

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES

Maestría en Ecoeficiencia Industrial con mención en Eficiencia Energética

“CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A GASOLINA CON INYECCIÓN INDIRECTA A 2800 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR.”

Realizado por:

COLCHA PROAÑO DANNY FABRICIO

Director del proyecto:

Ing. Julio César Leguisamo Milla, MSc.

Codirector del proyecto:

Ing. Edilberto Antonio Llanes Cedeño, Phd.

Como requisito para la obtención del título de:

MAGISTER EN ECOEFICIENCIA INDUSTRIAL

Quito, abril de 2019

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, DANNY FABRICIO COLCHA PROAÑO, con cédula de identidad # 172461316-9, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



FIRMA

172461316-9

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

“CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A GASOLINA”

Realizado por:

DANNY FABRICIO COLCHA PROAÑO

Como Requisito para la Obtención del Título de:

MAGISTER EN ECOEFICIENCIA INDUSTRIAL

Ha sido dirigido por el profesor

MSC. JULIO CESAR LEGUISAMO MILLA

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'J. Leguisamo Milla', is centered on the page.

FIRMA

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

JAVIER MARTÍNEZ GÓMEZ

PAOLO SALAZAR

Después de revisar el trabajo presentado,
lo han calificado como apto para su defensa oral

ante el tribunal examinador



FIRMA



FIRMA

Quito, abril de 2019

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación dedico con mucho amor a Dios, a mi esposa Karolina y a mi futura hija Daniela Karolina, mismas que estuvieron a mi lado desde que este logro era solo un sueño, en esta etapa académica me dieron las fuerzas necesarias para no desmayar, quienes cada fin de semana y posterior a la jornada semanal de trabajo me dieron los ánimos para cumplir con mis responsabilidades de alumno, gracias mi pequeña familia porque juntos lo logramos.

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres Ángel y Marlene, a mis hermanas Gabriela y Aguedita, a mi suegra, que tod@s con sus palabras de aliento jamás dejaron rendirme, al Ing. Julio Leguisamo ex profesor de Pregrado y ahora mi tutor de Posgrado, por dedicar su tiempo en hacer que esta meta logre culminar con sus conocimientos y dedicación infaltable, al Ing. Edilberto Llanes por su apoyo y soporte en el análisis de los resultados de mi proyecto, al CCICEV de la Escuela Politécnica Nacional por permitir desarrollar la parte experimental en sus instalaciones, y de manera infinita a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK y a su predilecto cuerpo docente por haberme dado la oportunidad de seguirme formando en estas aulas.

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

Resumen.

En el presente trabajo de investigación, se desarrolló la caracterización de la conducción eficiente (ecodriving), la conducción normal, y la incidencia que tienen estas dos variables con respecto al consumo de combustible y a las emisiones de gases contaminantes. Este estudio se lo realizó al escoger tres modelos de vehículos, vehículos tipo automóvil que en el año 2019 fueron los más comercializados en el mercado local, estos modelos son: Kia Picanto, Chevrolet Sail y Volkswagen Gol, el tipo de combustible utilizado para cada prueba y vehículo fue Gasolina Súper. Cada vehículo seleccionado fue sometido a 3 pruebas con conducción normal y a 3 pruebas con conducción eco-driving, en dinamómetro de chasis y en ruta respectivamente, se seleccionó una ruta con tráfico validada por el Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación de Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV). Para la medición del combustible y factores de emisión de gases contaminantes se utilizó un canister y un equipo de Medición de gases MAHA MGT 5. Una vez realizadas y finalizadas las pruebas tanto para conducción normal y conducción eco-driving, fueron evaluados los resultados con respecto al rendimiento de combustible y factores de emisión para pruebas en dinamómetro de chasis, y rendimiento de combustible para pruebas en ruta, las resultantes con respecto a las pruebas en ruta tuvieron cierta diferencia debido a los factores atmosféricos, movilidad en transporte de la ciudad, horas pico, que se pudieron observar al final comparando unas de otras, se determinó la fiabilidad de los datos y el éxito de la experimentación mediante el software STATGRAPHICS Centurion XVI. Se concluye que con respecto a los factores de emisión existe diferencia significativa, presentándose los mejores resultados para los vehículos con cilindradas bajas, independientemente del modo de conducción; aunque se debe destacar que en conducción eco-driving los valores son menores, y en mención al consumo de combustible tenemos que en los tres vehículos con conducción normal en pruebas de ruta consumió un

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

promedio de 0.090 l/km vs 0.086 l/km en conducción ecodriving, teniendo una reducción del 8.89 %, mientras que el consumo de combustible en condiciones de dinamómetro en conducción normal tuvo un promedio de 0.082 l/km vs 0.065 l/km con conducción ecodriving, teniendo una reducción del 20.73 %

Palabras clave: conducción ecológica, ecodriving, consumo de combustible, factores de emisión, rendimiento de combustible.

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

Abstract.

In the present research work, was developed the characterization of efficient driving (ecodriving), normal driving, and the incidence of these two variables with respect to fuel consumption and polluting gas emissions were developed. This study was carried out by choosing three vehicle models, automobile-type vehicles that in 2019 were the most commercialized in the local market, these models are: Kia Picanto, Chevrolet Sail and Volkswagen Gol, the type of fuel used for each test and vehicle was Super Gasoline. Each selected vehicle underwent 3 tests with normal driving and 3 tests with eco-driving driving, on chassis dynamometer and en route respectively, a route with traffic validated by the Technology Transfer Center for Training and Research on Vehicle Emission Control was selected (CCICEV). For the measurement of fuel and polluting gas emission factors, a canister and a MAHA MGT 5 Gas Measurement kit were used. Once the tests for both normal driving and eco-driving were carried out and completed, the results were evaluated with respect to performance. of fuel and emission factors for chassis dynamometer tests, and fuel economy for road tests, the results with respect to road tests had some difference due to atmospheric factors, mobility in city transport, peak hours, that could be observed at the end comparing each other, the reliability of the data and the success of the experimentation were determined using the STATGRAPHICS Centurion XVI software. It is concluded that regarding the emission factors there is a significant difference, presenting the best results for vehicles with low displacement, regardless of the driving mode; although it should be noted that in eco-driving driving the values are lower, and in reference to fuel consumption we have that in the three vehicles with normal driving in road tests it consumed an average of 0.090 l / km vs 0.086 l / km in eco-driving driving, having a reduction of 8.89%, while fuel consumption under dynamometer conditions in normal driving averaged 0.082 l / km vs 0.065 l / km with eco-driving driving, having a reduction of

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

20.73%

Key words: *eco driving, ecodriving, fuel consumption, emission factors, fuel efficiency.*

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	10
ESTADO DEL ARTE	12
Emisiones contaminantes por fuentes móviles	12
Contaminantes producidos por los vehículos y efectos adversos a la salud humana	13
Monóxido de Carbono.....	13
Óxido de Nitrógeno.....	13
Hidrocarburos totales.....	14
Factores de Emisión	14
Propiedades y consumo de combustible	14
Propiedades del combustible.....	15
Consumo de combustible.....	15
Ciclos de conducción	16
Eco-driving.....	17
METODO	18
Diseño de experimento para evaluación del Rendimiento de Combustible	18
Diseño de experimento para evaluación de los factores de emisión	19
Materiales y Equipos utilizados en conducción en ruta y en dinamómetro.....	19
Equipo de Medición de gases MAHA MGT 5.....	20
Dinamómetro de Chasis LPS 3000.....	21
Equipo de medición de consumo de combustible.....	22
Gps Garmin	23
Probeta.....	23
Matraz	23
Combustible Súper.....	24
Vehículos escogidos para la caracterización.....	24
Kia Picanto	25
Chevrolet Sail	25
Volkswagen Gol	26
Protocolo y procedimiento de Pruebas realizadas	28
Protocolo de pruebas.....	28
Protocolo de Conducción Eficiente	28

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

Prueba dinamica.....	29
Ciclo de pruebas	29
Prueba de ruta	29
Ciclo de ruta de pruebas	29
PROCEDIMIENTO PRUEBAS EN DINAMOMETRO	30
Protocolo de prueba	30
PROCEDIMIENTO PRUEBAS EN RUTA.....	31
Protocolo prueba en ruta	32
Cálculo factores de emisión	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
Análisis de los resultados del Rendimiento de Combustible	34
Análisis de los resultados del Rendimiento de Combustible en Ruta	34
Análisis de los resultados del Rendimiento de Combustible en Dinamómetro	36
Comparativa Pruebas en Ruta Vs Comparativa Pruebas en Dinamómetro	38
Análisis de resultados de Factores de Emisión	42
Análisis de los resultados para los factores de emisión en dinamómetro.....	42
Análisis de Factor de Emisión CO	43
Análisis de Factor de Emisión HC	45
Análisis de Factor de Emisión NOx	47
Cálculo Anual de consumo de combustible en cada uno de los vehículos.....	49
CONCLUSIONES.....	51
RECOMENDACIONES.....	53
BIBLIOGRAFÍA.....	54
ANEXOS	57

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

Lista de Figuras

Figura 1. Procesos de emisión en vehículos automotores	12
Figura 2. Ciclo de conducción Modal NEDC	17
Figura 3. Ciclo de conducción Transitorio FTP-75.....	17
Figura 4. Equipo de medición de gases MAHA MGT 5	20
Figura 5. Dinamómetro de chasis LPS 3000	21
Figura 6. Equipo de medición de consumo de combustible	22
Figura 7. Instalaciones del Ccicev.....	28
Figura 8. Ciclo de conducción Japón Modo 10-15 ensayo para turismo y vehículos industriales ligeros.....	29
Figura 9. Recorrido prueba de ruta.....	30
Figura 10. Gráfica consumo combustible Picanto	35
Figura 11. Gráfica consumo combustible Sail	35
Figura 12. Gráfica consumo combustible Gol	36
Figura 13. Gráfica consumo combustible Picanto	37
Figura 14. Gráfica consumo combustible Sail	37
Figura 15. Gráfica consumo combustible Gol	38
Figura 16. Gráfica de consumo de combustible en ruta	39
Figura 17. Gráfica de consumo de combustible en dinamómetro.....	39
Figura 18. Efectos principales para el rendimiento de combustible.....	40
Figura 19. Superficie de respuesta para el análisis del Rendimiento del combustible en condiciones de dinamómetro	41
Figura 20. Superficie de respuesta para el análisis del Rendimiento del combustible en condiciones de ruta.....	41
Figura 21. Superficie de respuesta para el análisis del Rendimiento del combustible.....	42
Figura 22. Porcentajes de emisión para FCO.....	44
Figura 23. Gráfico comparativo para FCO	45
Figura 24. Porcentajes de emisión para FHC.....	46
Figura 25. Gráfico comparativo para FHC	47
Figura 26. Porcentajes de emisión para FNOx	48
Figura 27. Gráfico comparativo para FNOx	49

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

Lista de Tablas

Tabla 1. Designación de nomenclatura para la formación de las combinaciones.....	18
Tabla 2. Tratamientos para el análisis de superficie de respuesta en rendimiento	18
Tabla 3. Tratamientos para el análisis de los factores de emisión (FCO, FHC, y FNOx)	19
Tabla 4. Características técnicas del equipo de medición de gases MAHA MGT 5	20
Tabla 5. Características técnicas del dinamómetro de chasis LPS 3000	21
Tabla 6. Características técnicas del equipo de medición de consumo de combustible.....	23
Tabla 7. Características técnicas GPS Garmin MAP 76CX	23
Tabla 8. Propiedades físicas y químicas gasolina súper	24
Tabla 9. Compuestos peligrosos Gasolina Súper	24
Tabla 10. Datos generales del vehículo Kia Picanto	25
Tabla 11. Datos generales del vehículo Chevrolet Sail	26
Tabla 12. Datos generales del vehículo Volkswagen Gol	26
Tabla 13. Especificaciones de tecnología para cada motor	27
Tabla 14. Consumo de combustible en Ruta	34
Tabla 15. Consumo de combustible en Dinamómetro	36
Tabla 16. Factores de emisión kia Picanto	42
Tabla 17. Factores de emisión Chevrolet sail	43
Tabla 18. Factores de emisión Volkswagen Gol.....	43
Tabla 19. Media Factor de emisión CO.....	43
Tabla 20. Tratamientos para el análisis de diferencias significativas para el FCO.....	44
Tabla 21. Media Factor de emisión HC.....	45
Tabla 22. Tratamientos para el análisis de diferencias significativas para el FHC.....	46
Tabla 23. Media Factor de emisión FNOx	47
Tabla 24. Tratamientos para el análisis de diferencias significativas para FNOx	48
Tabla 25. Cálculo anual de consumo de combustible en cada uno de los vehículos	50

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

Lista de Anexos

ANEXO A. Ingreso del vehículo al área de pruebas.....	57
ANEXO B. Llenado de la bomba liquimoly con gasolina súper	57
ANEXO C. Conexión del analizador de gases al tubo de escape	57
ANEXO D. Cuantificación del combustible consumido al final del ciclo	58
ANEXO E. Conexión del GPS GARMIN (sensor).....	58
ANEXO F. Inicio de la prueba en ruta	58
ANEXO G. Informe de resultados	59

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

INTRODUCCIÓN

El automóvil es una de las principales fuentes de emisiones de efecto invernadero, y ha contribuido con el 30% de millones de toneladas de emisiones de efecto invernadero con una tendencia de incremento en los últimos veinte años (Andrade M, 2016). La demanda de combustible sigue en aumento debido a que otros tipos de energía alternativas no se han consolidado en el mercado, teniendo como consecuencia en el futuro escases de combustible y mediante proyecciones se dice que será el mayor consumidor con el 63% (Lizarazu, 2013).

Diversos estudios demuestran que los gases contaminantes emitidos por los vehículos pueden causar cardiopatías, neumopatías y cáncer, además son causantes de enfermedades respiratorias como el asma (Badillo Beltran, Latorre Bayona, & Orejuela Rondon, 2018). A nivel mundial para reducir el impacto ambiental de los vehículos se han desarrollado algunas alternativas con el fin de minimizar la demanda de combustible y por ende las emisiones contaminantes. (Gaviria & Benavides, 2011)

Los diferentes fabricantes de vehículos han determinado que hay también otra solución para reducir las emisiones y consumo de combustible en los vehículos que consiste en la forma de conducción del auto denominada Eco-driving (Andrieu & Saint Pierre, 2014). La conducción ecológica es un conjunto de comportamientos que los conductores pueden practicar y se resume en una serie de prácticas eficaces y se lo puede aplicar en cualquier tipo de vehículo que puede ser a diésel, gasolina, híbrido o eléctrico; de cualquier cilindraje y cualquier tecnología (Mensing, Bideaux, Trigui, & Ribet, 2014).

En ciudades altas como Quito que se encuentra a 2800 metros sobre el nivel del mar, presenta una topografía irregular y se desconoce los valores de reducción de emisiones contaminantes y consumo de combustible. Sobre los 2000 metros de altura los motores de combustión interna tienen un mayor consumo de combustible y producen mayores emisiones de gases contaminantes, en la actualidad existen estudios acerca de la conducción ecológica realizadas

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

mediante pruebas estáticas en dinamómetros, simuladores y pruebas en ruta, donde se han determinado diferentes valores con respecto al ahorro de combustible y emisiones de gases de efecto invernadero (Téllez, 2006).

En las pruebas en ruta por ejemplo, los ahorros de combustible observados varían del 2 al 14% y la reducción de las emisiones de NO_x, HC, CO de 5.1 a 45.5% (Baric, Zovak, & Perisa, 2013).

Se han evaluado los beneficios del ecodriving a través de la aplicación en el mundo real, a través de los datos de actividad de vehículos simulados, o mediante una combinación de ambos, en las implementaciones del mundo real, los ahorros de combustible observados varían desde 2 % a 50 % y la reducción de emisiones contaminantes varía de 2 % a 40 % (Magaña, 2014; A y Yasunori, 2013; O. Orfila et al., 2017; Morello et al., 2016; Fernández-Rodríguez, Fernández-Cardador y Cucala, 2015; Stillwater, Kurani y Mokhtarian, 2017).

Adicional a esto se plantea como objetivo general el de:

Caracterizar si una técnica de manejo eco-driving aplicada a un vehículo de combustión interna a gasolina en la ciudad de Quito con alturas de 2399 y 2870 msnm, mediante un protocolo de pruebas en ruta validado en base a normas internacionales y equipos certificados, contribuye a la reducción de las emisiones y consumo de combustible.

Y como objetivos específicos:

Definir la conducción eficiente (ecológica) o eco-driving mediante una investigación bibliográfica para determinar si se puede aplicar en condiciones de altura en un motor de encendido provocado.

Seleccionar un protocolo de pruebas dinámicas y en ruta en base a normas internacionales y estudios similares obteniendo datos fiables y confiables.

Determinar los factores de emisión para cada gas contaminante, mediante los resultados conseguidos en la experimentación, cuantificando si hay reducción de emisiones contaminantes y consumo de combustible en los vehículos seleccionados para el estudio.

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

ESTADO DEL ARTE

Emisiones contaminantes por fuentes móviles

Desde hace más de medio siglo, los vehículos que circulan por carreteras son aquellos como los automóviles, los camiones y autobuses diseñados para operar en vías públicas. En la mayor parte de las áreas urbanas los automotores contribuyen en gran medida a las emisiones de CO, NOx, SOx, partículas, compuestos tóxicos del aire y especies que reducen la visibilidad (Andrade M, 2016).

Las emisiones de los vehículos a gasolina consisten de un gran número de contaminantes resultantes de varios procesos diferentes como se muestra en la figura 1, las emisiones más comúnmente consideradas son las del escape, que resultan de la combustión y se emiten por el tubo de escape del vehículo y las que provienen de varios procesos de emisión evaporativa (Darquea, 2018).

No todos los vehículos emiten contaminantes en las mismas simetrías; estas dependen del tipo de motor y combustible que se utilice, como se muestra en la figura 1.

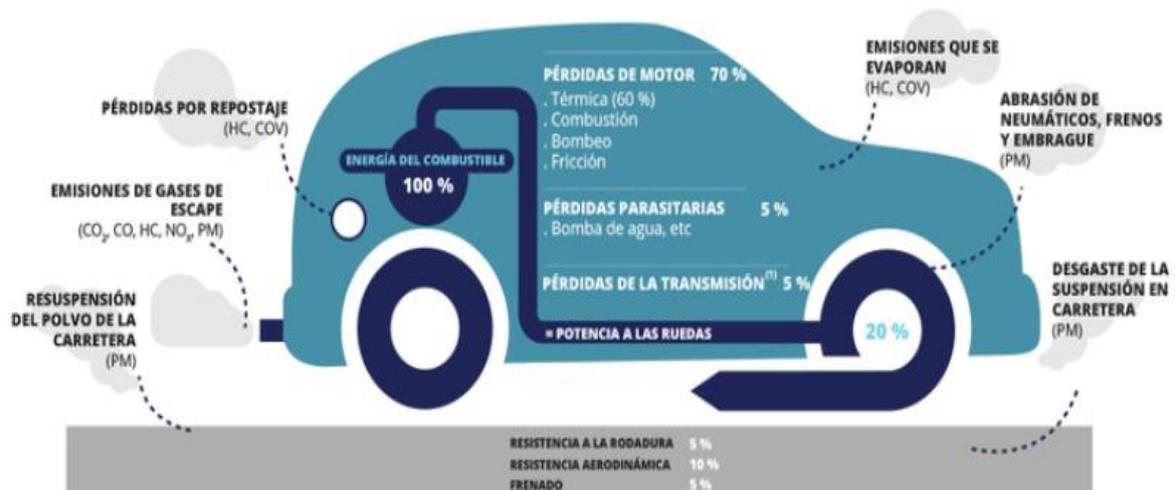


Figura 1. Procesos de emisión en vehículos automotores

Fuente: EEA Report – Explaining road transport emissions – a non – technical guide (2016)

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

Contaminantes producidos por los vehículos y efectos adversos a la salud humana

Monóxido de Carbono

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro e inodoro que resulta de la combustión incompleta de combustibles fósiles. Una cantidad significativa del CO emitido en áreas urbanas es producto de los vehículos automotores. El CO es un gas venenoso, que se produce depende de cómo se quema el combustible, es un gas más pesado que el oxígeno o el aire y desplaza al oxígeno de la atmósfera en pequeñas cantidades, el CO causa dolores de cabeza, mareos y náuseas. En grandes cantidades es mortal, porque priva al cuerpo del oxígeno necesario en sus pulmones (Badillo Beltran, Latorre Bayona, & Orejuela Rondon, 2018).

Óxido de Nitrógeno

Los óxidos de nitrógeno son un grupo de gases conformado por el nitrógeno y oxígeno. El nitrógeno es el elemento más común del aire y representa el 78% del aire que respiramos. Los óxidos de nitrógeno incluyen compuestos como óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂). El término NO_x se refiere a la combinación de estas dos sustancias (Aguilar Monterrey, 2019).

El dióxido de nitrógeno puede causar efectos en la salud y bienestar, en el proceso de combustión, el nitrógeno en el combustible y aire se oxida para formar óxido nítrico y algo de dióxido de nitrógeno, los óxidos nítricos emitidos en el aire se convierten en dióxido de nitrógeno mediante reacciones fotoquímicas condicionadas por la luz solar (Aguilar Monterrey, 2019).

Una relación aire/combustible reducida da lugar a altas emisiones de óxidos de nitrógeno. Adicionalmente, las altas temperaturas que se registran en el interior de los motores provocan la oxidación del nitrógeno atmosférico, produciéndose óxidos de nitrógeno que son expulsados por el escape del vehículo (Andrade M, 2016).

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

Hidrocarburos totales

La gasolina, el diésel, el Gas Licuado de Petróleo, el Gas Natural, y el aceite para motor; todos son subproductos de los hidrocarburos. Las emisiones de HC de los vehículos son provenientes en su mayor parte del combustible que no ha logrado quemarse en el interior del cilindro y sale al exterior del motor por los conductos de escape, los hidrocarburos son el contaminante más importante y en mayor cantidad que produce un vehículo durante su vida útil del mismo (Eraso, 2012).

Las tres fuentes más importantes de emisiones de HC provenientes de un automóvil son los gases de escape con un 60%, los vapores que emana el cárter con un 20%, la evaporación en el sistema de combustible de gasolina, con un 20% y la pintura de los vehículos, también emiten rastros de hidrocarburos.

Factores de Emisión

Los factores de emisión es la relación existente entre la cantidad de contaminante que es emitido al ambiente y la unidad de actividad, dichos factores de emisión son clasificados de la siguiente manera (Ocaña Huerta, 2014). Los basados en procesos, estos se usan para hacer estimaciones de las emisiones de fuentes puntuales, y a menudo se combinan con los datos de actividad recopilados con encuestas o con balances de materiales. Por otra parte, los factores de emisión basados en censos, se usan mucho para hacer estimaciones de las emisiones de fuentes de área (Ocaña Huerta, 2014).

Propiedades y consumo de combustible

En la ciudad de Quito las propiedades de combustible durante el transcurso del tiempo han ido mejorando en relación a la calidad de los combustibles, esta mejora e incremento de calidad de los combustibles está dado por el implemento de nuevas tecnologías en las refinerías y la importación de gasolinas de alto octanaje, en esta ciudad en base a ordenanzas de comercialización y calidad del medio ambiente se ha instaurado mayor control en lo referente

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

a la calidad de combustible, dando como resultado combustible de mejor calidad y generando así en el parque automotor la disminución de gases contaminantes, cabe señalar que la ciudad de Quito cuenta con un moderno parque automotor que va en incremento cada año (López Terán, 2013).

Propiedades del combustible

En el Ecuador se generan nuevos programas para mejorar la calidad del combustible, como: la gasolina Extra que elevó su calidad de 81 a 87 octanos en el 2012 y se redujo a 85 octanos en el 2019, y la Súper, de 90 a 92 octanos. Además, se redujo el contenido de azufre, de 2000 a 650 partes por millón (ppm), tanto en la gasolina Extra como en la Súper. En el país alrededor del 75% son usuarios de la actual gasolina Extra y el 25 por ciento restante, de gasolina Súper. También en la ciudad de Quito la mayoría de ciudadanos utilizan gasolina extra (75%) (López Terán, 2013).

Consumo de combustible

La cantidad de vehículos presentes en la ciudad es aproximadamente 470 000 a inicios del año 2020, estos vehículos generan alrededor del 70% de la contaminación del aire y el consumo de 265 millones de galones de combustible, de los cuales 190 millones corresponden a gasolina y 75 millones a diésel, el Distrito Metropolitano de Quito presenta un promedio de altura de 2800 msnm, por este motivo la cantidad de oxígeno es menor y por ende los procesos de combustión interna son diferentes en estas circunstancias. Lo mencionado anteriormente genera diferente consumo de combustible en los vehículos que transitan por Quito, en relación a otros vehículos que circulan en las ciudades que se encuentran a nivel del mar (López Terán, 2013).

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

En base al análisis de datos tomados en diferentes puntos de altura mediante un medidor de altura y presión barométrica, se determina que cuando la altura aumenta la presión del aire disminuye junto a la densidad, este fenómeno físico afecta directamente la relación aire combustible que ingresa en el motor de los vehículos cuando se encuentran a mayor altura, en teoría generando un mayor consumo de combustible porque el aire que ingresa a la cámara de combustión presenta densidad menor (Quichimbla & Soliz, 2017)

En el mercado existen un sin número de equipos que sirven para medir el consumo de combustible, entre los cuales se encuentran algunos que se basan en el principio de cuantificación del flujo de combustible que pasa por las cañerías, estos aparatos son muy costosos y además se debe adaptar el equipo al sistema de combustible del vehículo (López Terán, 2013).

Ciclos de conducción

Un ciclo de conducción representa un conjunto de puntos de velocidad del vehículo versus el tiempo. Este es utilizado para evaluar el consumo de combustible y emisiones contaminantes de un vehículo en un método normalizado, de este modo, diferentes vehículos pueden ser comparados. El ciclo de conducción puede ser reproducido en un dinamómetro donde se recopila y se analiza las emisiones en el tubo de escape del vehículo para después evaluar el porcentaje de emisiones del mismo (Restrepo, Carranza, &, 2007).

Los ciclos de conducción se dividen en dos tipos: modales y transitorios. Los modales o poligonales son aquellos donde hay lapsos de tiempo prolongado a velocidad constante como se muestra en la figura 2 y los transitorios o ciclos reales muestran perfiles más complejos donde la velocidad puede variar en cada segundo como se muestra en la figura 3.

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

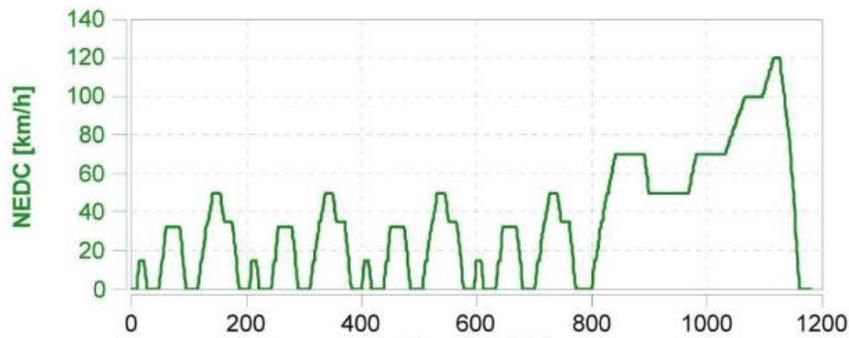


Figura 2. Ciclo de conducción Modal NEDC
Fuente: (Bielaczyc, Woodbum, & Szczotka, 2016)

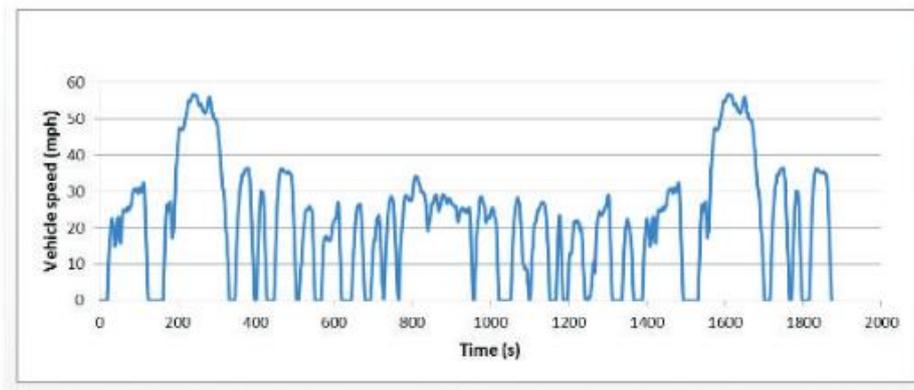


Figura 3. Ciclo de conducción Transitorio FTP-75
Fuente: (Charlie & Romain, 2013)

Eco-driving

Eco-driving es una técnica de conducción que permite ahorrar combustible con independencia de la tecnología del vehículo, y que se basa en el control de las variables sobre las que puede actuar el conductor como: la velocidad, la marcha y la desaceleración (Alam & A, 2014).

Aplicando esta técnica de conducción se puede ahorrar hasta un 25% aunque este porcentaje depende de la habilidad del conductor, el tipo de vehículo y el estado del entorno. Por ejemplo, en los vehículos híbridos el porcentaje de ahorro es menor porque parte de la energía que se desperdicia se utiliza para recargar la batería del vehículo (Dib, Chasse, Moulin, & Sciarretta, 2014).

METODO

Diseño de experimento para evaluación del Rendimiento de Combustible

En el estudio se presenta el comportamiento de la variable dependiente Rendimiento de Combustible (km/gal); al emplear distintas combinaciones de tres vehículos (que simulan el efecto de la variación de la cilindrada) con dos Modos de conducción, Normal y Ecodriving y dos condiciones de simulación una en Ruta y otra en Dinamómetro. Para el análisis y comparación de los resultados se emplea el software *Statgraphics Centurion XVI* con un análisis de superficie de respuesta con un nivel del 95,0% de confianza. Para el tratamiento estadístico de los resultados se toma en consideración las nomenclaturas que se representan en la tabla 1.

Tabla 1

Designación de nomenclatura para la formación de las combinaciones

Factores	Niveles	Designación
Autos	Kia	1
	Sail	2
	Gol	3
Modo de conducción	Normal	-1
	Ecodriving	1
Condición de simulación	Ruta	1
	Dinamómetro	2

Fuente: Autor

Para el análisis y comparación de los resultados por medio de superficie de respuesta se forman tratamientos (combinaciones) que se muestran en la tabla 2.

Se realizaron 3 repeticiones de cada tratamiento según lo establecido por la norma NTE INEN 2205 en el apartado 6 sobre métodos de ensayo donde en el punto 6.1.5.4 refiere “Registrar y promediar un mínimo de 3 lecturas en cada prueba”.

Tabla 2

Tratamientos para el análisis de superficie de respuesta en rendimiento

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

Formación de los tratamientos				
Tratamiento	Autos	Modo de conducción	Condición de simulación	Auto
1	1	-1	1	Picanto
2	1	-1	2	Picanto
3	1	1	1	Picanto
4	1	1	2	Picanto
5	2	-1	1	Sail
6	2	-1	2	Sail
7	2	1	1	Sail
8	2	1	2	Sail
9	3	-1	1	Gol
10	3	-1	2	Gol
11	3	1	1	Gol
12	3	1	2	Gol

Fuente: Autor

Diseño de experimento para evaluación de los factores de emisión

Se analiza el comportamiento de los factores de emisiones (factor de emisión del dióxido de carbono FCO, factor de emisión para hidrocarburos FHC y el factor de emisión para los óxidos nitrosos FNOx) en ciclos simulados en dinamómetro de chasis (Ciclo japonés MODO 10-15). Para dicho estudio se emplearon los 3 vehículos y los 2 modos de conducción, generándose combinaciones las cuales se muestran en la tabla 3.

Tabla 3

Tratamientos para el análisis de los factores de emisión (FCO, FHC, y FNOx)

Formación de los tratamientos			
Tratamiento	Autos	Modo de conducción	Auto
T1	1	-1	Picanto
T2	1	1	Picanto
T3	2	-1	Sail
T4	2	1	Sail
T5	3	-1	Gol
T6	3	1	Gol

Fuente: Autor

Para el análisis y comparación de los resultados se emplea el software *Statgraphics Centurion XVI*, realizándose un ANOVA simple para los diferentes tratamientos (combinaciones).

Materiales y Equipos utilizados en conducción en ruta y en dinamómetro

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

Equipo de Medición de gases MAHA MGT 5

Equipo compacto e independiente apto para el empleo estacionario o móvil. Basado en la concepción del opacímetro MD02 LON, es posible la combinación multifuncional para realizar el análisis de los gases de escape de motores de gasolina, se muestra en la figura 4.



Figura 4. Equipo de medición de gases MAHA MGT 5
Fuente: Autor

Además, las características técnicas del equipo de medición de gases MAHA MGT 5 se aprecia en la tabla 4.

Tabla 4

Características técnicas del equipo de medición de gases MAHA MGT 5

Gases analizables	CO, CO ₂ , HC, O ₂ , NO (Opción)
Deriva del margen de Medición	inferior a $\pm 0,6$ % del valor final del alcance
Valor Lambda	margen indicador: 0,500 -9,999 w resolución: 0,001 w calculado según Brettschneider
Cantidad total de flujo	máx. 3,5 l/min • mín.1,5 l/min
Caudal - gas de medición	máx. 2,5 l/min • bomba de membrana
Presión de servicio	750 - 1100 mbar
Fluctuación de la presión	máx. errores 0,2 % con fluctuaciones de 5 kPa
Alimentación	85 V - 280 V • 50 Hz • 65 W /12 V-24 DC
Temperatura de servicio	+ 5 ° - + 45 °C • tolerancia ± 2 °C
Dimensiones	560 x 240 x 300 mm

Fuente: (Ccicev, 2019)

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

Dinamómetro de Chasis LPS 3000

Es apto para vehículos, camiones y motocicletas, permite medición continua y discreta, simulación de carga con gráficas. Se caracteriza por ofrecer datos de medición externos, mando a distancia para el control del dinamómetro y del ventilador de refrigeración u opciones como los ciclos de circulación, prueba de motocicletas sobre rodillos de automóviles y ampliación para pruebas de 4x4. Para automóviles del tipo R 100, camiones del tipo R 200, y del tipo R 50 para motos (López Terán, 2013), se lo muestra en la figura 5.



Figura 5. Dinamómetro de chasis LPS 3000
Fuente: (Ccicev, 2019)

Las características técnicas del dinamómetro de chasis LPS 3000 se muestra en la tabla 5.

Tabla 5

Características técnicas del dinamómetro de chasis LPS 3000

Carga axial	15000 kg
Ancho de vía	820 mm - 2620 mm
Longitud de rodillos	900 mm
Diámetro de rodillo	318 mm
Distancia entre rodillos	565 mm
Velocidad de prueba máx.	200 km/h
Potencia de rueda máx.	660 kW
Fuerza de tracción máx.	15000 N
Sistema de medición	sistema de medición electrónico DMS
2 frenos eléctricos de corrientes parásitas	150 kW
Fusible (lento)	63 A
Alimentación de corriente	3/N/PE 400 V 50 Hz
Precisión de medición +/-	2 %
Peso	2350 kg
Peso incl. embalaje	2500 kg

Fuente: (Ccicev, 2019)

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

Además, el conjunto del equipo MAHA cuenta con un ventilador industrial que sirve para simular el aire que se percibe en conducción en carretera, de esta manera evita el sobrecalentamiento del motor del vehículo sometido a las pruebas dinámicas.

Equipo de medición de consumo de combustible

Es un limpiador del sistema de inyección de motores, permite generar una presión al sistema de inyección y medir la cantidad de combustible, por ello es que se lo utiliza para este propósito, es fácilmente adaptable a través de acoples de conexión a los ductos de combustible del vehículo, tal como se muestra en la figura 6.



Figura 6. Equipo de medición de consumo de combustible

Fuente: Autor

Además, consta de los siguientes elementos de válvula de seguridad, manómetro y válvula de descarga de presión. Las características técnicas del equipo de medición del consumo de combustible se aprecia en la tabla 6.

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

Tabla 6

Características técnicas del equipo de medición de consumo de combustible

Cantidad de llenado máxima	5 litros
Contenido total del depósito	7 litros
Sobrepresión admisible de servicio	7 bares
Peso de la unidad	4.5 Kg
Dispositivo de seguridad	Válvula de seguridad
	Manómetro
	Válvula de descarga de presión

Fuente: (Ccicev, 2019)

Gps Garmin

Este equipo permite proporcionar las referencias de ubicación del vehículo con respecto a su altitud, temperatura y además determina la velocidad media y máxima alcanzada en una distancia. A continuación, en la tabla 7 se puede observar las características técnicas de GPS Garmin MAP 76CX.

Tabla 7

Características técnicas GPS Garmin MAP 76CX

MARCA	Garmin
MODELO	MAP 76 CX
Escala de temperatura	-15 a 70 C
Precisión	< 10 metros
Frecuencia de actualización	1/s continua
Antena	Integrada

Fuente: (Ccicev, 2019)

Probeta

Este instrumento se utilizó para medir el volumen de combustible al finalizar cada prueba ya sea en ruta o en dinamómetro, su capacidad es de 1000 ml.

Matraz

Este instrumento de laboratorio se utilizó para medir el volumen de combustible al finalizar cada prueba ya sea en ruta o en dinamómetro, su capacidad es de 5000 ml.

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

Combustible Súper

El combustible que se utilizó para cada una de las pruebas realizadas fue el combustible SUPER, combustible comercializado en el Ecuador por un valor de \$ 2.89, cuyas propiedades se presentan en la tabla 8.

Tabla 8

Propiedades físicas y químicas gasolina súper

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS	
Estado Físico	Líquido a temperatura ambiente
Color y apariencia	Amarillo y brillante
Olor	Característico
% de volátiles por volúmen	N.D.
Calor de combustion	19277 BTU/lb
Temperatura de ebullición	210 C (final)
Presión de vapor a 20 C	6 a 10 kPa a 20 C
Densidad de vapor	(aire=1) 3-4
Tasa de evaporación	N.D.
Densidad relative	0,7174
Ph	No aplica
Solubilidad	Solubilidad en agua 0,003-0,010 kg/m3
Temperatura de autoinflamación	Mayor 280 C
Temperatura de descomposición	N.D
Octanaje	92

Fuente: (Petroecuador, 2014)

Además, en la tabla 9, se puede apreciar los compuestos que contiene la gasolina súper.

Tabla 9

Compuestos peligrosos Gasolina Súper

SUSTANCIA	%
Olefinas	3-5 %
Tolueno	20-25%
Xileno	20-25%
Benceno	<1% (V/V)

Fuente: (Petroecuador, 2014)

Vehículos escogidos para la caracterización

El presente trabajo de investigación se basó para escoger los vehículos y someterlos a pruebas, en el nivel de porcentaje de ventas que tuvo incidencia en el mercado ecuatoriano en el año

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

2019 (Aeade, 2019), escogiendo tres de modelos de 3 diferentes marcas más vendidas en el Ecuador, en donde se detallan a continuación:

Kia Picanto

Este vehículo, es un pequeño automóvil destinado al uso urbano con de 3,5 metros de longitud, está disponible tanto con carrocería de tres y de 5 puertas (Aeade, 2019), las características del vehículo se detallan en la tabla 10:

Tabla 10

Datos generales del vehículo Kia Picanto

DATOS GENERALES DEL VEHICULO			
Marca	KIA	VIN Chasis/Placa:	KNAB35112AK T403224 / PDH5851
Modelo:	PICANTO EX AC 1.2 4P 4X2 TM	Kilometraje:	13943
MOTOR (Datos del fabricante)			
Posición del motor:	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	G4LAJP107038
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A
Máxima Potencia (kw/rpm)	83 HP	Máximo Torque (Nm/rpm)	107 Nm
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración:	ATMOSFÉRICO
Cilindrada (cm3)	1248	Transmisión (manual/automática)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA	Categoría - Subcategoría-Clase	HATCHBACK
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2019
Tonelaje	0,75	País de origen	COREA DEL SUR

Fuente: Autor

Chevrolet Sail

En las actividades comerciales se designa como Chevrolet Sail, se ha producido con carrocerías que van desde el modelo Hatchback de tres puertas y un sedán de cuatro puerta (Aeade, 2019), sus características técnicas se detallan en la tabla 11:

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

Tabla 11

Datos generales del vehículo Chevrolet Sail

DATOS GENERALES DEL VEHICULO			
Marca	CHEVROLET	VIN Chasis/Placa:	8LAUY6273G0396219 / PCT2040
Modelo:	SAIL AC 1.4 5P 4X2 TM	Kilometraje:	49112
MOTOR (Datos del fabricante)			
Posición del motor:	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	LCU153130440
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A
Máxima Potencia (kw/rpm)	120 HP@ 6000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	130,4 Nm @ 4200 RPM
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración:	ATMOSFÉRICO
Cilindrada (cm3)	1398	Transmisión (manual/automática)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA	Categoría - Subcategoría-Clase	HATCHBACK
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2016
Tonelaje	0,75	País de origen	ECUADOR

Fuente: Autor

Volkswagen Gol

Este vehículo es un automóvil diseñado y a la vez producido en Brasil, líder en ventas en el mercado brasileño y Latinoamérica por su bajo costo y rendimiento (Aeade, 2019), sus características técnicas se detallan en la tabla 12:

Tabla 12

Datos generales del vehículo Volkswagen Gol

DATOS GENERALES DEL VEHICULO			
Marca	VOLKSWAGEN	VIN	8BWAB45UXDT157319
Modelo:	GOL HB ESPECIAL 5U31F4AC 1.6 4P	Chasis/Placa:	/ PCF9702
		Kilometraje:	80682
MOTOR (Datos del fabricante)			
Posición del motor:	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	CFZ957053
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A
Máxima Potencia (kw/rpm)	101 HP@ 5750 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	140 Nm @ 3250 RPM
	REFRIGERANTE		ATMOSFÉRICO

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

Sistema de enfriamiento		Tipo de aspiración:	
Cilindrada (cm3)	1596	Transmisión (manual/auto mática)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA	Categoría - Subcategoría-Clase	HATCHBACK
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2013
Tonelaje	0,75	País de origen	BRASIL

Fuente: Autor

Además, en la tabla 13, se puede observar las especificaciones de tecnología con respecto al motor para cada uno de los vehículos escogidos.

Tabla 13

Especificaciones de tecnología para cada motor

ESPECIFICACIONES DE TECNOLOGÍA CON RESPECTO AL MOTOR			
Tecnología	Modelo Vehículos		
	Picanto	Sail	Gol
Sistema de Encendido	COP (Coil on Plug)	COP (Coil on Plug)	DIS (Direct Ignition System)
Tipo de distribución	DOHC (Doble árbol de levas)	DOHC (Doble árbol de levas)	DOHC (Doble árbol de levas)
Tipo de cuerpo de aceleración	Electrónico	Electrónico	Mecánico
Tipo de inyección	Electrónica	Electrónica	Electrónica
Tipo de bujías	Resistencia: Bujía de resistencia antiparasitaria. Tamaño de arco: Bujías de apertura normal Por material: Bujías de cobre Tipo de combustible: Gasolina	Resistencia: Bujía de resistencia antiparasitaria. Tamaño de arco: Bujías de apertura normal Por material: Bujías de cobre Tipo de combustible: Gasolina	Resistencia: Bujía de resistencia antiparasitaria. Tamaño de arco: Bujías de apertura normal Por material: Bujías de cobre Tipo de combustible: Gasolina
	BKR5E-11	DCPR7E	BUR5ETB.10

Fuente: Autor

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

Protocolo y procedimiento de Pruebas realizadas

Las pruebas se realizaron en el CCICEV (Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares) de la Escuela Politécnica Nacional, misma que brindó todo el apoyo y contingente necesario para llevar a cabo el estudio, instalaciones que se muestra la figura 7.



Figura 7. Instalaciones del Ccicev
Fuente: Autor

Protocolo de pruebas

Protocolo de Conducción Eficiente

Las instrucciones para llevar a cabo una conducción ecodriving son las siguientes:

1. Los cambios de marcha se debe hacer entre 2000 y 2.500 rpm
2. Circular en marchas largas y a bajas revoluciones
3. Usar la primera marcha sólo para poner en movimiento el vehículo
4. Mantener la velocidad de marcha, evitar acelerones y frenazos
5. Decelerar con el freno motor, detener el auto utilizando sólo el freno

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

6. No utilizar el punto muerto cuando se frena
7. Aprovechar la inercia del coche siempre que sea posible
8. En las paradas no escalar todas las marchas sino mantener la marcha puesta hasta pisar embrague y detenerse.
- 9.- En pendientes descender en marcha

Prueba dinamica

Ciclo de pruebas

El trabajo de investigación se simuló en el ciclo japonés modo 10-15 empleando conducción normal y conducción ecodriving, este ciclo se realiza tres veces, con una longitud de 4.16 km, una duración de 660 segundos, velocidad media de 22.7 km/h y una velocidad máxima de 70 km/h. (Qu et al., 2015; Liu, y Frey, 2015).

El diagrama del ciclo se puede observar en la figura 8.

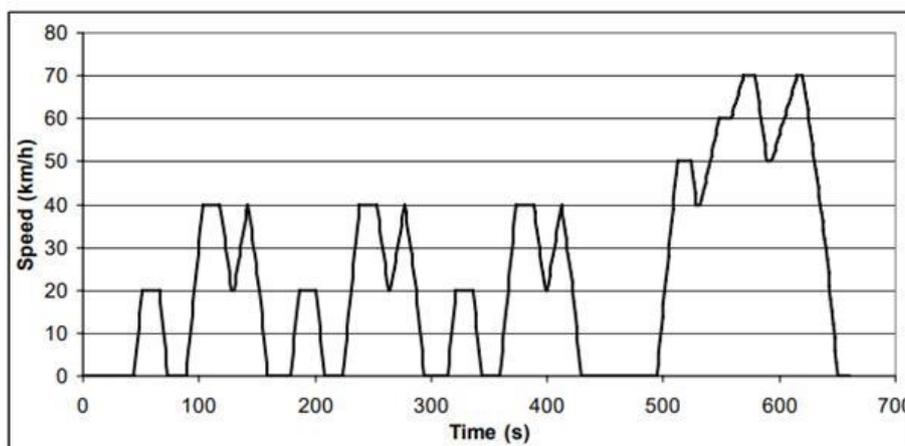


Figura 8. Ciclo de conducción Japón Modo 10-15 ensayo para turismo y vehículos industriales ligeros
Fuente: (Frey & Eichenberger, 1997)

Prueba de ruta

Ciclo de ruta de pruebas

El recorrido que se utilizó para las pruebas de ruta tanto para conducción normal y conducción ecodriving fue el siguiente:

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

Inicia en el redondel de Cumbaya - Av. Oswaldo Guayasamin. (Universidad San Francisco de Quito), Av. Simón Bolívar, Av. De los Granados, Av. Río Coca, Av. De los Shyris, Av. 6 de diciembre, Av. Diego de Almagro, Av. Francisco de Orellana, Av. La Coruña, culminando en la Plaza Artigas – Av. 12 de octubre, la selección de la ruta se dio en base a la orografía del terreno, densidad del tráfico e infraestructura vial de la ciudad, para determinar el rendimiento del combustible, la ruta se muestra en la figura 9.



Figura 9. Recorrido prueba de ruta
Fuente: (Ccicev, 2019)

PROCEDIMIENTO PRUEBAS EN DINAMOMETRO

El procedimiento que se realizó en las pruebas en dinamómetro de chasis tanto para conducción normal y conducción eco-driving en cada uno de los vehículos (kia Picanto, Chevrolet Sail, Volkswagen gol) se los detalla a continuación:

Protocolo de prueba

- Revisión visual del estado de ingreso del vehículo.
- Ingreso del vehículo al área de pruebas.
- Anclaje de los laterales del chasis con el dinamómetro.
- Desconexión del relé de la bomba de combustible.

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

Conexión de la bomba de combustible de marca liquimoly al riel de los inyectores, capacidad 5000 ml (5L).

- Llenado del tanque de la bomba liquimoly con 5 L gasolina súper.
- Conexión del sensor analizador de gases al tubo de escape.
- Configuración en el sistema automatizado de mando en Ciclo Japonés Modo 10-15 previo a la corrida de inicio de pruebas.
- Encendido del vehículo
- Puesta en marcha del vehículo y activación de la corrida de las pruebas desde el software computarizado, la conducción se la realiza de manera habitual, sin parámetros, técnicas o procedimientos.
- Finalización del ciclo de conducción en un tiempo aproximado de 660 segundos (11 min).
- Guardar el reporte de emisiones de gases contaminantes emitido por medio del sensor del analizador de gases.
- Apagar el vehículo.
- Despresurizar el tanque liquimoly y evacuar el sobrante del combustible consumido en el matraz.
- Añadir en la probeta 1000 ml de combustible y completar en el matraz cuantas veces sean hasta completar los 5000 ml, de esta manera se sabrá cuantos ml o litros de combustible consumió en el ciclo.

PROCEDIMIENTO PRUEBAS EN RUTA

El procedimiento que se realizó en las pruebas en ruta, tanto para conducción normal y conducción eco-driving en cada uno de los vehículos (kia Picanto, Chevrolet Sail, Volkswagen gol) se los detalla a continuación:

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

Protocolo prueba en ruta

- Revisión visual del estado de ingreso del vehículo.
- Ingreso del vehículo al área de pruebas.
- Desconexión del relé de la bomba de combustible.
- Conexión de la bomba de combustible de marca liquimoly al riel de los inyectores, capacidad 5000 ml (5L).
- Llenado del tanque de la bomba liquimoly con 5 L gasolina súper.
- Conexión del GPS Garmin (sensor de distancia, velocidad y tiempo en función real).
- Encendido del vehículo
- Puesta en marcha del vehículo y salida hacia el punto de inicio de la prueba en ruta, la conducción se la realiza de manera habitual, sin parámetros, técnicas o procedimientos.
- Finalización de la prueba en ruta en un tiempo aproximado de 30 – 40 min de inicio a fin dependiendo el estado del tráfico vehicular y condiciones atmosféricas.
- Guardar el reporte de tiempo, aceleración y velocidad en tiempo real.
- Apagar el vehículo.
- Despresurizar el tanque liquimoly y evacuar el sobrante del combustible consumido en el matraz.
- Añadir en la probeta 1000 ml de combustible y completar en el matraz cuantas veces sean hasta completar los 5000 ml, de esta manera se sabrá cuantos ml o litros de combustible consumió en la ruta establecida.

Cálculo factores de emisión

Con los valores de concentración de emisiones se utiliza las ecuaciones de factores de Emisión (Frey & Eichenberger, 1997) y se obtienen los gases contaminantes en gramos por kilómetro recorrido (g/Km). Donde F_{CO} corresponde a factor de emisión de CO, R_{CO} razón

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

de % de CO con respecto a la concentración de CO₂, R_{HC} razón de % de HC con respecto a la concentración de CO₂, R_{NO} razón de % de NOx con respecto a la concentración de CO₂, MW_{CO} peso molecular del CO, MW_{HC} peso molecular de HC, MW_{NO} peso molecular de NO y MW_{comb} peso molecular del combustible.

$$F_{CO} = \frac{R_{CO}}{R_{CO}+3R_{HC}+1} * \frac{MW_{CO}}{MW_{comb}} \quad (1)$$

$$F_{HC} = \frac{R_{HC}}{R_{CO}+3R_{HC}+1} * \frac{MW_{HC}}{MW_{comb}} \quad (2)$$

$$F_{NO} = \frac{R_{NO}}{R_{CO}+3R_{HC}+1} * \frac{MW_{NO}}{MW_{comb}} \quad (3)$$

Se considera como base principal del combustible al octano C₈H₁₈ (equivalente CH_{2,25}) y se procede a determinar el peso molecular del combustible.

$$MW_{CO} = \frac{12gC}{molC} * \left(\frac{1molC}{mol\ comb} \right) + \frac{1gH}{molH} * \left(\frac{y*molH}{mol\ comb} \right) = 14,25 \frac{g\ comb}{mol\ comb} = 0,01425 \frac{kg\ comb}{mol\ comb} \quad (4)$$

Como variables independientes tenemos la densidad del combustible δF (Kg/m³) con un valor de 748Kg/m³ a 15°C y el consumo de combustible por distancia recorrida en la ruta de prueba. Entonces se puede obtener el factor de emisión en gramos de cada contaminante por kilómetro recorrido con la siguiente ecuación:

$$F'_{CO} = F_{CO} * 6\rho_{comb} * cc \quad (5)$$

De donde se obtienen los factores de emisión en gramos de contaminante por kilómetro recorrido.

$$g_{CO} = \left(\frac{28 \frac{\%CO}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + (3 * \frac{\%HC}{\%CO_2}) + 1} * \frac{6\rho_{comb} * cc}{0,01425} \right) * d \quad (6)$$

$$g_{HC} = \left(\frac{42 \frac{\%HC}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + (3 * \frac{\%HC}{\%CO_2}) + 1} * \frac{6\rho_{comb} * cc}{0,01425} \right) * d \quad (7)$$

$$g_{NO} = \left(\frac{30 \frac{\%NO}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + (3 * \frac{\%HC}{\%CO_2}) + 1} * \frac{6\rho_{comb} * cc}{0,01425} \right) * d \quad (8)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de los resultados del Rendimiento de Combustible

Análisis de los resultados del Rendimiento de Combustible en Ruta

Se obtiene, en la tabla 14, los resultados del consumo de combustible de cada uno de los vehículos, en donde nos indica el impacto que tiene el consumo de combustible al aplicar el modo de conducción ecológica o ecodriving en condiciones de ruta.

Tabla 14

Consumo de combustible en Ruta

Conducción	Kia picanto		Chevrolet sail		Vw gol	
	Normal	Ecodriving	Normal	Ecodriving	Normal	Ecodriving
Prueba	Consumo Combustible					
	(l/ km)					
1	0,088	0,086	0,086	0,084	0,088	0,086
2	0,087	0,071	0,092	0,077	0,096	0,088
3	0,092	0,077	0,091	0,083	0,092	0,084
Promedio	0,089	0,079	0,090	0,081	0,092	0,086

Fuente: Autor

Con respecto al kia picanto podemos decir que utiliza en promedio 0,089 l/km de combustible en una distancia de 17 km con conducción normal, mientras que al aplicar conducción ecodriving utiliza en promedio 0,079 l/km de combustible en la misma distancia recorrida, lo cual representa una diferencia del 11.24%, como se indica en la grafica 10.

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

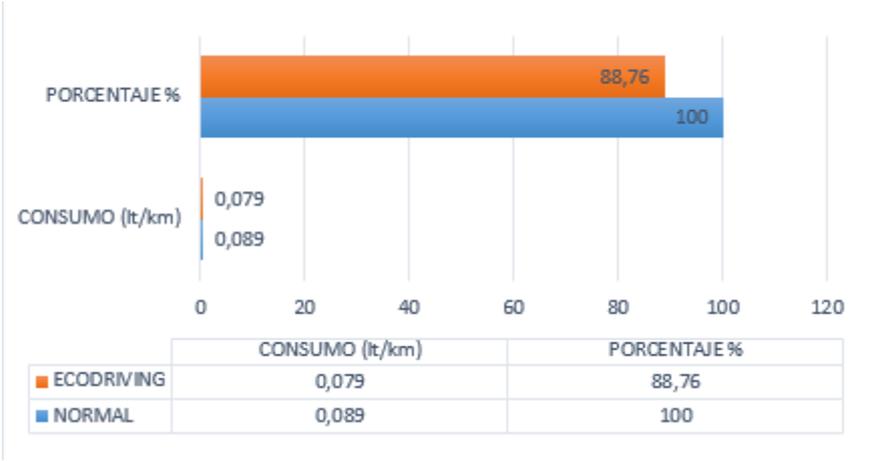


Figura 10. Gráfica consumo combustible Picanto
Fuente: Autor

Además, una vez obtenidos los datos del consumo de combustible del Chevrolet sail, se dice que utiliza en promedio 0,090 l/km de combustible en una distancia de 17 km con conducción normal, mientras que al aplicar conducción ecodriving utiliza en promedio 0,081 l/km de combustible en la misma distancia recorrida, lo cual representa una diferencia del 10 %, como se indica en la gráfica 11.

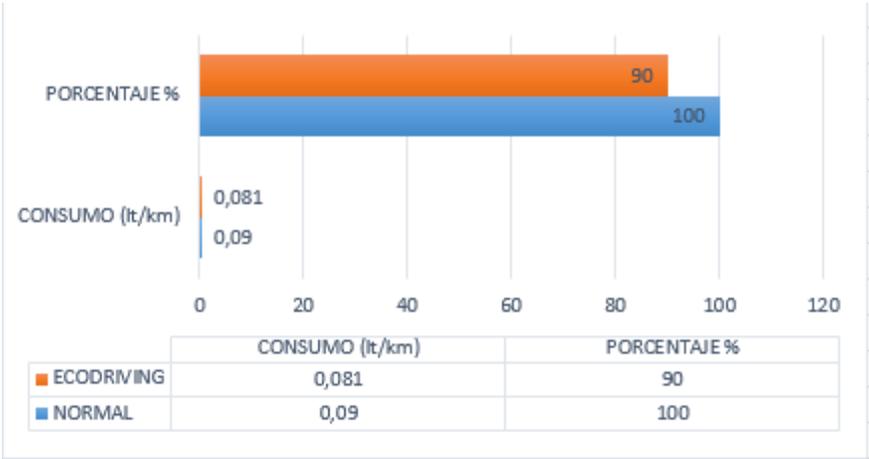


Figura 11. Gráfica consumo combustible Sail
Fuente: Autor

Finalmente, y con los resultados tabulados del consumo de combustible del vehículo Volkswagen gol, se analiza que, utiliza en promedio 0,092 l/km de combustible en una distancia

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECODRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

de 17 km con conducción normal, mientras que al aplicar conducción ecodriving utiliza en promedio 0,086 l/km de combustible en la misma distancia recorrida, lo cual representa una diferencia del 6.52 %, como se indica en la gráfica 12.

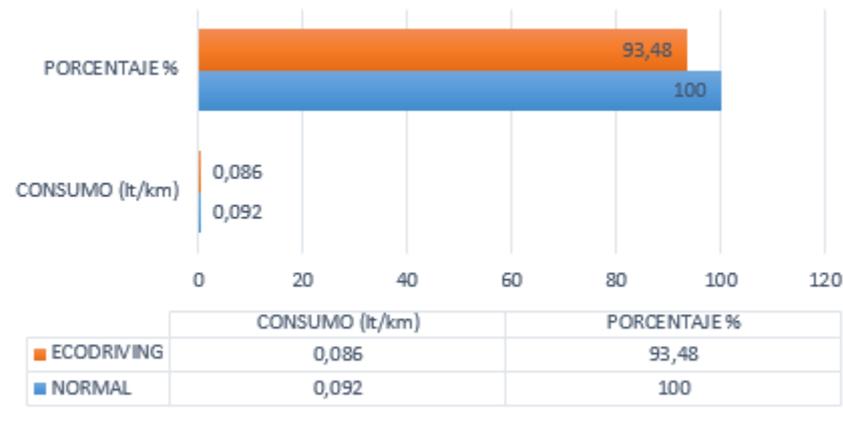


Figura 12. Gráfica consumo combustible Gol
Fuente: Autor

Análisis de los resultados del Rendimiento de Combustible en Dinamómetro

A continuación, en la tabla 15, se han obtenido los resultados del consumo de combustible efectuados en condiciones de dinamómetro, tanto para conducción normal como para conducción ecodriving.

Tabla 15

Consumo de combustible en Dinamómetro

Conducción	Kia picanto		Chevrolet sail		Vw gol	
	Normal	Ecodriving	Normal	Ecodriving	Normal	Ecodriving
Prueba	Consumo Combustible (l/ km)					
1	0,077	0,054	0,077	0,065	0,091	0,075
2	0,070	0,060	0,084	0,065	0,099	0,072
3	0,067	0,058	0,076	0,063	0,094	0,075
Promedio	0,071	0,057	0,079	0,064	0,095	0,074

Fuente: Autor

Para ello, se ha analizado lo siguiente:

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECODRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

El Kia Picanto consumió en promedio 0,071 l/km en una distancia de 4.16 km con conducción normal, mientras que aplicando conducción ecológica o ecodriving en la misma distancia recorrida consumió 0,057 l/km, en donde el consumo de combustible presenta una diferencia del 19.72 %, como se indica en la grafica 13.

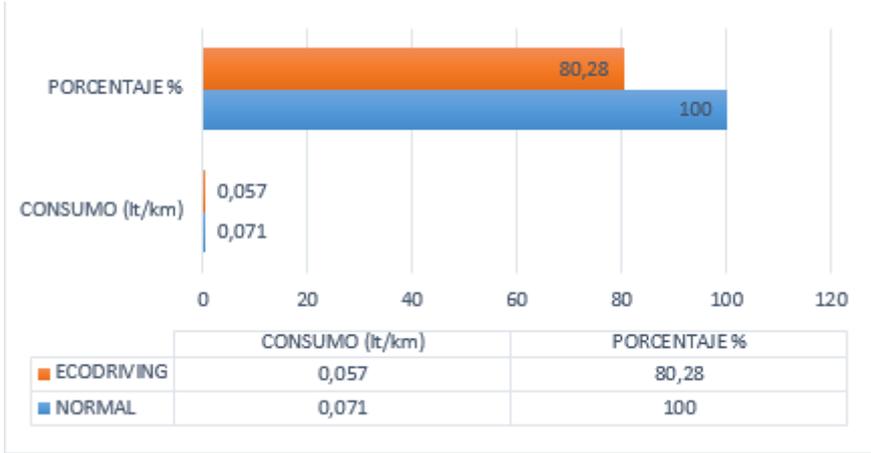


Figura 13. Gráfica consumo combustible Picanto
Fuente: Autor

En base a los resultados del consumo de combustible en el Chevrolet sail, se deserta que; con el modo de conducción normal, consumió 0,079 l/km en una distancia de 4.16 km, mientras que al aplicar conducción ecológica en la misma distancia recorrida consumió 0,064 l/km, teniendo una diferencia del 18.99 %, misma reducción se observa en la grafica 14.

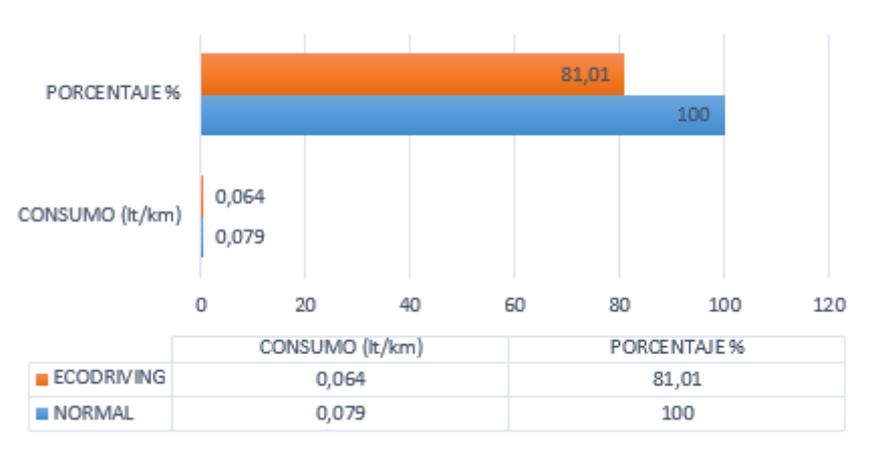


Figura 14. Gráfica consumo combustible Sail
Fuente: Autor

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECODRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

Con respecto al consumo de combustible que tuvo el Volkswagen gol, se puede decir que, consumió aplicando modo de conducción normal un promedio de 0,095 l/km en una distancia recorrida de 4.16 km, a diferencia de que al aplicar el modo de conducción ecológica consumo en promedio 0,074 l/km la misma distancia, de esta manera se reduce en un 22.11 %, como muestra la gráfica 15.

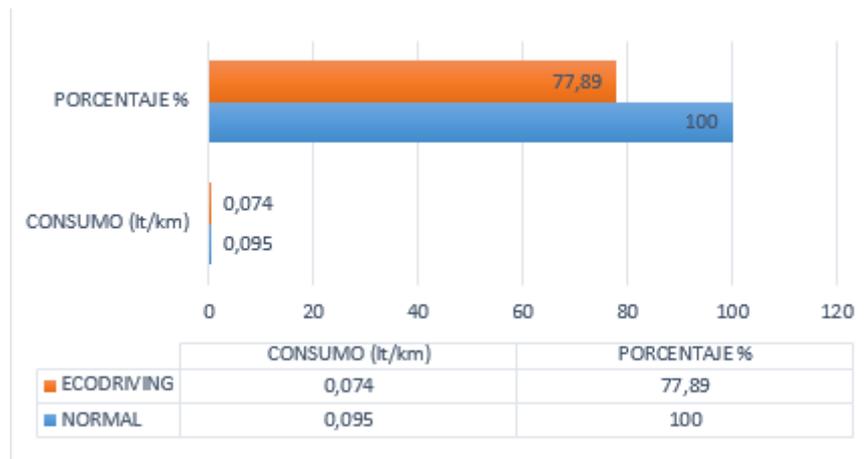


Figura 15. Gráfica consumo combustible Gol
Fuente: Autor

Estos resultados son similares con el estudio de (Baric & Zobak, 2013), en los cuales el consumo de combustible del conductor antes del entrenamiento en condiciones de ruta ascendió a 27,64 L/100km y después de la formación a 20,9 L/100 km que significa una reducción del 24.38 %. Además, coincide con lo referenciado (Luján, Guardiota, & Pla, 2018), donde refieren que al conducir siguiendo una conducción ecológica se reduce el consumo de combustible en un 14 % en comparación con los estilos de conducción normales.

Comparativa Pruebas en Ruta Vs Comparativa Pruebas en Dinamómetro

En la figura 16, se puede apreciar de manera gráfica, que, en condiciones de ruta, utilizando cada uno de los promedios resultantes de las tres mediciones tanto en conducción normal y conducción ecodriving, el consumo de combustible difiere para cada modelo, esto depende de

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECODRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

la cilindrada que maneja cada auto, se tiene los mejores resultados con cilindradas menores.

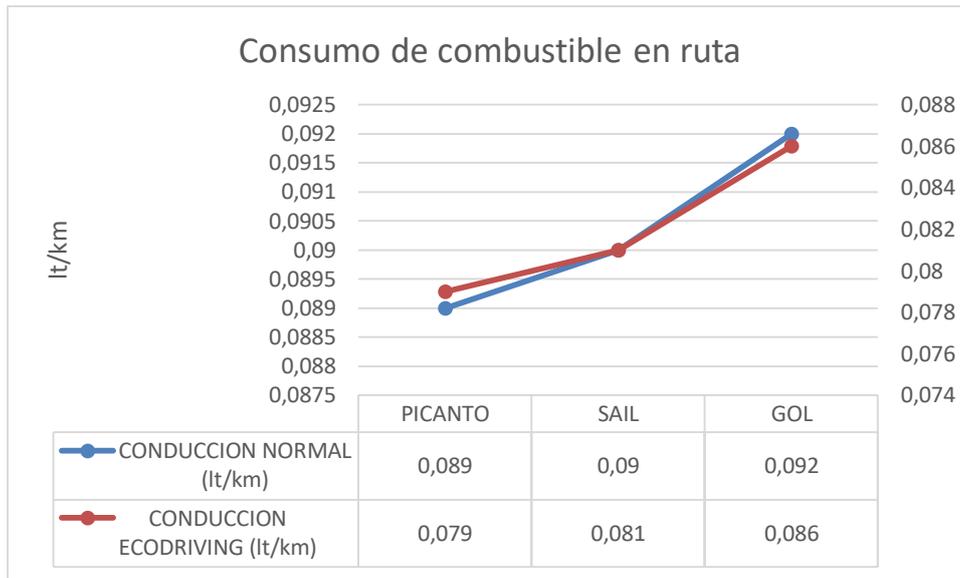


Figura 16. Gráfica de consumo de combustible en ruta
Fuente: Autor

Además, en la figura 17, se puede apreciar de manera gráfica, que, en condiciones de dinamómetro, utilizando cada uno de los promedios resultantes de las tres mediciones tanto en conducción normal y conducción ecodriving, el consumo de combustible difiere para cada modelo, esto depende de igual manera de la cilindrada que maneja cada uno de los modelos de vehículos.

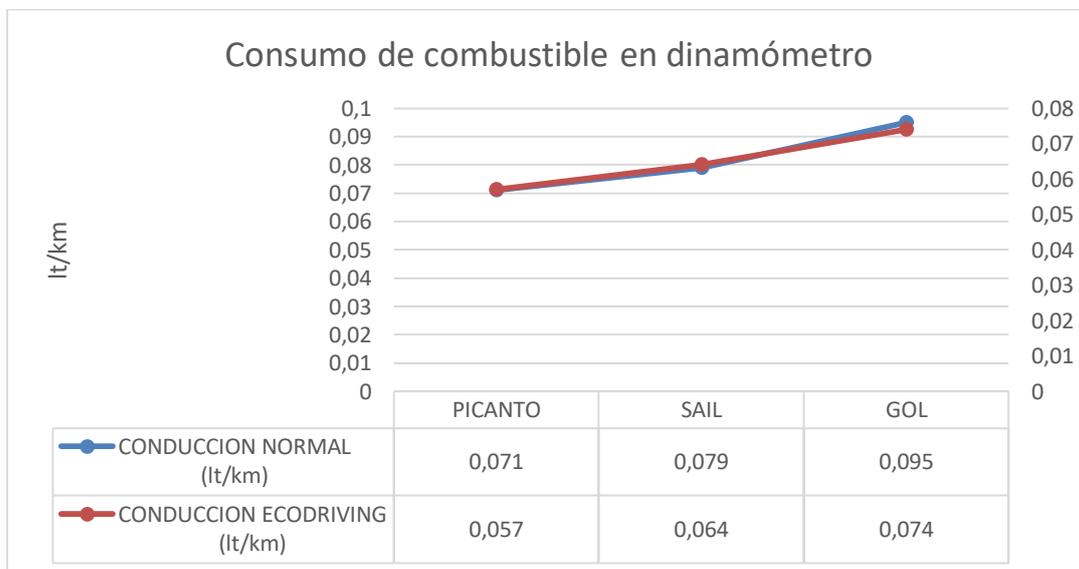


Figura 17. Gráfica de consumo de combustible en dinamómetro
Fuente: Autor

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

Se puede finalizar diciendo que, en condiciones de dinamómetro el consumo de combustible fue menor en relación al consumo en ruta, esto debido a que el ciclo de conducción elegido (10-15 japonés) en dinamómetro no es similar en relación a un ciclo en ruta ya que intervienen factores muy importantes que son: condiciones atmosféricas, tránsito vehicular, semáforos, estado de vía, altura, temperatura ambiente, por ende al estar expuestos a esta serie de factores el consumo en ruta va a ser mayor.

Además, se puede añadir que, al aplicar ecodriving tanto en pruebas de ruta como en dinamómetro si existe diferencia en reducción de combustible, el auto mas económico con respecto al rendimiento de combustible es el kia picanto, le sigue el Chevrolet sail y finalmente el Volkswagen gol, esto se traduce a que mientras menor sea su cilindrada mayor es el rendimiento de combustible.

Este análisis se puede acotar en la figura 18, en donde se muestran los efectos de cada una de las variables independientemente donde: el vehículo a medida que disminuye su cilindrada contribuye a aumentar el rendimiento, así cuando se aplica conducción *Ecodriving* y en condiciones de dinamómetro.

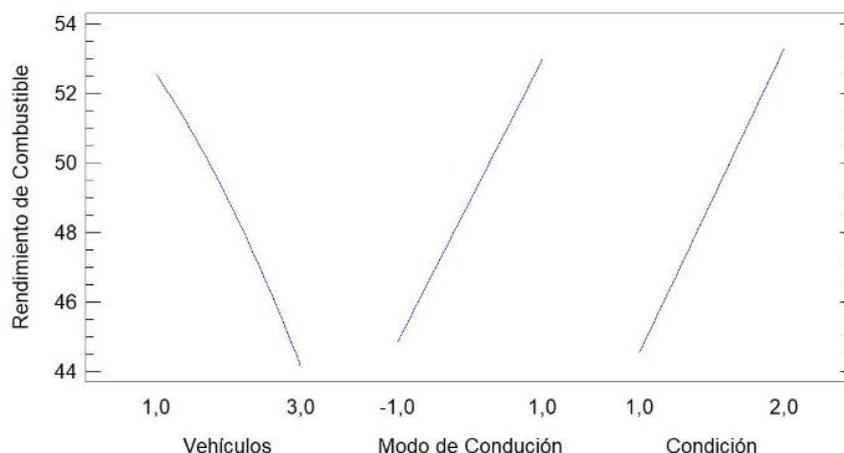


Figura 18. Efectos principales para el rendimiento de combustible
Fuente: Autor

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

Según (Mensing, Bideaux, Trigui, & Ribet, 2014), el factor que permite elevar el rendimiento y la eficiencia de energía térmica son los motores con capacidades volumétricas inferiores, debido a que estos poseen bloques más modernos, tecnologías modernas, utilizan menos pistones, por ende, menor cilindrada y mayor potencia específica.

En las figuras 19 y 20, se representa la relación que posee el rendimiento de combustible en función del tipo de vehículo y el modo de conducción para las diferentes condiciones de prueba; se puede apreciar que los mejores resultados se presentan en ambos casos (pruebas en dinamómetro y ruta) para los vehículos con menores cilindradas en el modo de conducción ecodriving.

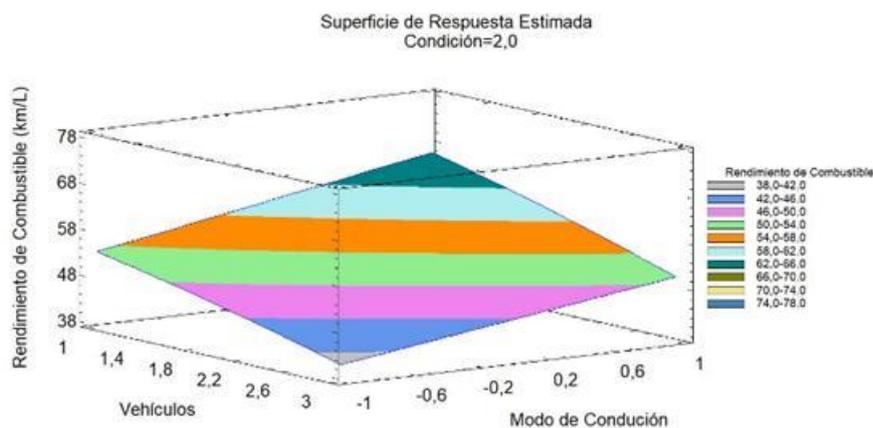


Figura 19. Superficie de respuesta para el análisis del Rendimiento del combustible en condiciones de dinamómetro
Fuente: Autor

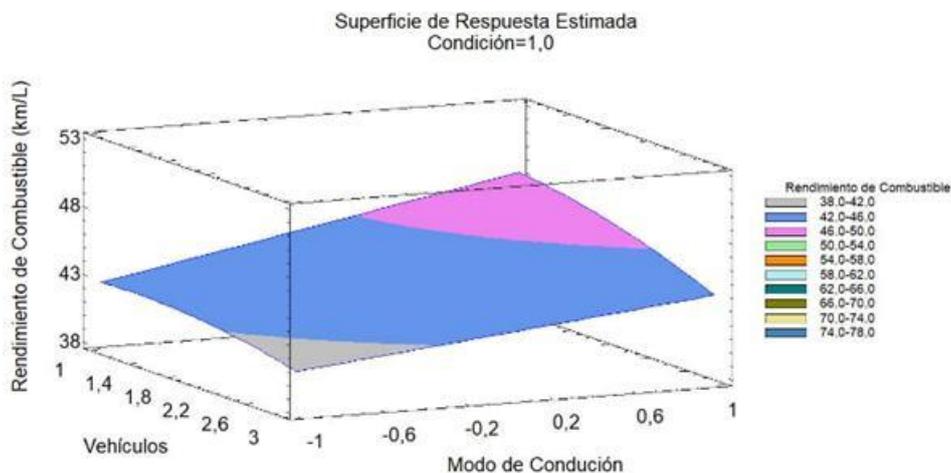


Figura 20. Superficie de respuesta para el análisis del Rendimiento del combustible en condiciones de ruta
Fuente: Autor

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

En la figura 21, se aprecia con el diagrama de Pareto que los factores con mayor incidencia en el rendimiento son: el vehículo (el cual representa el cambio de la cilindrada), la condición de la prueba y el modo de conducción y sus interacciones.

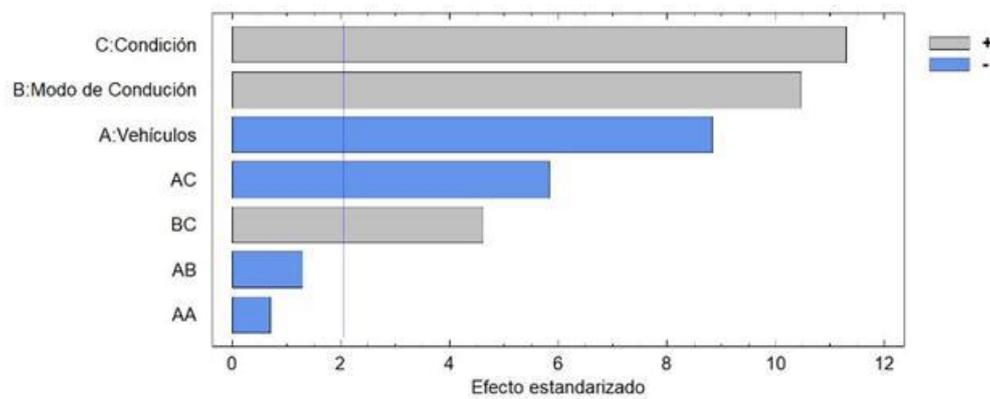


Figura 21. Superficie de respuesta para el análisis del Rendimiento del combustible
Fuente: Autor

Análisis de resultados de Factores de Emisión

Análisis de los resultados para los factores de emisión en dinamómetro

Se obtiene, en las tablas 16, tabla 17 y tabla 18, los resultados de los factores de emisión tanto para FCO, FHC y FNO_x en conducción normal y conducción ecodriving para cada modelo de vehículo.

Tabla 16

Factores de emisión kia Picanto

Prueba	Conducción Normal (1)				Conducción Ecológica (2)			
	Consumo (l/km)	FCO (g/km)	FHC (g/km)	FNO _x (g/km)	Consumo (l/km)	FCO (g/km)	FHC (g/km)	FNO _x (g/km)
1	0,077	2,345	0,027	0,013	0,054	2,079	0,029	0,009
2	0,070	2,013	0,022	0,011	0,060	2,186	0,030	0,008
3	0,067	1,861	0,020	0,010	0,058	2,200	0,030	0,008
Promedio	0,071	2,073	0,023	0,011	0,057	2,155	0,030	0,008

Fuente: Autor

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

Tabla 17

Factores de emisión Chevrolet sail

Prueba	Conducción Normal (1)				Conducción Ecológica (2)			
	Consumo (l/km)	FCO (g/km)	FHC (g/km)	FNO _x (g/km)	Consumo (l/km)	FCO (g/km)	FHC (g/km)	FNO _x (g/km)
1	0,077	2,049	0,032	0,053	0,065	1,600	0,028	0,051
2	0,084	1,550	0,034	0,061	0,065	1,614	0,023	0,044
3	0,076	1,839	0,026	0,044	0,063	1,423	0,018	0,041
Promedio	0,079	1,813	0,031	0,051	0,064	1,546	0,023	0,046

Fuente: Autor

Tabla 18

Factores de emisión Volkswagen Gol

Prueba	Conducción Normal (1)				Conducción Ecológica (2)			
	Consumo (l/km)	FCO (g/km)	FHC (g/km)	FNO _x (g/km)	Consumo (l/km)	FCO (g/km)	FHC (g/km)	FNO _x (g/km)
1	0,091	4,749	0,095	0,068	0,075	3,567	0,076	0,057
2	0,099	3,827	0,074	0,073	0,072	3,554	0,064	0,055
3	0,094	4,495	0,095	0,071	0,075	3,871	0,078	0,061
Promedio	0,095	4,357	0,088	0,071	0,074	3,664	0,073	0,058

Fuente: Autor

Análisis de Factor de Emisión CO

De las tablas antes presentadas se ha escogido los datos promedios de FCO tanto en conducción normal como en conducción ecodriving de cada uno de los modelos de vehículos, presentando los resultados en la tabla 19.

Tabla 19

Media Factor de emisión CO

AUTOS	FCO (gr/km)
PICANTO	2,114
SAIL	1,679
GOL	4,01

Fuente: Autor

En donde, en la figura 22, se puede apreciar gráficamente que el vehículo que menos porcentaje de factor de emisión CO emitio a la atmósfera fue el Chevrolet sail con una cilindrada de 14. cc, representando únicamente el 22 % de emisión, a comparación del kia picanto con una

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

cilindrada de 1.2 cc con 27 % y Volkswagen gol con un 51 % teniendo una cilindrada de 1.6 cc.

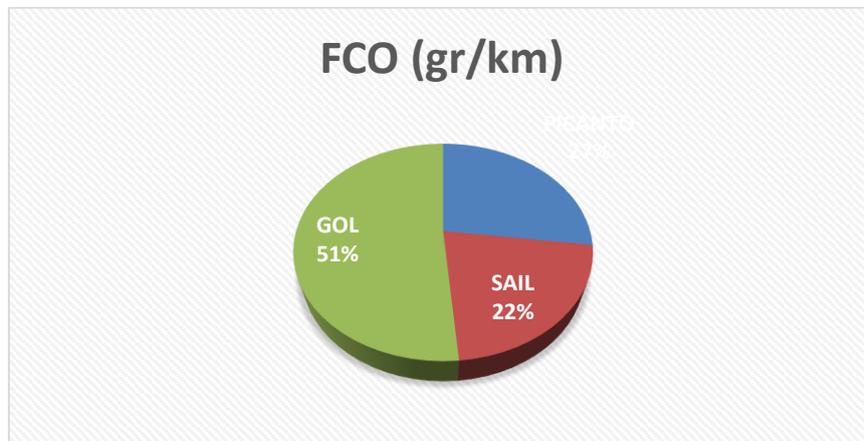


Figura 22. Porcentajes de emisión para FCO

Fuente: Autor

Se puede comprobar dichos resultados con el programa Statgraphics con respecto a los FCO, en donde haciendo énfasis en la tabla 20 y figura 23, existe diferencia significativa entre los tratamientos, presentándose los mejores resultados para los vehículos con cilindradas medias de 1.4 cc, independientemente del modo de conducción, aunque se debe destacar que en conducción Ecodriving los valores son menores. Los resultados más críticos se obtienen para las mayores cilindradas.

Tabla 20

Tratamientos para el análisis de diferencias significativas para el FCO

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T4 FCO	3	1,54567	X
T3 FCO	3	1,81267	XX
T1 FCO	3	2,073	X
T2 FCO	3	2,155	X
T6 FCO	3	3,664	X
T5 FCO	3	4,357	X

Nota: Método: 95,0 porcentaje LSD

Fuente: Autor

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

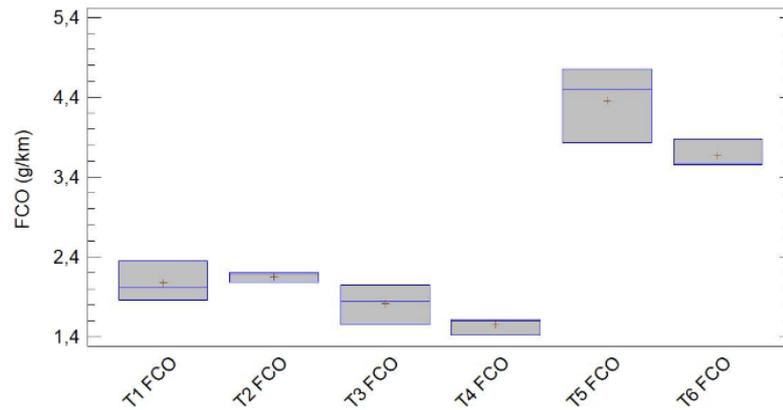


Figura 23. Gráfico comparativo para FCO
Fuente: Autor

Los factores para el incremento del CO constituyen un alto par motor, alto cilindraje, número de revoluciones y el coeficiente de aire (Gongbin, 2013), en el caso de la conducción eficiente se trata de mantener constantes las rpm y par motor medio, lo que indica que la variación de CO es mayor debido a que se tiene un coeficiente de aire de modo casi lineal con tendencia a mezcla rica. En el estudio desarrollado por ^(Haworth, 2001), concluye que la conducción ecológica no necesariamente produce reducción de CO, porque se llevan a cabo en diferentes ambientes especificados de prueba y limitaciones, tales como tipo de vehículo, ciclo de conducción, etc., lo cual corrobora con los datos obtenidos en el presente estudio.

Análisis de Factor de Emisión HC

De las tablas antes presentadas se ha escogido los datos promedios de FHC tanto en conducción normal como en conducción ecodriving de cada uno de los modelos de vehículos, presentando los resultados en la tabla 21.

Tabla 21
Media Factor de emisión HC

AUTOS	FHC (gr/km)
PICANTO	0,03
SAIL	0,03
GOL	0,08

Fuente: Autor

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

En donde, en la figura 24, se puede apreciar gráficamente que los vehículos que menos porcentaje de factor de emisión HC emiten a la atmósfera fueron el Kia Picanto con una cilindrada de 1.2 cc con el 22 % y el Chevrolet sail con una cilindrada de 1.4cc con el 21 %, a comparación del Volkswagen gol con un 51 % de emisión mismo que posee una cilindrada de 1.6 cc.



Figura 24. Porcentajes de emisión para FHC
Fuente: Autor

Se corrobora con los resultados obtenidos mediante el programa Statgraphics, en el cual, y haciendo referencia en la tabla 22 y figura 25, con respecto a los FHC, se diserta que, existe diferencia significativa entre los tratamientos, presentándose los mejores resultados para los vehículos con cilindradas entre 1.2 y 1.4 cc, independientemente del modo de conducción. Para vehículos con cilindradas superiores los mejores resultados se obtienen en conducción *Ecodriving*.

Tabla 22

Tratamientos para el análisis de diferencias significativas para el FHC

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T4 FHC	3	0,023	X
T1 FHC	3	0,023	X
T2 FHC	3	0,0296667	X
T3 FHC	3	0,0306667	X
T6 FHC	3	0,0726667	X
T5 FHC	3	0,088	X

Nota: Método: 95,0 porcentaje LSD

Fuente: Autor

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

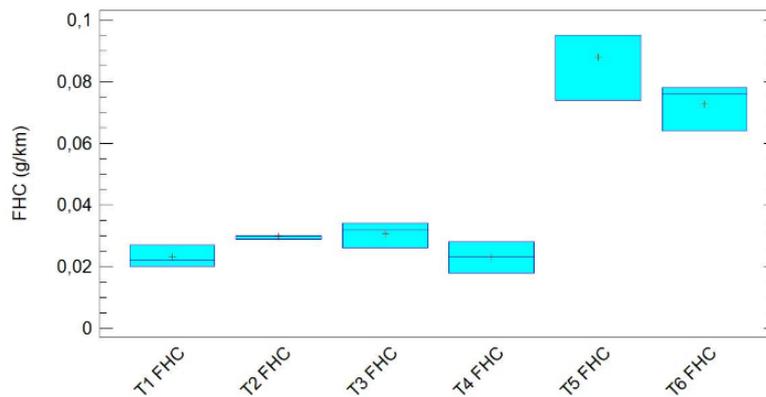


Figura 25. Gráfico comparativo para FHC
Fuente: Autor

Se determinó además que, existe diferencia significativa entre los modos de conducción para el caso del factor de emisión HC, lo cual coincide con estudios realizados por (Mensing, Bideaux, Trigui, & Ribet, 2014), donde se obtiene una reducción de los HC del 7.4 % en vehículos de bajas cilindradas entre (1.0 a 1.5cc) en una simulación de un vehículo liviano a una altura de 169 msnm aplicando la conducción eficiente, la diferencia de dichos resultados puede estar dada por las condiciones de altura a la cual se realizaron los estudios a más del ciclo de prueba escogido para la experimentación en el laboratorio.

Análisis de Factor de Emisión NOx

De las tablas antes presentadas se ha escogido los datos promedios de FNOx tanto en conducción normal como en conducción ecodriving de cada uno de los modelos de vehículos, presentando los resultados en la tabla 23.

Tabla 23

Media Factor de emisión FNOx

AUTOS	FNOx (gr/km)
PICANTO	0,009
SAIL	0,05
GOL	0,06

Fuente: Autor

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

En donde, en la figura 26, se puede apreciar gráficamente que el vehículo que menos porcentaje de factor de emisión FNOx emite a la atmósfera fue el Kia Picanto con una cilindrada de 1.2 cc con el 8 %, el Chevrolet sail con una cilindrada de 1.4cc con el 42 %, y el Volkswagen gol con una cilindrada de 1.6 cc con el 51 % de emisión.



Figura 26. Porcentajes de emisión para FNOx
Fuente: Autor

El análisis realizado anteriormente se corrobora utilizando el programa statgraphics, el cual nos indica que en base a la tabla 24 y figura 27, con respecto al FNOx, concluye que existe diferencia significativa entre los tratamientos, presentándose los mejores resultados para los vehículos con cilindrada de 1.2 cc, independientemente del modo de conducción; aunque se debe destacar que en conducción *Ecodriving* los valores son menores.

Tabla 24
Tratamientos para el análisis de diferencias significativas para FNOx

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T2 FNOx	3	0,00833333	X
T1 FNOx	3	0,0113333	X
T4 FNOx	3	0,0453333	X
T3 FNOx	3	0,0526667	XX
T6 FNOx	3	0,0576667	X
T5 FNOx	3	0,0706667	X

Nota: Método: 95,0 porcentaje LSD

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

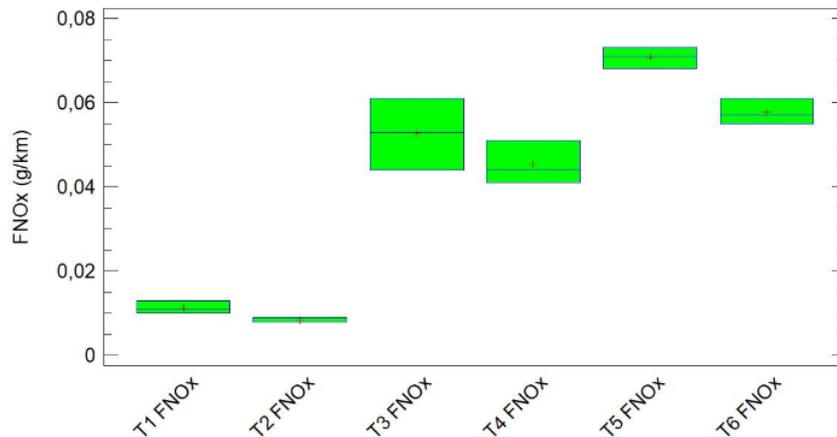


Figura 27. Gráfico comparativo para FNOx
Fuente: Autor

Estos resultados se revalidan con el estudio desarrollado por (Haworth, 2001), donde se manifestó que al aplicar conducción normal y conducción eficiente con una velocidad media entre 60 km/h y 80 km/h con cilindradas bajas, se reducen estas emisiones, debido a que el régimen de trabajo es más lineal y por tanto las temperaturas de trabajo en el interior del cilindro son más estables.

Cálculo Anual de consumo de combustible en cada uno de los vehículos

Para el cálculo de consumo anual de combustible se va a tomar como referencia si un vehículo en promedio recorre 20.000 Kms, para ello se ha tomado en cuenta las medias de los consumos en lt/km para cada vehículo tanto para conducción normal y conducción ecodriving realizados en ruta con una distancia de 17km y con un costo de \$ 2,89 el galon de combustible súper, los resultados se indican en la tabla 25:

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

Tabla 25

Cálculo anual de consumo de combustible en cada uno de los vehículos

Auto	Conducción	Distancia (km)	Consumo (Lt/km)	Consumo (Lt/20000km)	Consumo (gal)	Costo (\$)
Picanto	Normal	17	0,089	1780	470,22	\$ 1358,94
	Eco	17	0,079	1580	417,39	\$ 1206,26
Sail	Normal	17	0,09	1800	475,51	\$ 1374,52
	Eco	17	0,081	1620	427,96	\$ 1236,80
Gol	Normal	17	0,092	1840	486,08	\$ 1404,77
	Eco	17	0,086	1720	454,37	\$ 1313,13

Fuente: Autor

Posterior al análisis del consumo de combustible al año con un promedio de 20000 kms de recorrido se tiene que en el kia picanto en conducción normal nos consumiría 470.22 gal con un gasto anual de \$ 1358.94 USD, mientras que aplicando conducción ecodriving nos consumiría 417.39 gal con un gasto anual de \$ 1206.26 USD, teniendo un ahorro de \$ 152.68 USD anuales y una reducción de 52,83 galones al año.

Con un promedio de 20000 kms de recorrido se tiene que en el Chevrolet Sail en conducción normal nos consumiría 475.51 gal con un gasto anual de \$ 1374.22 USD, mientras que aplicando conducción ecodriving el consumo disminuiría a 427.96 gal con un gasto anual de \$ 1236.80 USD, teniendo un ahorro de \$ 137.42 USD anuales y una reducción de 47,55 galones al año.

Mientras que en la misma distancia de recorrido en el Volkswagen Gol en conducción normal nos consumiría 486.08 gal con un gasto anual de \$ 1404.77 USD, mientras que aplicando conducción ecodriving el consumo disminuiría a 454.37 gal con un gasto anual de \$ 1313.13 USD, teniendo un ahorro de \$ 91.64 USD anuales y una reducción de 31,71 galones.

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

CONCLUSIONES

- El análisis que se realizó mediante la búsqueda exhaustiva de bibliografía permitió dar paso a nuestro estudio, para que se pueda validar la aplicación de la conducción ecológica en nuestro país, en condiciones de altura en un MEP (Motor de encendido provocado).
- Se selecciono para las pruebas dinámicas un ciclo de conducción modal (Japones Modo 10-15) diseñado para periodos prolongados a velocidades constantes, mientras que en ruta se selecciono un trayecto validado por el Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV), en donde simula las condiciones de altura que varía en Quito, los ciclos elegidos estuvieron acorde a la movilidad de transporte actual en nuestra ciudad, obteniendo datos reales en condiciones de trabajo diario en un automotor.
- Con respecto al rendimiento del combustible en función del tipo de vehículo y el modo de conducción para las diferentes condiciones de prueba; se apreció que los mejores resultados se presentan en las pruebas en dinamómetro y en las pruebas en ruta para los vehículos con menores cilindradas en el modo de conducción Ecodriving, de la misma forma se acota que en mención al consumo de combustible tenemos que en los tres vehículos con conducción normal en pruebas de ruta consumió un promedio de 0.090 l/km vs 0.086 l/km en conducción ecodriving, teniendo una reducción del 8.89 %, mientras que el consumo de combustible en condiciones de dinamómetro en conducción normal tuvo un promedio de 0.082 l/km vs 0.065 l/km con conducción ecodriving, teniendo una reducción del 20.73 %
- Los factores con mayor incidencia en el consumo y rendimiento de combustible fueron el vehículo con el cambio de la cilindrada, la condición de la prueba y el modo de

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

conducción.

- De manera general y haciendo el análisis por cada vehículo con cilindradas de: 1.2 kia picanto, 1.4 chevrolet sail y 1.6 volkswagen gol se puede acotar que, evaluando los resultados de rendimiento de combustible, el vehículo que encabeza la racionalización de energía térmica es el kia picanto tanto para conducción normal y conducción ecodriving, debido a que su motor es el que presenta menor cilindrada a comparación de los expuestos en las diferentes pruebas.
- El FCO presenta los mejores resultados para los vehículos con cilindradas de 1.4 cc (Chevrolet Sail) representando únicamente el 22 % de emisión a comparación del kia Picanto con una cilindrada de 1.2 cc con 27 % y Volkswagen gol con un 51 % teniendo una cilindrada de 1.6 cc.
- Analizando el FHC, se puede decir que existe diferencia significativa, presentándose los mejores resultados para los vehículos con cilindradas entre 1.2 y 1.4 cc, con el 22 % (Picanto) y el Chevrolet Sail con el 21 %, a comparación del Volkswagen gol con un 51 % de emisión mismo que posee una cilindrada de 1.6 cc.
- En base a los resultados obtenido para los FNOx, se concluye que presenta los mejores resultados para los vehículos con cilindrada de 1.2 cc (Picanto) con el 8 %, el Chevrolet Sail con una cilindrada de 1.4cc con el 42 %, y el Volkswagen gol con una cilindrada de 1.6 cc con el 50 % de emisión.
- Finalmente, y de manera global en base a todos los resultados obtenidos con respecto a cada uno de los factores de emisión por cada modelo de vehículo, se puede decir que los vehículos que emiten menos GEI a la atmósfera son: el kia picanto con una cilindrada de 1.2, y el Chevrolet sail con una cilindrada de 1.4.

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios similares, con diferentes combustibles y capacidades antidetonantes de los mismos, de esta manera se podrá evaluar el comportamiento para cada experimentación deseada.
- Se recomienda a la sociedad que, con el uso de técnicas de manejo eficiente se puede aumentar el rendimiento de combustible, prioritario en la economía de los hogares en el Ecuador, además de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que actualmente influyen a nivel mundial con el calentamiento global.
- Inculcar a la población que, el momento de adquirir un vehículo, este sea escogido en base a una determinación que corrobore a cuidar la economía en el hogar por factores como: consumo de combustible por kilómetro, costos de mantenimiento y cuidado al medio ambiente, de esta manera creamos responsabilidad social.

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

BIBLIOGRAFÍA

- Aeade. (2019). Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador.
- Aguilar Monterrey, S. (2019). Propuesta de un plan de ambiental para el monitoreo y mitigación del material particulado MP10, del ruido de los gases CO, CO₂, SO_x, Nox, para mejorar la calidad del aire en el malecón de atraque al servicio del Perú.
- Alam, M., & A, M. (2014). A critical review and assessment of Eco-driving policy & Technology: Benefits& limitations. *Transp. Policy*.
- Andrade M, A. &. (2016). Emisiones de gases de efecto invernadero por uso de combustibles fósiles en Ibagué. *Corpoica Cienc. y Tecnol Agropecu.*
- Andrieu, G., & Saint Pierre, C. (2014). Evaluation of ecodriving performances and teaching method; comparing training and simple advice. *EJTIR*, 201-213.
- Badillo Beltran, J., Latorre Bayona, L., & Orejuela Rondon, C. &. (2018). Conocimientos de una comunidad de Bucaramanga sobre la contaminación ambiental y sus efectos en la salud de los niños de 5 a 12 años.
- Baric, D., & Zovak, G. &. (2013). Effects of eco-drive education on the reduction of fuel consumption and CO₂ emissions. *Promet - Traffic & Transportation*, 265-272.
- Baric, M., Zovak, D., & Perisa, G. (2013). Effects of eco-drive education on the reduction of fuel consumption and CO₂ EMISSIONS. *Promet- Traffic & Transportation*, 265-272.
- Ccicev. (2019). *Procedimiento de ensayos de laboratorio*. Quito - Ecuador.
- Cordoba, M. (2015). Using a gamification tool to save fuel. *IEEE Intell Transp Syst Mag*, 58-70.
- Correa Espinal, A., & Salazar A & Cogollo, J. (2010). Ecaluación del efecto de la conducción eficiente en el consumo de combustible en vehículos de transporte de carga pesada usando diseño de experimentos.
- Darquea, D. (2018). Estudio de emisiones contaminantes utilizando combustibles locales. *INNOVA*, 23-34.
- Dib, G., Chasse, W., Moulin, A., & Sciarretta, P. (2014). Optimal Energy Management for an Electric vehicle in Eco-driving Applications. *Control Eng. Pract*, 299-307.
- Eraso, M. &. (2012). Análisis de la política de regulación de hidrocarburos para el combustible líquido en zonas de fronteras, aplicando para el municipio de Pasto, año 2011-2012. *Doctoral dissertation Universidad de Nariño*.
- Frey, D., & Eichenberger, C. (1997). Remote sensing of mobile source air pollutant emissions: variability and uncertainly in on-road emissions estimates of carbon monoxide and hydrocarbons for school and transit buses.
- Gaviria, C., & Benavides, F. &. (2011). Contaminación por material particulado (pm_{2,5} y PM₁₀) y

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

- consultas por enfermedades respiratorias en Medellín (2008-2009). *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*.
- Gongbin, Q. &. (2013). Microscopic Simulation Study of Eco/Driving Performance At Urban Intersections. *13 a Ed Word Conference on Transport Research*, 2-13.
- Guardía, Y., J. M., Sánchez, V., Llanes, E., & Rocha, J. &. (2018). Enhancements to the subject statistical design of experiments for students of the mechanical engineer. *Espacios*.
- Haworth, N. &. (2001). The relationship between fuel economy and safety outcomes. *Monash University Accident Research Centre*.
- Ho, V., & Wong, S. &. (2015). What can eco-driving do for sustainable Road Transport Perspectives from a city eco-driving progamme. *Sustain. Cities Soc*, 82-88.
- Iodice P, S. G. (2015). Effect of ethanol-gasoline blends on CO and HC emissions in last generation SI within the cold-start transient: An experimental investigation. *Appl Energy*, 159-175.
- K. M. Krajzewicz D., B. M. (2014). Second Generation of Pollutant Emission Models for SUMO. *Second SUMO User Conference*, (pp. 203-221).
- Lapuerta, C., Armas, M., & Agudelo, O. (2006). Study of the Altitude Effect on Internal Combustion Engine Operation. *Performance: Inf. tecnológica*, 21-30.
- Larue, G., Malik, H., & Rakotonirainy & Demmel, S. (590-597). Fuel consumption and gas emissions of an automatic transmission vehicle following simple eco-driving instructions on urban roads. *IET Intell, Transp. Syst*, 2014.
- Leguisamo, J., Celi, S., & Norona, M. &. (2018). Estudio de emisiones contaminantes producidas por un motor MEP con transmisión automática y transmisión manual. *INNOVA Research Journal*, 120-128.
- Lizarazu, R. &. (2013). Escenarios de emisión de gases de efecto invernadero CO₂ en el sector energético en Bolivia. *Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico*, 77-98.
- López Terán, J. (2013). Evaluación del consumo de combustible de vehículos livianos en el Distrito Metropolitano de Quito.
- Luján, J., Guardiota, C., & Pla, B. &. (2018). Fuel and pollutant efficient vehicle speed optimization in real driving conditions. *IFAC-PapersOnLine*, 225-232.
- Mclloroy, R., & Stanton, N. A. (2016). What do people know about eco-driving? An exploratory survey study. *Ergonomics*, 754-769.
- Mensing, B., Bideaux, E., Trigui, R., & Ribet, J. &. (2014). Eco-driving: An Economic or Ecologic Driving Style. *Transp. Res Part C Emerg Technol*, 110-121.
- Mora, C. (2009). El consumo de combustible en Bogota, una aproximacion macroeconomica. *Observatorio de la Economia de Latinoamerica*, 114.
- Morello, E., & Toffolo, S. &. (2016). Impact Analysis of ecodriving behaviour using suitable simulation platformf (ICT-EMISSIONS Project). *Transportation Research Procedia*.
- Ocaña Huerta, L. (2014). Cálculo de factores de emisión vehicular para la zona urbana de Quito en

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES

base al análisis de los registros de la revisión técnica vehicular del año 2013 y monitoreo en ruta de campo.

Qu, X., Li, L., Chen, M., & Lu. (n.d.).

Qu, X., Li, L., Chen, M., Lu, D., & Jin, K. &. (2015). Multivariate analysis between driving condition and vehicle emissions for light duty gasoline vehicles during rush. *Atmos. Environment*, 103-110.

Quichimbla, F., & Soliz, J. (2017). Desarrollo de ciclos de conducción en ciudad, carretera y combinado para evaluar el rendimiento real del combustible de un vehículo con motor ciclo Otto en el Distrito Metropolitano de Quito.

Rodríguez, S., Areco, L., & Duarte L & MartínezL, C. (2018). Monitoreo de los niveles de benceno, hidrocarburos aromáticos y compuestos oxigenados en combustibles fósiles importados en Paraguay. *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*, 57-66.

Rogel Gutiérrez, E., & Pineda, I. &. (2019). Política Económica de la Union Europea en la disminución del consumo de hidrcarburos desde el 2020. *Revista Universidad y Sociedad*, 15-30.

Rutty, H., mATTHEWS, M., & Andrey, L. &. (2013). Eco-driver training within the city of calgary`s municipal fleet: Monitoring the impact. *Transp. Res. Part Transportation Environment*, 44-51.

Téllez, J. &. (2006). Contaminación por monóxido de carbono: un problema de salud ambiental. *Revista de Salud Pública*, 108-117.

Tibaquicha, G., & Carolina, D. (2018). Como mejorar el rendimiento de la flota en una empresa transportadora en cuanto a mantenimiento y combustible.

Tipanluisa, L., Remache, A., & Ayabaca, C. &. (2017). Emisiones contaminantes de un Motor de Gasolina funcionando a dos cotas con combustibles de dos calidades. *Información Tecnológica*, 03-12.

Toro, M., Ramírez, J., & Quinceno, R. &. (2001). Cálculo de la emisión vehicular de contaminantes atmosféricos en la ciudad de Medellín mediante factores de emisión Corinair. *Revista Acodal*, 42-49.

Tortojada, I., Castell, I., Andreu, G., Domingues, I., & Garcia, G. &. (2001). Enfermedades asociadas a la polución atmosférica por combustibles fósiles. *Aspectos pediátricos*, 213-225.

ANEXOS

ANEXO A

Ingreso del vehículo al área de pruebas



ANEXO B

Llenado de la bomba liquimoly con gasolina súper



ANEXO C

Conexión del analizador de gases al tubo de escape



ANEXO D

Cuantificación del combustible consumido al final del ciclo



ANEXO E

Conexión del GPS GARMIN (sensor)



ANEXO F

Inicio de la prueba en ruta



ANEXO G

Informe de resultados



Centro de Transferencia Tecnológica
para la Capacitación e Investigación
en Control de Emisiones Vehiculares

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE	Revisión 1	N°	CCICEV-04-00-03-2019-EFE - 692 - P1
	Página 1 / 2	FECHA:	4 de febrero de 2020
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza		

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN		
Evaluación Inicial <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>	
Reevaluación <input type="checkbox"/>	Evaluación RTV* 4 _{ta} rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>	
No. Visita <input type="text" value="1"/>	Otros <input type="checkbox"/>		

*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV

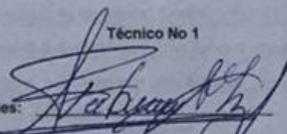
DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO			
Marca	KIA	VIN Chasis / Placa:	KNAB3512AKT403224 / PDH5851
Modelo:	PICANTO EX AC 1.2 4P 4X2 TM	Kilometraje:	13922
MOTOR (Datos del fabricante)**			
Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	G4LAJP107038
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A
Maxima Potencia (kw/rpm)	83 HP	Máximo Torque (Nm/rpm)	107 Nm
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	1248	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA	Categoría-Subcategoría-Clase	HATCHBACK
Tipo	M_1	Año modelo vehiculo	2019
Tonelaje	0,476	Pais de origen	COREA DEL SUR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	09 h 00 (18 de diciembre de 2019)	Hora final	10 h 00 (18 de diciembre de 2019)		
Prueba en ruta o laboratorio	PRUEBA EN LABORATORIO				
RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES					
Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,3	0,28	0,27	-	-
CO2 [%v]	14,08	13,89	14	-	-
HC [ppm]	23	20	19	-	-
O2 [%v]	0,32	0,61	0,5	-	-
NOx [ppm]	16	14	13	-	-

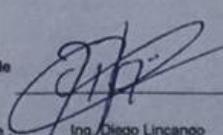
OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante

Técnico No 1

Firma Responsables: 

Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de Unidad: 

Nombre: Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE Revisión 1 N° CCICEV-04-00-03-2019-EFE - 692 - P1
 Página 2 / 2 FECHA: 4 de febrero de 2020

DATOS DEL CICLO UTILIZADO

CICLO DE PRUEBA		CICLO JAPONÉS MODO 10-15 (CONDUCCIÓN NORMAL)				
DISTANCIA RECORRIDA (Km)		4,16				
DISTANCIA RECORRIDA (m)		4160				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5	
Consumo en litros	0,32	0,29	0,28	-	-	

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Rendimiento (Km/lt)	13,000	14,345	14,857	-	-
Rendimiento (Km/Gl)	49,140	54,223	56,160	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,300	0,280	0,270	-	-
CO2 [%v]	14,080	13,890	14,000	-	-
HC [%v]	0,002	0,002	0,002	-	-
O2 [%v]	0,320	0,610	0,500	-	-
NOx [%v]	0,002	0,001	0,001	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,021	0,020	0,019	-	-
RHC	0,000	0,000	0,000	-	-
RNOX	0,000	0,000	0,000	-	-

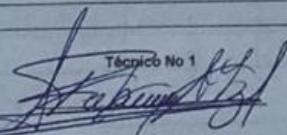
FACTORES DE EMISIÓN

Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			744	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	2,345	2,013	1,861	-	-
FHC (g/Km)	0,027	0,022	0,020	-	-
FNOX (g/Km)	0,013	0,011	0,010	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION

FCO (g/Km)	2,073
FHC (g/Km)	0,023
FNOX (g/Km)	0,011

OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante

Técnico No 1
 Firma: 
 Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de: 
 Nombre: Ing. Diego Lincango

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE	Revisión 1	N°	CCICEV-04-00-03-2019-EFE - 892 - P2
	Página 1/2	FECHA:	4 de febrero de 2020
TÉCNICOS RESPONSABLES		Fabían Iza	
OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN		TIPO DE EVALUACIÓN	
Evaluación Inicial <input type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>	
Reevaluación <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación RTV* _{4, rev} <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>	
No. Visita <input type="text" value="2"/>	Otros <input type="checkbox"/>		

*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO

Marca	KIA	VIN Chasis / Placa:	KNAB3512AKT403224 / PDH5851
Modelo:	PICANTO EX AC 1.2 4P 4X2 TM	Kilometraje:	13943

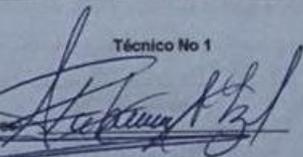
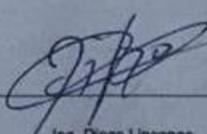
MOTOR (Datos del fabricante)**

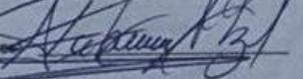
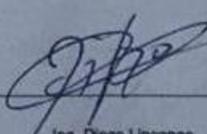
Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	G4LAJP107038
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A
Máxima Potencia (kw/rpm)	83 HP	Máximo Torque (Nm/rpm)	107 Nm
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	1248	Transmisión (manual/automática)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA	Categoría-Subcategoría-Clase	HATCHBACK
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2019
Tonelaje	0,476	País de origen	COREA DEL SUR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	10 h 00 (18 de diciembre de 2019)	Hora final	11 h 00 (18 de diciembre de 2019)		
Prueba en ruta o laboratorio	PRUEBA EN LABORATORIO				
RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES					
Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,38	0,36	0,38	-	-
CO2 [%v]	14,06	14,1	14,18	-	-
HC [ppm]	35	33	34	-	-
O2 [%v]	0,44	0,44	0,38	-	-
NOx [ppm]	15	13	13	-	-

OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante

Técnico No 1  Técnico No 2 

Firma Responsable:  Firma Responsable de Unidad: 

Nombres: Fabían Iza Nombre: Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE Revisión 1 N° CCICEV-04-00-03-2019-EFE - 692 - P2
Página 2 / 2 FECHA: 4 de febrero de 2020

DATOS DEL CICLO UTILIZADO

CICLO DE PRUEBA		CICLO JAPONÉS MODO 10-15 (CONDUCCIÓN ECODRIVING)				
DISTANCIA RECORRIDA (Km)		4,16				
DISTANCIA RECORRIDA (m)		4160				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5	
Consumo en litros	0,225	0,25	0,24	-	-	

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Rendimiento (Km/l)	18,489	16,640	17,333	-	-
Rendimiento (Km/G)	69,888	62,899	65,520	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,380	0,360	0,380	-	-
CO2 [%v]	14,060	14,100	14,160	-	-
HC [%v]	0,004	0,003	0,003	-	-
O2 [%v]	0,440	0,440	0,380	-	-
NOx [%v]	0,002	0,001	0,001	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,027	0,026	0,027	-	-
RHC	0,000	0,000	0,000	-	-
RNOX	0,000	0,000	0,000	-	-

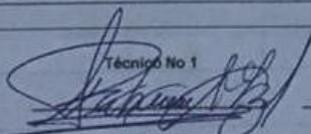
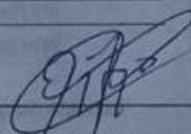
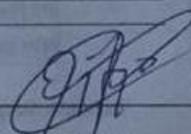
FACTORES DE EMISIÓN

Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			744	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	2,079	2,186	2,200	-	-
FHC (g/Km)	0,029	0,030	0,030	-	-
FNOX (g/Km)	0,009	0,008	0,008	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION

FCO (g/Km)	2,155
FHC (g/Km)	0,029
FNOX (g/Km)	0,008

OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante

Firma Técnico No 1  Técnico No 2 
Firma Responsable de 
Nombres: Fabián Iza Nombre: Ing. Diego Lincango

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE	Revisión 1	N°	CCICEV-04-00-03-2019-EFE - 891 - P1
	Página 1 / 2	FECHA:	4 de febrero de 2020
TÉCNICOS RESPONSABLES		Fabián Iza	
OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN		TIPO DE EVALUACIÓN	
Evaluación Inicial <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>	
Reevaluación <input type="checkbox"/>	Evaluación RTV*4 _{ca} rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>	
No. Visita <input type="text" value="1"/>	Otros <input type="checkbox"/>		

*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV

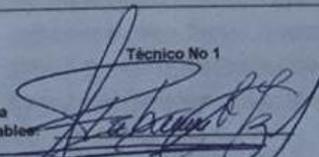
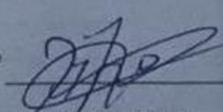
DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO

Marca	CHEVROLET	VIN Chasis / Placa:	8LAUY6273G0396219 / PCT2040
Modelo:	SAIL AC 1.4 5P 4X2 TM	Kilometraje:	49112
MOTOR (Datos del fabricante)**			
Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	LCU153130440
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A
Máxima Potencia (kw/rpm)	102 HP @ 6000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	130,4 N.m @ 4200 RPM
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	1398	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA	Categoría-Subcategoría-Clase	HATCHBACK
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2018
Tonelaje	0,75	País de origen	ECUADOR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	09 h 00 (21 de diciembre de 2019)	Hora final	10 h 00 (21 de diciembre de 2019)		
Prueba en ruta o laboratorio	PRUEBA EN LABORATORIO				
RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES					
Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,26	0,18	0,24	-	-
CO2 [%v]	14	14,1	14,2	-	-
HC [ppm]	27	26	23	-	-
O2 [%v]	0,81	0,73	0,51	-	-
NOx [ppm]	83	66	54	-	-

OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante

Técnico No 1	Técnico No 2
Firma Responsables: 	Firma Responsable de Unidad: 
Nombres: Fabián Iza	Nombre: Igo Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE Revisión 1 N° CCICEV-04-00-03-2019-EFE - 691 - P1
Página 2 / 2 FECHA: 4 de febrero de 2020

DATOS DEL CICLO UTILIZADO

CICLO DE PRUEBA		CICLO JAPONES MODO 10-15 (CONDUCCIÓN NORMAL)			
DISTANCIA RECORRIDA (Km)		4,16			
DISTANCIA RECORRIDA (m)		4160			
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo en litros	0,32	0,35	0,315	-	-

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Rendimiento (Km/lit)	13,000	11,886	13,206	-	-
Rendimiento (Km/g)	49,140	44,928	49,920	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,260	0,180	0,240	-	-
CO2 [%v]	14,000	14,100	14,200	-	-
HC [%v]	0,003	0,003	0,002	-	-
O2 [%v]	0,810	0,730	0,510	-	-
NOx [%v]	0,006	0,007	0,005	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,019	0,013	0,017	-	-
RHC	0,000	0,000	0,000	-	-
RNOX	0,000	0,000	0,000	-	-

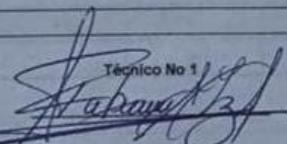
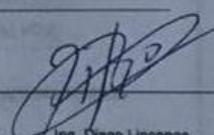
FACTORES DE EMISIÓN

Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			744	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	2,049	1,550	1,839	-	-
FHC (g/Km)	0,032	0,034	0,026	-	-
FNOX (g/Km)	0,053	0,061	0,044	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION

FCO (g/Km)	1,813
FHC (g/Km)	0,031
FNOX (g/Km)	0,053

OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante

Firma  Técnico No 1 Técnico No 2 Firma Responsable de 
Nombres: Fabián Iza Nombre: Ing. Diego Lincango

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE Revisión 1 N° CCICEV-04-00-03-2019-EFE - 691 - P2
Página 2 / 2 FECHA: 4 de febrero de 2020

DATOS DEL CICLO UTILIZADO

CICLO DE PRUEBA		CICLO JAPONÉS MODO 10-15 (CONDUCCIÓN ECODRIVING)				
DISTANCIA RECORRIDA (Km)		4,16				
DISTANCIA RECORRIDA (m)		4160				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5	
Consumo en litros	0,27	0,27	0,26	-	-	

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Rendimiento (Km/lt)	15,407	15,407	16,000	-	-
Rendimiento (Km/Ol)	58,240	58,240	60,480	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,240	0,240	0,220	-	-
CO2 [%v]	13,980	13,860	13,900	-	-
HC [%v]	0,003	0,002	0,002	-	-
O2 [%v]	0,650	0,900	0,840	-	-
NOx [%v]	0,007	0,006	0,006	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,017	0,017	0,018	-	-
RHC	0,000	0,000	0,000	-	-
RNOX	0,001	0,000	0,000	-	-

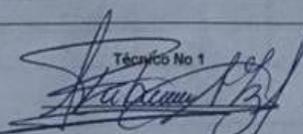
FACTORES DE EMISIÓN

Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			744	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	1,600	1,614	1,423	-	-
FHC (g/Km)	0,028	0,023	0,018	-	-
FNOX (g/Km)	0,051	0,044	0,041	-	-

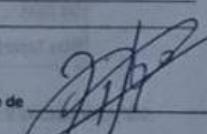
PROMEDIO FACTORES DE EMISION

FCO (g/Km)	1,546
FHC (g/Km)	0,023
FNOX (g/Km)	0,045

OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante

Técnico No 1
Firma: 
Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de: 
Nombre: Ing. Diego Lincango

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE	Revisión 1	N°	CCICEV-04-00-03-2019-EFE - 693 - P1
	Página 1 / 2	FECHA:	4 de febrero de 2020
TÉCNICOS RESPONSABLES		Fabián Iza	
OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN		TIPO DE EVALUACIÓN	
Evaluación Inicial <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>	
Reevaluación <input type="checkbox"/>	Evaluación RTV*4 _a rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tests <input checked="" type="checkbox"/>	
No. Visita <input type="text" value="1"/>	Otros <input type="checkbox"/>		

*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV

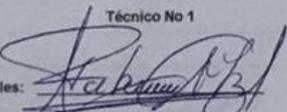
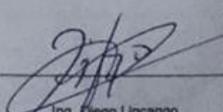
DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO

Marca	VOLKSWAGEN	VIN Chasis / Placa:	9BWAB45UXDT157319 / PCF9702
Modelo:	GOL HB ESPECIAL 5U31F4AC 1.6 4P	Kilometraje:	80645
MOTOR (Datos del fabricante)**			
Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	CFZ957053
No. de cilindros y disposición	4 EN LINEA	Versión	N/A
Máxima Potencia (kw/rpm)	101 HP @5750 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	140 Nm @ 3250
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	1596	Transmisión (manual/automática)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA	Categoría-Subcategoría-Clase	HATCHBACK
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2013
Tonelaje	0,75	País de origen	BRASIL

**Opcional en RTV

Hora de inicio	09 h 00 (29 de enero de 2020)	Hora final	10 h 00 (29 de enero de 2020)		
Prueba en ruta o laboratorio	PRUEBA EN LABORATORIO				
RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES					
Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,5	0,38	0,47	-	-
CO2 [%v]	13,54	13,91	13,84	-	-
HC [ppm]	67	49	66	-	-
O2 [%v]	0,66	0,47	0,79	-	-
NOx [ppm]	67	68	69	-	-

OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante

Técnico No 1  Técnico No 2 

Firma Responsables: Fabián Iza Firma Responsable de Unidad: Ing. Diego Lincango

Nombres: Fabián Iza Nombre: Ing. Diego Lincango

Formulario de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE Revisión 1 N° CCICEV-04-00-03-2019-EFE - 693 - P1
Página 2 / 2 FECHA: 4 de febrero de 2020

DATOS DEL CICLO UTILIZADO

CICLO DE PRUEBA		CICLO JAPONÉS MODO 10-15 (CONDUCCIÓN NORMAL)				
DISTANCIA RECORRIDA (Km)		4,16				
DISTANCIA RECORRIDA (m)		4160				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5	
Consumo en litros	0,38	0,41	0,39	-	-	

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Rendimiento (Km/lt)	10,947	10,146	10,667	-	-
Rendimiento (Km/Gl)	41,381	38,353	40,320	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,500	0,380	0,470	-	-
CO2 [%v]	13,540	13,910	13,840	-	-
HC [%v]	0,007	0,005	0,007	-	-
O2 [%v]	0,660	0,470	0,790	-	-
NOx [%v]	0,007	0,007	0,007	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,037	0,027	0,034	-	-
RHC	0,000	0,000	0,000	-	-
RNOX	0,000	0,000	0,000	-	-

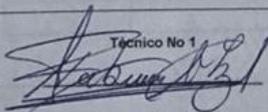
FACTORES DE EMISIÓN

Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			744	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	4,749	3,827	4,495	-	-
FHC (g/Km)	0,095	0,074	0,095	-	-
FNOX (g/Km)	0,068	0,073	0,071	-	-

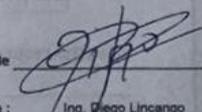
PROMEDIO FACTORES DE EMISION

FCO (g/Km)	4,357
FHC (g/Km)	0,088
FNOX (g/Km)	0,071

OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante

Técnico No 1
Firma 
Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de 
Nombre: Ing. Diego Lincango

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE

Revisión 1 N° CCICEV-04-00-03-2019-EFE - 693 - P2

Página 1 / 2 FECHA: 4 de febrero de 2020

TÉCNICOS RESPONSABLES Fabián Iza

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN TIPO DE EVALUACIÓN

Evaluación Inicial Evaluación Regular Prechequeo RTV*

Reevaluación Evaluación RTV* 4_{re} rev Evaluación Tests

No. Visita Otros

*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO

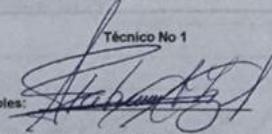
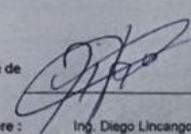
Marca	VOLKSWAGEN	VIN Chasis / Placa:	9BWAB45UXDT157319 / PCF9702
Modelo:	GOL HB ESPECIAL 5U31F4AC 1.6 4P	Kilometraje:	80659
MOTOR (Datos del fabricante)**			
Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	CFZ957053
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A
Máxima Potencia (kw/rpm)	101 HP @ 5750 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	140 Nm @ 3250
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	1596	Transmisión (manual/automática)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA	Categoría-Subcategoría-Clase	HATCHBACK
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2013
Tonelaje	0,75	País de origen	BRASIL

**Opcional en RTV

Hora de inicio	10 h 00 (29 de enero de 2020)	Hora final	11 h 00 (29 de enero de 2020)		
Prueba en ruta o laboratorio	PRUEBA EN LABORATORIO				
RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES					
Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,46	0,48	0,5	-	-
CO2 [%v]	13,57	13,74	13,55	-	-
HC [ppm]	65	58	67	-	-
O2 [%v]	0,77	0,5	0,66	-	-
NOx [ppm]	69	69	73	-	-

OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante

Técnico No 1 Técnico No 2

Firma Responsables:  Firma Responsable de Unidad: 

Nombres: Fabián Iza Nombre: Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE Revisión 1 N° CCICEV-04-00-03-2019-EFE - 693 - P2
 Página 2/2 FECHA: 4 de febrero de 2020

DATOS DEL CICLO UTILIZADO

CICLO DE PRUEBA		CICLO JAPONÉS MODO 10-15 (CONDUCCIÓN ECODRIVING)			
DISTANCIA RECORRIDA (Km)		4,16			
DISTANCIA RECORRIDA (m)		4160			
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo en litros	0,31	0,3	0,31	-	-

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Rendimiento (Km/lt)	13,419	13,867	13,419	-	-
Rendimiento (Km/Gl)	50,725	52,416	50,725	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,460	0,480	0,500	-	-
CO2 [%v]	13,570	13,740	13,550	-	-
HC [%v]	0,007	0,006	0,007	-	-
O2 [%v]	0,770	0,500	0,660	-	-
NOx [%v]	0,007	0,007	0,007	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,034	0,035	0,037	-	-
RHC	0,000	0,000	0,000	-	-
RNOX	0,001	0,001	0,001	-	-

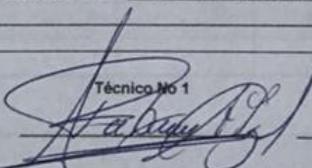
FACTORES DE EMISIÓN

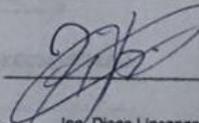
Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			744	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	3,567	3,554	3,871	-	-
FHC (g/Km)	0,076	0,064	0,078	-	-
FNOX (g/Km)	0,057	0,055	0,061	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION

FCO (g/Km)	3,664
FHC (g/Km)	0,073
FNOX (g/Km)	0,058

OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante

Técnico No 1
 Firma: 
 Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2
 Firma Responsable de: 
 Nombre: Ing. Diego Lincango