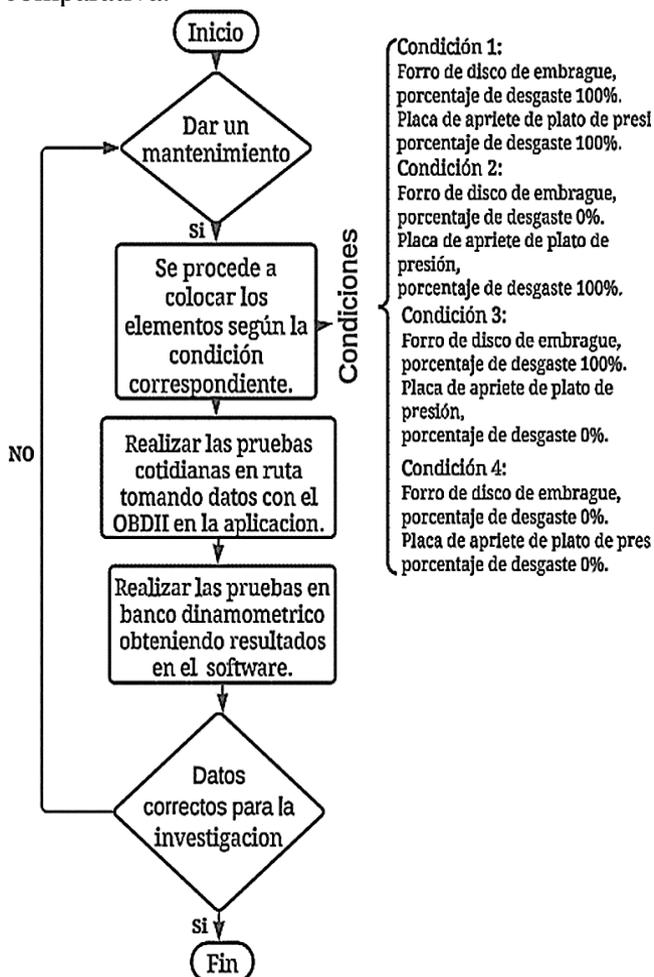


Figura 1. Flujograma de diseño factorial

### 2.2.2. Protocolo en el banco dinamométrico

Las pruebas realizadas en un rodillo dinamométrico proporcionan datos y graficas de torque, potencia del motor y potencia transmitida [17]. En donde se analiza la potencia generada en las ruedas de tracción del vehículo y proporciona información sobre la potencia disponible para impulsarlo [18].

El protocolo es el siguiente:

- Encender el vehículo y esperar a que alcance su temperatura de funcionamiento normal.
- Verificar las revoluciones por minuto (RPM) del motor registradas en el equipo.
- Encender el ventilador.
- Acelerar el vehículo hasta alcanzar la cuarta marcha (relación de transmisión 1:1), sin exceder los 50 km/h.
- Iniciar la prueba de medición.
- Presionar completamente el acelerador hasta que el equipo indique que se debe presionar el embrague y, finalmente, un mensaje señale que se acelere nuevamente hasta que se complete la medición.
- Apagar el ventilador.
- Exportar datos en archivo Excel

### 2.2.3. Protocolo pruebas dinámicas o pruebas de ruta

Parte de las pruebas dinámicas se basa en el análisis del funcionamiento del vehículo en su rutina cotidiana el cual transita por el Distrito Metropolitano de Quito el mismo que tiene una ruta semanal, para el estudio se toma en cuenta las restricciones de circulación vehicular en la ciudad. La rutina del vehículo se basa en dos trayectos comprendidos a lo largo del día, su rutina matutina como se observa en la Figura 2 consiste en movilizarse desde la avenida Quitumbe Ñan y Tamia, hasta el hospital Quito No.1 de la Policía Nacional ubicado en la avenida Mariana de Jesús, con un reposo del vehículo de aproximado de 9 horas, su ruta vespertina consiste en retornar a su estación de descanso habitual como se observa en la Figura 3. Estas rutas cubren tramos considerados como de alto flujo vehicular. El protocolo es el siguiente:

- Uso igual de combustible, para el estudio, para el estudio, gasolina extra (85 octanos)
- Instrumentación del vehículo
- Ubicar el vehículo en el punto de partida
- Estabilizar el vehículo a la temperatura normal de funcionamiento
- Ejecutar el trayecto habitual
- Apagar

- Exportar datos en archivo Excel

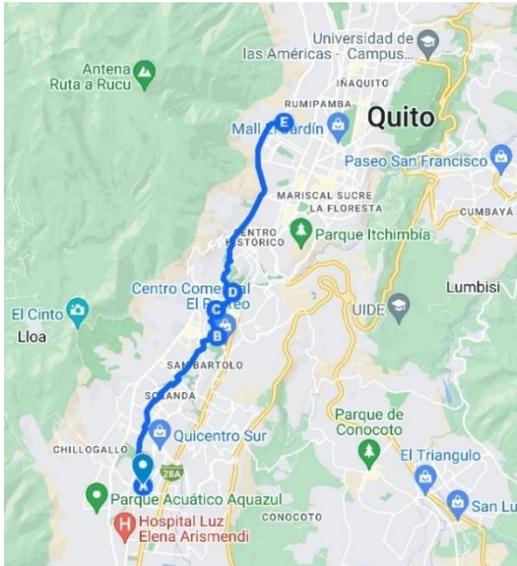


Figura 2. Trayecto partida del vehículo

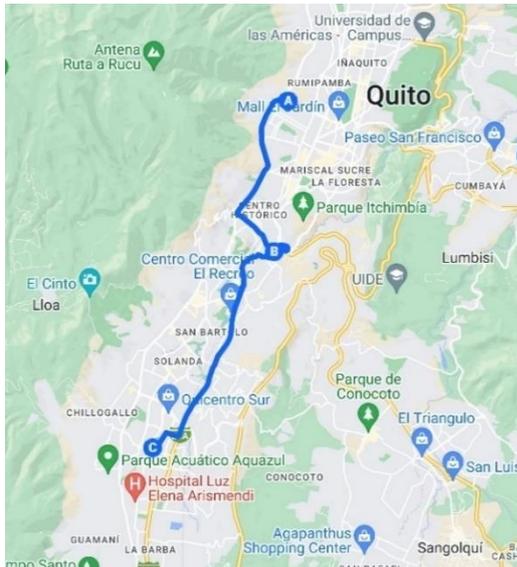


Figura 3. Trayecto retorno del vehículo

## 2.4. Estimación analítica de las emisiones contaminantes

De acuerdo con Milla y Cedeño se puede establecer un modelo base, de manera simplificado referente a la combustión que determinara variables que dependerán del análisis [19].

Se estiman valores aproximados relacionados a los componentes que se encuentran en las emisiones contaminantes que puede provocar un vehículo se toma como referencia el combustible consumido que se utilizó durante el viaje. Se considera el CO<sub>2</sub> como una emisión que se producen los vehículos y son considerados como un problema de salud [20].

Se analiza la estimación de CO y CO<sub>2</sub> que puede producir el vehículo se considera la huella de carbono para el análisis.

## 3. Resultados y Discusión

### 3.1. Pruebas de banco dinamométrico

#### 3.1.1. Potencia

Los valores de potencia que se obtiene en el banco dinamométrico brindan una comparativa grafica del rendimiento del vehículo hasta alcanzar las 6200 revoluciones por minuto (rpm) como se observa en Figura 4 en el cual se expresan los valores de potencia de cada una de las condiciones presentadas, donde los valores máximos que se puede encontrar en cada condición varían, esto si se toma en cuenta el valor del primer estado como referencia para el análisis de las diferentes condiciones planteadas, donde el valor de la cuarta condición en la cual es estado de los foros y placa de apriete se encuentran en estado mínimo de desgaste, difiere con diferencia media del 28,52%. Los valores de la segunda condición.

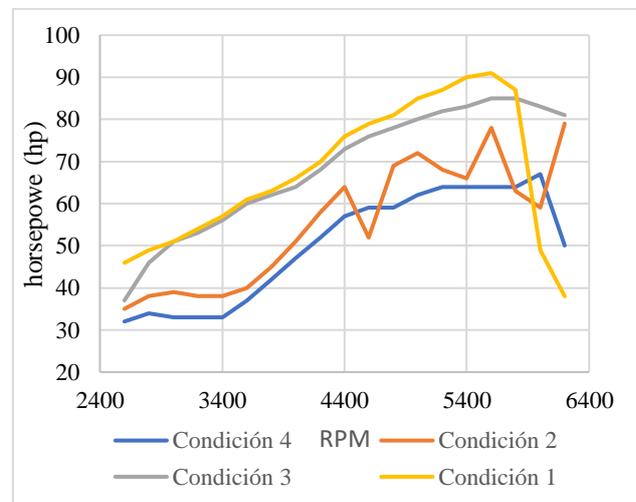


Figura 4. Valores de potencia en banco dinamométrico

Los valores máximos que llega alcanzar la cuarta condición son de 67 hp como se observa en la Tabla 5. con relación al promedio que obtiene en el banco dinamométrico la cual se observa en la Figura 4, donde es la condición de mas bajo desempeño a comparación del resto.

Tabla 4: Valores de potencia en banco dinamométrico

Condición	Media	Máximo	Mediana	Unidad
1	70,18	91	66	hp
2	55,37	79	58	hp
3	68,58	85	73	hp
4	50,16	67	52	hp

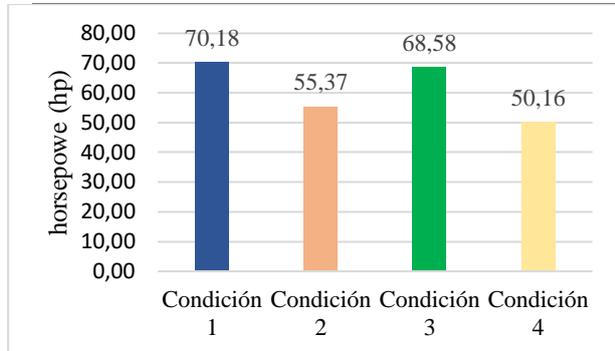


Figura 5. Promedio de potencia del vehículo en banco dinamométrico

### 3.1.2. Pruebas dinamométricas de torque

Existen punto en los que intersecan los valores de la tercera condición con los valores de la primera, el desgaste por parte de la placa de apriete genera un deslizamiento esto se lo puede evidenciar a 2500 rpm, donde el torque inicial es inferior. La segunda condición de desgaste en la que se generan picos y con un descenso de valores, la fricción provoca un calentamiento interno lo cual provoca un deslizamiento esto se evidencia en su análisis de torque y potencia, En la figura 5 y 6.

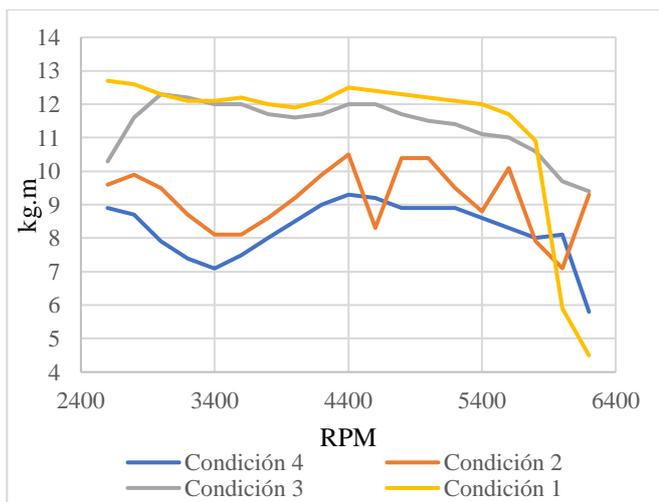


Figura 6. Valores de torque en banco dinamométrico

Los valores mas bajos de torque se encuentran en la cuarta condición, con una potencia máxima de 9,30 kg.m como se muestra en la Tabla 5, a comparación de la primera condición

la cual alcanza un máximo de 12,7 kg.m esto denota una diferencia de en sus puntos más altos.

Tabla 5: Valores de torque en banco dinamométrico

Condición	Media	Máximo	Mediana	Unidad
1	11,39	12,7	12,1	kg.m
2	9,15	10,5	9,3	kg.m
3	11,35	12,3	11,6	kg.m
4	8,26	9,3	8,5	kg.m

Los valores promedio de torque en cada una de las condiciones como se observa en la Figura 7, la segunda y cuarta condición tienen una diferencia de 0.89 kg.m una respecto a la otra.

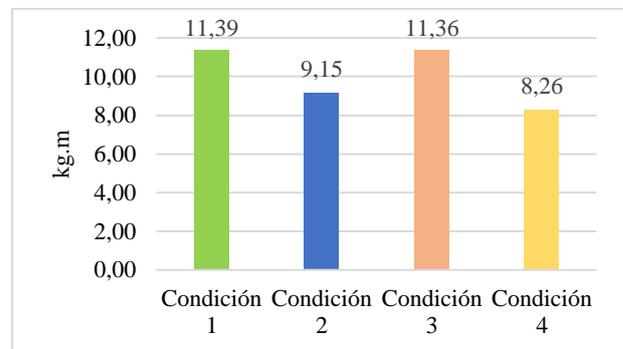


Figura 7. Media de torque en banco dinamométrico

### 3.2 Pruebas de ruta

#### 3.2.1. Torque

Se estima un promedio en relación con las pruebas realizadas en cada una de las condiciones que se presenta en el estudio, en la Tabla 6, se observan valores relevantes respecto al torque en el vehículo, el cual el valor requerido por vehículo para transmitirlo a las ruedas, tomando la primera y cuarta condición, difieren en un 37,39% en sus valores, la primera condición requiere menos torque a diferencia de la cuarta condición la cual tiene un valor más alto a comparación del resto, existe una relación entre la tercera condición respecto a la primera, con una diferencia del 2,51% de torque requerido.

Tabla 6: Valores estimados en pruebas de ruta

Con.	Tiempo promedio de ruta	RPM	Velocidad promedio (km/h)	Torque (N.m)
1	0:47:20	1808,25	28,99	25,83
2	0:42:19	1905,57	31,44	28,69
3	0:47:51	1836,17	28,86	26,48

4	0:49:14	1840,20	26,70	35,49
---	---------	---------	-------	-------

La cuarta condición es la que mayor torque necesita para su desempeño, como se observa en la Figura 8, mientras que la influencia del desgaste de la tercera condición se hace más evidente con una diferencia del 2,51% condición respecto a la media de sus condiciones.

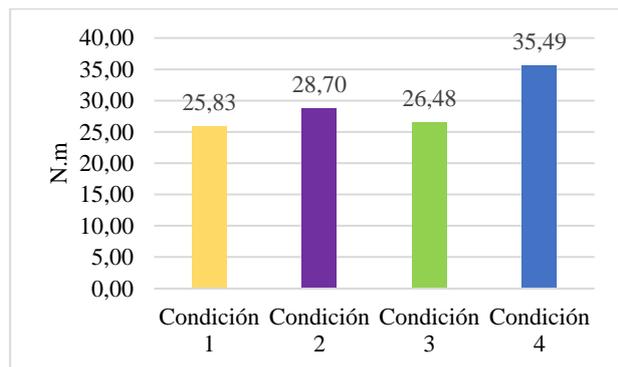


Figura 8. Media de torque en pruebas de ruta

### 3.2.2. Energía promedio consumida

Se estima el consumo de energía promedio considerando el tiempo en el que el vehículo realizo su ruta habitual y la potencia en las ruedas, para determinar en cada una de las condiciones del estudio, la primera condición como visualiza en la Figura 9, esta condición presenta un menor consumo de energía, mientras que en la segunda y cuarta condición se observa un mayor consumo, estas dos condiciones se relacionan en el desgaste de los forros del disco de embrague.

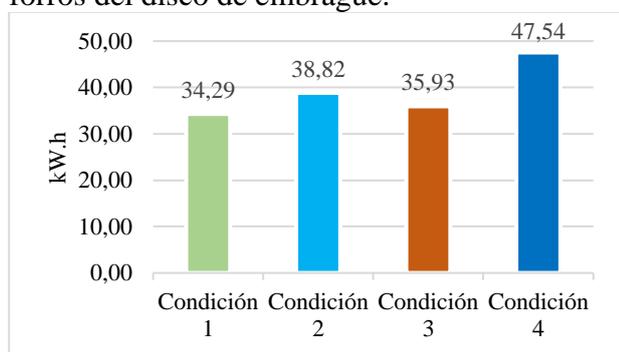


Figura 9. Media de consumo de energía

### 3.2.3. Consumo de combustible

La estimación de consumo específico de combustible en cada una de las condiciones,

denota una gran diferencia, la Figura 10 en la que se observa la media de consumo que se obtuvo en cada trayecto.

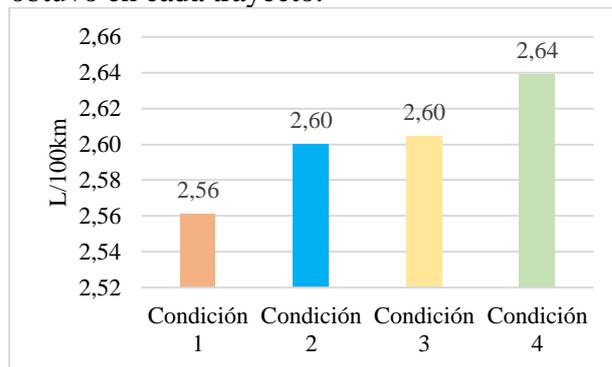


Figura 10. Media de consumo de combustible

Se toma como referencia la primera condición para el análisis de estas y con esto determinar el aumento de consumo de combustible como se observa en la Tabla 7.

Tabla 7: Relación de consumo de combustible

Condición	Porcentaje de aumento	Unidad
2	1,53	%
3	1,71	%
4	3,06	%

### 3.3. Estimación emisiones contaminantes

La estimación de emisiones contaminantes en donde se toma en cuenta los valores de L/100km para el análisis, donde se calculan valores de CO<sub>2</sub> y CO. Las figuras 11 y 12 denotan la diferencia en la producción de emisiones de CO<sub>2</sub> y CO, donde la cuarta condición es la que más genera emisiones con alrededor 57.18 g/km.

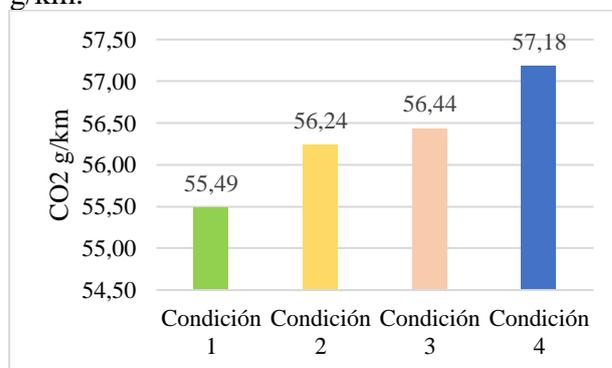


Figura 11. Estimación CO<sub>2</sub>

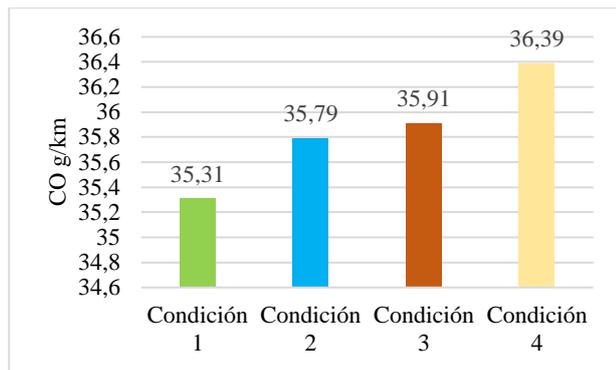


Figura 12. Estimación de CO.

## 4. Conclusiones

Al analizar las pruebas en el banco dinamométrico se observó analíticamente la pérdida de potencia que se genera cuando los elementos se encuentran totalmente desgastados, es una pérdida media de 25.4% en la potencia del motor, es decir que con el desgaste total el vehículo pierde potencia, torque, genera un mayor consumo al igual que emisiones contaminantes.

Considerando los valores analizados respecto a las diferentes condiciones planteadas para el estudio el torque generado en un rodillo dinamométrico se puede plantear que las pérdidas de torque son diferentes en cada una de las condiciones de desgaste de los elementos, esto se ve afectado directamente en cada marcha que posee el vehículo, esto ocurre en consecuencia del desgaste que se genera y es necesario tenerlo en cuenta debido a que este es uno de los primeros síntomas a tomar en cuenta a la hora de reemplazar este elemento.

Al evaluar los resultados de finales de las condiciones 2 y 3 analizamos que a pesar de que se experimente una disminución significativa potencia, no se puede equiparar con la pérdida que se produce en los resultados de la condición 4, al examinar las gráficas de las condiciones 2 y 3 podemos identificar variaciones significativas en forma de picos y caídas, que nos muestran el momento en el que embrague pierde fricción y el vehículo pierde fuerza, la pérdida de potencia que se observa se debe al desgaste del elemento en su totalidad colocado en las diferentes condiciones analizadas.

Al realizar las pruebas dinámicas de ruta notamos la pérdida de potencia y torque, en el recorrido habitual al igual que fuertes vibraciones al momento de realizar los cambios de marcha, también fuertes olores a quemado al momento recalentamiento del embrague y un consumo extra de combustible que antes no se generaba provocando un gasto extra en la cotidianidad de la ruta establecida en la investigación.

Al momento de bajar la caja después de cada una de las condiciones realizadas logramos observar pequeños desperfectos en el volante de inercia como recalentamiento y residuos de materiales, al igual que en lo elementos del embrague totalmente desgastados y los que estaban en óptimas condiciones.

## Referencias

- [1] AEADE. “Sector Automotor en cifras”. Asociación de empresas automotrices del Ecuador [En línea], 2021, (Ecuador) 1(48), p. 13.
- [2] Palacios, E., & Espinoza, C. (2 de Septiembre de 2014). “Contaminación del aire exterior”. Cuenca - Ecuador, 2009 - 2013. Posibles efectos en la salud. Revista de la Facultad de Ciencias Médicas- Universidad de Cuenca, 32(2), 6-17.
- [3] Illicachi Illicachi, M. Á. (2015). “La contaminación del medio ambiente provocado por los vehículos a motor por la emisión de monóxido de carbono y su incidencia en la salud de la población del Centro Histórico de Quito en el año 2014” (Bachelor's thesis, Quito: UCE.).
- [4] Borja, J. C., Fenoll, J., & de Herrera, J. S. (2009). “Sistema de transmisión y frenado”. Macmillan Iberia, SA.
- [5] Vargas Laura, A. (2022). “Diseño de un sistema de embrague basado en los principios de la ley de faraday–lenz para aplicación automotriz” Pag.49-50:
- [6] Grajalas, D. H. M., & Sinatora, A. (2003). “El desgaste de materiales, enfrentarlo o dejarlo de lado y asumir los riesgos”. Scientia et Technica, 2(22).
- [7] Soueast DX3 Ambacar - Ecuador. (s. f.). Ambacar Ecuador. <https://www.ambacar.ec/autos-nuevos/soueast/suv/dx3>

- [8] Calva Montoya, R. C., & Flores Díaz, A. E. (2020). "Obtención del ciclo de conducción urbano para la ciudad de Riobamba en horas pico y no pico mediante la recolección de datos de los factores de operación y consumo energético obtenido por un dispositivo OBD II" (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- [9] Díaz Bulla, J. A., & Chitiva Rivera, J. L. (2020). "Desarrollo de una aplicación web para generar alertas en un vehículo de uso personal marca Volkswagen, orientado a la prevención de posibles accidentes y siniestros". FSDF
- [10] CABEZAS JARAMILLO, William Eduardo, & MOYANO MONTERO, Marco Javier. "Análisis de torque, potencias consumo de combustible y emisiones contaminantes a diferentes concentraciones de gasolina/etanol en un banco de pruebas motor corsa 1.6 LT. de la CIA". (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2016. pp. 04-87.
- [11] Cargua Colcha, F. A., & Castelo Valdivieso, J. C. (2017). "Determinación de la variación de par motor, potencia, y pérdidas mecánicas en un motor de encendido provocado (MEP) en función de la presión atmosférica y temperatura ambiente a través del método de aceleración libre" (Master's thesis, Quito, 2017.).
- [12] SAE J1349, "Engine power test code – spark ignition and compression ignition- net power rating". USA (2012).
- [13] SAENZ. (2016). "Catálogo de Dinamómetros de Motores Banco de Pruebas de Motores". (2019)
- [14] Ginjaume Pujadas, A., & Torre Crespo, F. (2005). "Ejecución de procesos de mecanizado, conformado y montaje". Ediciones Paraninfo, SA.
- [15] Rojas Reinoso, E. V., Romero Hidalgo, V. J., & Pancha Ramos, J. M. (2020). "Análisis del comportamiento de las emisiones de CO<sub>2</sub>, CO y del factor lambda de un vehículo con sistema de inyección convencional con catalizador y sin catalizador". Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología, (23), 23-29.
- [16] Varela, P. D. M., & Reyes, A. M. L. (2011). "Análisis crítico del diseño factorial 2k sobre casos aplicados". Scientia et Technica, 1(47), 101-106.
- [17] Baltazar Soto, A., & Paz Zeballos, R. T. "Diseño de un dinamómetro de rodillos para determinar potencia y torque de vehículos livianos". (Doctoral dissertation).
- [18] Montaluisa Montaluisa, F. G. (2007). "Diseño de un dinamómetro inercial y construcción de un modelo a escala". (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2007).
- [19] J. L. Milla, E. L. Cedeño, & J. R. Hoyos, (2020). "Impacto del Ecodriving sobre las emisiones y consumo de combustible en una ruta de Quito". Enfoque UTE, 11(1), 68-83.
- [20] Mateo, M. O. (2010). "Reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en vehículos de transporte: combustibles alternativos". Energía & Minas: Revista Profesional, Técnica y Cultural de los Ingenieros Técnicos de Minas, (8), 28-33.