



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

**UNIVERSIDAD DEL AZUAY
DEPARTAMENTO DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SISTEMAS VEHICULARES**

Determinación del rendimiento de combustible de una flota de taxis de 1400 cc en la ciudad de Cuenca aplicando técnicas de Ecodriving.

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
MAGÍSTER EN SISTEMAS VEHICULARES**

Nombre del autor:

ING. GONZALO VLADIMIR AVALOS VALVERDE

Nombre del director:

ING. FRANCISCO TORRES MOSCOSO, MGS.

CUENCA – ECUADOR

2020

Dedicatoria:

A mis padres, Gonzalo y Fanny,
por siempre estar a mi lado apoyándome en cada decisión
que he tomado. A mi hermana y a mi familia que son un pilar fundamental en mi vida.

Agradecimiento:

A Dios por darme salud y guiarme
por el buen camino, a la Universidad del Azuay
y sus docentes por el apoyo en estos dos años de estudio.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUCCIÓN	9
2. MATERIALES Y MÉTODOS	12
2.1 Área de estudio	12
2.2 Materiales utilizados	12
2.3 Metodología.....	12
2.4 Instrumentación de la flota vehicular.....	13
2.5 Técnicas para una conducción eficiente (<i>Ecodriving</i>).....	13
2.6 Levantamiento de la información.	14
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
4. CONCLUSIONES	16
5. BIBLIOGRAFÍA	17

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura del consumo de energía por sectores.	10
Figura 2. Beneficios del Ecodriving.	11
Figura 3. Vehículos matriculados por año.....	12
Figura 4. Diagrama de flujo de los procesos de la metodología.....	13
Figura 5. Zona de eficiencia del motor.	14
Figura 6. Distribución de recorridos durante el día sin Ecodriving.	15
Figura 7. Distribución de recorridos durante el día con Ecodriving.....	15
Figura 8. Distribución de velocidades promedio durante el día.	15
Figura 9. Rendimiento promedio a conducción normal y Ecodriving.	16
Figura 10. Distribución RPM máxima durante el día.	16
Figura 11. Distribución de la aceleración máxima durante el día.	16

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxis por su cilindraje.....	12
Tabla 2. Vehículos seleccionados para las pruebas.	13
Tabla 3. Distribución del rendimiento promedio durante el día.	15
Tabla 4. Rendimiento de la flota de taxis	16

DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE COMBUSTIBLE DE UNA FLOTA DE TAXIS DE 1400 cc EN LA CIUDAD DE CUENCA APLICANDO TÉCNICAS DE ECODRIVING.

RESUMEN

La finalidad de la presente investigación consiste en comparar el rendimiento de combustible antes y después de aplicar *Ecodriving*, sin embargo uno de los problemas es no contar con una base de datos sobre el rendimiento de combustible en flotas vehiculares, por esta razón el presente artículo analizará el rendimiento de combustible en taxis con un motor de 1400 cc, de los cuales al finalizar los dos meses de pruebas se obtendrá un valor de rendimiento de combustible apoyado en la información entregada por el dispositivo OBD II y la aplicación móvil Torque Pro, de esta manera llegar a obtener información relevante. La aplicación de una conducción eficiente generó los siguientes resultados: los vehículos KIA RIO R LX A/C 2013 y HYUDAI ACCENT 2012 mejoraron su rendimiento en 1.56% y 0.92% respectivamente después de aplicar *Ecodriving* y los vehículos KIA RIO LX A/C 2018 y KIA RIO LX A/C 2019 no presentaron mejoras.

Palabras Clave – Conducción, Eficiente, OBD II, Torque Pro, Consumo, Rendimiento.



Ing. Francisco Torres Moscoso, Mgs
Director del trabajo de titulación



Ing. Gonzalo Avalos Valverde
Autor

DETERMINATION OF THE FUEL PERFORMANCE OF A FLEET OF TAXIS OF 1400cc IN THE CITY OF CUENCA APPLYING ECODRIVING TECHNIQUES.

ABSTRACT

The purpose of this research was to compare the fuel efficiency before and after applying *Ecodriving*. One of the problems was not having a database on fuel efficiency in vehicle fleets. For this reason, this article analyzed the fuel efficiency in taxis with a 1400 cc engine. At the end of the two month-test, a fuel performance value was obtained, which was supported by the information provided by the OBD II device and the Torque Pro mobile application. In this way, relevant information was obtained. The application of efficient driving generated the following results: KIA RIO R LX A / C 2013 and HYUDAI ACCENT 2012 vehicles improved their performance by 1.56% and 0.92% respectively after applying *Ecodriving* and KIA RIO LX A / C vehicles 2018 and KIA RIO LX A / C 2019 did not show improvements.

Keywords – driving, efficient, OBD II, torque pro, consumption, performance.



Ing. Francisco Torres Moscoso, Mgs

Thesis Director



Ing. Gonzalo Avalos Valverde

Author



Determinación del rendimiento de combustible de una flota de taxis de 1400 cc en la ciudad de Cuenca aplicando técnicas de Ecodriving.

Gonzalo Vladimir Avalos Valverde

Departamento de Posgrado

Maestría en Sistemas Vehiculares

Universidad del Azuay

Cuenca, Ecuador

vladimiravalos@hotmail.com

Resumen- La finalidad de la presente investigación consiste en comparar el rendimiento de combustible antes y después de aplicar *Ecodriving*, sin embargo uno de los problemas es no contar con una base de datos sobre el rendimiento de combustible en flotas vehiculares, por esta razón el presente artículo analizará el rendimiento de combustible en taxis con un motor de 1400 cc, de los cuales al finalizar los dos meses de pruebas se obtendrá un valor de rendimiento de combustible apoyado en la información entregada por el dispositivo OBD II y la aplicación móvil Torque Pro, de esta manera llegar a obtener información relevante. La aplicación de una conducción eficiente generó los siguientes resultados: los vehículos KIA RIO R LX A/C 2013 y HYUDAI ACCENT 2012 mejoraron su rendimiento en 1.56% y 0.92% respectivamente después de aplicar *Ecodriving* y los vehículos KIA RIO LX A/C 2018 y KIA RIO LX A/C 2019 no presentaron mejoras.

Palabras Clave – Conducción, Eficiente, OBD II, Torque Pro, Consumo, Rendimiento.

Abstract- The purpose of this research was to compare the fuel efficiency before and after applying *Ecodriving*. One of the problems was not having a database on fuel efficiency in vehicle fleets. For this reason, this article analyzed the fuel efficiency in taxis with a 1400 cc engine. At the end of the two

month-test, a fuel performance value was obtained, which was supported by the information provided by the OBD II device and the Torque Pro mobile application. In this way, relevant information was obtained. The application of efficient driving generated the following results: KIA RIO R LX A / C 2013 and HYUDAI ACCENT 2012 vehicles improved their performance by 1.56% and 0.92% respectively after applying *Ecodriving* and KIA RIO LX A / C vehicles 2018 and KIA RIO LX A / C 2019 did not show improvements.

Keywords – driving, efficient, OBD II, torque pro, consumption, performance.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en Ecuador no existe una base de datos del rendimiento de combustible en una flota de vehículos. Si bien algunos fabricantes proveen de esta información, no se sabe con certeza si estos datos se ajustan a las condiciones propias en nuestro medio como: condiciones de tráfico y movilidad, combustible con octanaje menor (en Ecuador gasolinas extra y ecopaís en 87 octanos y super en 92 octanos) con respecto a países industrializados (100 octanos), altitud, topografía de las vías con altas pendientes. Según normativas del Ministerio de

Obras Públicas en el Ecuador existen carreteras con pendientes entre 0.5% y 14%. [1]

Contar con una base de datos del rendimiento de combustible de los vehículos más comercializados de la ciudad de Cuenca permitirá comprobar si los propietarios de los vehículos tendrán un beneficio en cuanto a costos de mantenimiento, consumo de combustible después de aplicar *Ecodriving*, además se pretende mediante una conducción eficiente disminuir la cantidad de emisiones contaminantes que su uso genera y reducir el estrés que comúnmente se produce al momento de conducir; por otro lado, entes gubernamentales podrán disponer de estos datos que facilitarían la implementación de estímulos y capacitaciones a las personas que conduzcan con frecuencia vehículos privados o públicos.

La eficiencia energética juega un papel importante en la competitividad y los aspectos sociales. Sin embargo, presenta importantes barreras que no permiten alcanzar el potencial existente. La demanda de energía a nivel mundial cada año presenta un incremento, se estima que entre los años 2017 y 2025 ésta demanda aumente en un 9%, es decir de 32 670 GW pase a 35 680 GW. Esta energía que se demanda a nivel mundial, se divide en diferentes sectores de los cuales el sector del transporte terrestre le corresponde el 81%. [2]

En el Ecuador, estas barreras consisten principalmente en inversiones iniciales elevadas, bajo involucramiento de actores claves, falta de información, acceso limitado a tecnologías eficientes, dificultad de cuantificar y medir los beneficios asociados a la eficiencia energética. [2]

En la Figura 1 se observa los principales sectores de consumo de energía en el Ecuador identificados de la siguiente manera: sector Transporte, correspondiente a 42% del total del consumo energético nacional; sector Industrial 18%, sector Residencial 12%, sector Comercial 5.68%, Agropesca y Minería 0.94%, Construcción y otros 16.47%. Finalmente, el autoconsumo (consumo propio) del sector energético representó 5%. Sin embargo, los principales combustibles que demanda el Transporte son: diésel (45%), gasolina (41%) y fuel oil (7%). La electricidad en transporte es mínima. [2]

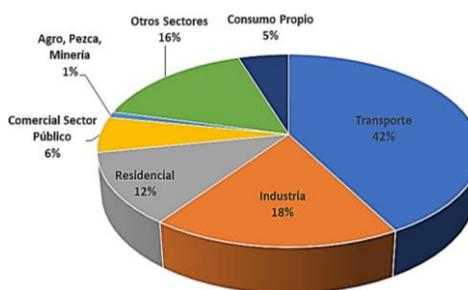


Figura 1. Estructura del consumo de energía por sectores.

La reducción en el consumo energético viene dada por la cada vez mayor eficiencia de los motores, en especial por la aparición del control electrónico del motor del vehículo (inyección electrónica de combustible, corte de inyección cuando se levanta el pie del acelerador, etc.). De la mano de la reducción del consumo viene la reducción de emisiones de CO₂, ya que por cada litro de gasolina que se consume, se emiten a la atmósfera 2.4 y 2.6 kg de CO₂ respectivamente, luego al reducir el consumo de combustible, se reducen en la misma proporción las emisiones de CO₂. [3]

La reducción de emisiones contaminantes viene impulsada a través de las distintas directivas europeas (normativas conocidas como “euros”: I, II, III, IV, V, VI y la VII en un próximo futuro). En este marco tienen lugar diversas innovaciones tecnológicas, como por ejemplo la introducción de catalizadores, que reducen la emisión de CO, hidrocarburos y NO_x; pero además, surgen estrategias para reducir el consumo de combustible como son: la demanda de potencia, mejoras en el motor, modificaciones en los trenes de potencia o uso de combustibles alternativos, mejoras en la caja de cambios, configuración del tren motriz, logística o selección de rutas y *Ecodriving*, el cual es un nuevo estilo de conducción, que contribuye a reducir el consumo de combustible, las emisiones al medio ambiente y que además, mejora la seguridad en la conducción a través de algunos sencillos cambios en el estilo de conducción. [3]

En la Figura 2 se muestra los beneficios al aplicar correctamente *Ecodriving*.

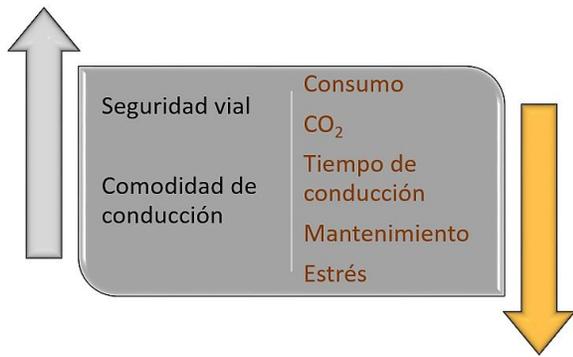


Figura 2. Beneficios del Ecodriving.

Con los antecedentes descritos anteriormente surgen algunas preguntas, que deben ser abordadas en importancia a dar soluciones a la problemática del consumo de combustible, energético y de la falta de motivación al no utilizar una conducción eficiente.

¿En qué porcentaje se reduce el consumo de combustible al implementar *Ecodriving*?, ¿qué beneficios conlleva utilizar *Ecodriving*? ¿se puede reducir las emisiones contaminantes con una conducción eficiente?

Existen algunos trabajos que demuestran el beneficio de una conducción eficiente, como, por ejemplo, en la Universidad Carlos III de Madrid, la tesis doctoral “*Ecodriving: Ahorro de energía basado en el comportamiento del conductor*”, en donde detalla que el consumo de combustible depende del vehículo, el entorno y el comportamiento del conductor, para lo cual es necesario que los conductores aprendan la forma de conducir eficientemente siguiendo unas normas basadas en el control óptimo de variables que controla el conductor como la velocidad, la aceleración, la desaceleración y la marcha. Que se puede generar un ahorro de hasta el 22.5% de combustible utilizando una conducción eficiente. [4]

En Ecuador también se han realizado investigaciones como es el caso de la Universidad Internacional SEK que presenta el trabajo: “Medición del Consumo de Combustible, Torque y Potencia aplicando *Ecodriving*” donde plantea un estudio comparativo de los parámetros de torque, potencia y consumo de combustible desarrollados por un vehículo liviano Hyundai Elantra bajo la aplicación de una conducción normal y el uso de *Ecodriving*, en una ruta de 18 km dentro de la ciudad de Quito. Esto con el fin de analizar el rendimiento de un vehículo aplicando estas prácticas eco amigables y observar la eficacia de la misma dentro de la ciudad.

Concluyendo que al utilizar *Ecodriving* permite consumir 0.61 litros menos cada 100 km, este ahorro de combustible se traduce en un ahorro de un galón de combustible cada 552.6 km. [5]

En la Universidad del Azuay también se realizó un estudio: “Evaluación del consumo de combustible en vehículos, utilizando diferentes estrategias de cambio de marcha”. En donde se evaluaron cuatro vehículos, tres a gasolina y uno a diésel con distintos patrones de conducción. Se utilizó los ciclos de conducción FTP75 Y HWFET. Con un total de 114 pruebas se obtuvo que los tres vehículos a gasolina alcanzan un mejor rendimiento de combustible al realizar los cambios a 2 000 rpm en zonas urbanas y en autopista a 2 500 rpm. Mientras que el vehículo a diésel obtiene un mejor rendimiento a 1500 rpm. [6]

Para medir el combustible se puede utilizar algunos métodos tales como: el método del balance de carbono, el gravimétrico, el volumétrico y mediante el lector OBD II. De los cuatro, el balance de carbono es el más utilizado porque permite realizar la medición de consumo y de contaminantes al mismo tiempo, pero sus necesidades elevadas en recursos tecnológicos y de infraestructura no permite usarlo. [7]

De acuerdo al último inventario de emisiones del cantón Cuenca elaborado con año base 2014 (EMOV EP, 2016a), las fuentes más importantes de emisión por contaminante primario son las siguientes:

- Monóxido de carbono (CO): tráfico vehicular 94.5%.
- Óxidos de nitrógeno (NOx): tráfico vehicular 71.2%, térmicas 18.5%.
- Dióxido de azufre (SO₂): industrias 48.2%, tráfico vehicular 30.2%, térmicas 21.1%.
- Material particulado fino (MP₁₀): tráfico vehicular 55.6%, ladrilleras artesanales 24.6%.

Las máximas concentraciones horarias de estos gases contaminantes en Cuenca se presentan a las 08h00 y a partir de las 18h00, que son horarios donde se incrementa el tráfico vehicular. Cabe mencionar que el NO₂ se destruye por acción de la radiación solar y por ello sus concentraciones disminuyen a medida que avanzan las horas de la mañana. [8]

En el Ecuador el número de vehículos aumenta cada año, hasta el 2019 se registró aproximadamente 2 592 432 vehículos matriculados a nivel nacional, en

donde la provincia del Azuay cuenta con 173 146 vehículos, siendo la tercera provincia con mayor cantidad de vehículos. [9]

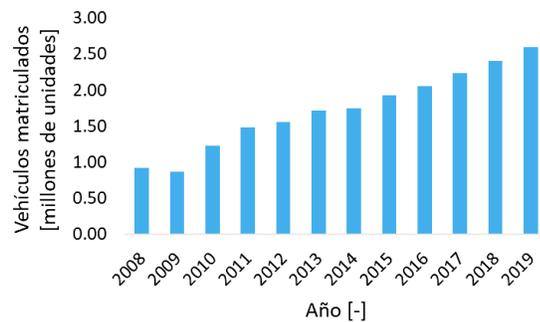


Figura 3. Vehículos matriculados por año

Por otro lado, el sector del taxismo definida como el que se presta a terceras personas a cambio de una contraprestación económica, siempre que no sea servicio de transporte masivo o colectivo, en vehículos de color amarillo. En este contexto, en la ciudad de Cuenca existen 3 495 unidades de taxi formales que ofrecen su servicio, en donde los taxis de cilindraje de 1400 y 1600 cc son los que existen en mayor número. [10]

Tabla 1. Taxis por su cilindraje.

Cilindraje [cc]	Unidades
1000 a 1300	22
1301 a 1500	1327
1501 a 1800	1974
1801 a 2000	6
No registrado	166

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en la ciudad de Cuenca, la misma que está ubicada en el centro de la provincia del Azuay con una altitud aproximada de 2 560 metros a nivel del mar y una temperatura promedio de 15 °C. [10]

2.2 Materiales utilizados

Para la realización de esta investigación se utilizaron los siguientes materiales:

- ELM 327 interface: Es un componente electrónico que ayuda a monitorear distintos

parámetros del vehículo como: consumo instantáneo de combustible, tiempo total de recorrido, distancia recorrida, velocidad del vehículo, altitud, RPM.

- Smartphone con la aplicación Torque Pro: Su funcionamiento empieza cuando se conecte mediante bluetooth con el dispositivo ELM 327, el mismo guarda archivos de tipo “CSV”. Los datos se recopilan segundo a segundo en el teléfono móvil.
- MATLAB y EXCEL: Softwares utilizados para la obtención y validación de resultados.
- Flota de taxis: Los vehículos seleccionados son de origen asiático con un recorrido promedio de 200 000 km y un sistema de inyección Multipunto.

2.3 Metodología

Para obtener el rendimiento de combustible existen algunos métodos como son: el método gravimétrico, volumétrico, balance de carbono y mediante el dispositivo OBD II, el cual se utilizó en el presente trabajo de titulación.

La metodología aplicada mediante el dispositivo OBD II está basada en la toma de datos de cada uno de los vehículos de la flota de taxis con cilindraje de 1400 cc. Para este caso son seis vehículos que forman parte de la muestra de estudio. Registrando alrededor de 19 000 000 de datos, los mismos que fueron divididos en rangos de 30 minutos debido a la gran magnitud de valores obtenidos, además los vehículos escogidos trabajan cada día durante dos meses, esta recolección fue controlada por estudiantes de pregrado de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad del Azuay. Este proceso se realizó mediante el lector ELM 327 instalado en el conector OBD II del vehículo y la aplicación Torque Pro, la cual registró los datos anteriormente detallados.

Esta actividad se lo realizó durante dos meses, en la cual: el primer mes los conductores realizaron una conducción normal, es decir conducir como habitualmente lo hacen y para el segundo mes se aplicó una conducción eficiente, en donde ya se utilizó *Ecodriving*. Para ello se desarrolló una capacitación a todos los conductores de los vehículos seleccionados, en donde se detallaron temas como:

- ¿Qué es *Ecodriving*?

- ¿Cuáles son las técnicas para una conducción eficiente?
- ¿Qué beneficios existen al aplicar *Ecodriving*?
- Estudios en otros países que han utilizado *Ecodriving*.
- Realizar una prueba práctica en una ruta establecida.

Finalmente, los datos obtenidos fueron ordenados y tabulados en Excel y Matlab, lo cual permitió disponer de una base de datos lista para ser procesada y analizada y así obtener resultados que permitieron comprobar cuál fue el rendimiento de combustible después de aplicar una conducción eficiente. En la Figura 4 se indica los procesos de la metodología aplicada.

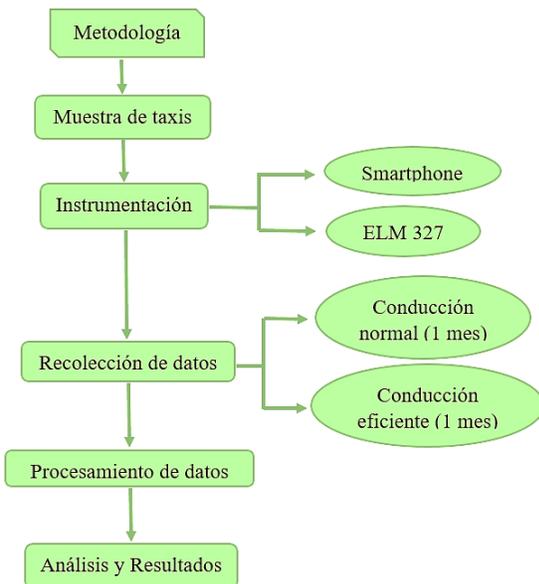


Figura 4. Diagrama de flujo de los procesos de la metodología.

2.4 Instrumentación de la flota vehicular

Para la obtención de datos del rendimiento de combustible fue necesario instalar el dispositivo ELM 327 en el conector OBD II del vehículo, también el smartphone con su respectiva aplicación Torque Pro, de esta manera se almacenaron datos de: consumo instantáneo, velocidad, rpm, temperatura, carga, hora, día, vehículo. Una ventaja de utilizar estos dispositivos es que los datos podrán ser obtenidos de forma instantánea, una vez que el vehículo se ponga en movimiento.

Para iniciar las pruebas y posteriormente el procesamiento de los datos es importante seleccionar

las variables que vamos a utilizar para calcular el rendimiento de combustible, las cuales son: consumo instantáneo, velocidad, aceleración, distancia, altitud y RPM.

Los vehículos utilizados para la realización de las pruebas son los que se indican en la Tabla 2:

Tabla 2. Vehículos seleccionados para las pruebas.

Marca	Modelo	Año	Cilindraje
Kia	Rio R LX A/C	2013	1400 cc
Kia	Rio LX A/C	2018	1400 cc
Kia	Rio LX A/C	2019	1400 cc
Hyundai	Accent	2009	1400 cc
Hyundai	Accent	2011	1400 cc
Hyundai	Accent	2012	1400 cc

2.5 Técnicas para una conducción eficiente (*Ecodriving*)

Ecodriving o conducción eficiente es un nuevo modo de conducir el vehículo que tiene como objetivo lograr un bajo consumo de combustible como también reducir la contaminación ambiental, basado en un mayor conocimiento por parte del conductor de las características y posibilidades tecnológicas de su vehículo, además provee un mayor confort en la conducción y una mayor seguridad vial.

Esta conducción se rige por una serie de reglas sencillas y eficaces basadas en la actitud del conductor y su estilo de conducción. [11]

Al poner en práctica una conducción eficiente se tiene algunos beneficios como:

- Ahorro de combustible a nivel individual y global.
- Reducción de la contaminación del aire, reducción de las emisiones de CO₂, NO_x, HC.
- Mayor confort y reducción del estrés al conducir evitando los frenazos y acelerones.
- Mayor seguridad al disminuir la gravedad en caso de accidente.
- Disminución de gastos de mantenimiento de: neumáticos, frenos, embrague, caja de cambios y motor.
- Mayor control del vehículo al mantener una distancia moderada en relación con el vehículo que le antecede. [12]

Ecodriving se basa en un conjunto de técnicas sencillas, las cuales son las siguientes:

Revisión de los niveles de los fluidos como: aceite del motor, refrigerante, fluido de la dirección, líquido de freno. [13]

Controlar la presión de aire en los neumáticos, por el motivo de que una baja presión de inflado implica un sobrecalentamiento del neumático, por ende, mayor consumo de combustible, en cambio un exceso en la presión de inflado reduce la vida útil del neumático, así como su adherencia. [13]

Evitar los acelerones bruscos (4 000 rpm) con el motor en frío, los cuales provocan una mayor fricción y desgaste de los mecanismos internos del motor, debido principalmente a la lubricación ineficiente en ese instante. [13]

Inicio de la marcha: la primera relación de marchas, debe utilizarse solo para poner en movimiento el vehículo. En referencia, puede cambiarse a la segunda relación de marchas a los dos segundos o análogamente a los seis metros recorridos. [13]

Se debe cambiar de marcha lo antes posible, para vehículos a gasolina es recomendable el cambio de marchas entre las 2 000 y 2 500 rpm. [13]

Circular a una velocidad uniforme, debido a que un incremento en la aceleración de un motor requiere de mayor combustible en el sistema de inyección para satisfacer la combustión interna. [13]

Al llegar a un cruce o una aproximación en la que sea requerida la detención, se puede aprovechar la inercia que lleva el vehículo, es decir dejar de acelerar y no frenar con la marcha engranada, las rpm en un régimen bajo provoca un consumo de combustible nulo. [13]

Mirar hacia adelante hasta donde pueda, prevea el tráfico de la zona circundante y evalúe la situación. Una vez evaluada, se anticipará la acción a realizar. La ejecución correcta de estas técnicas se basa en estos valores, que inciden además en la mejora de la seguridad en la conducción. [3]

Evitar colocar elementos extras al vehículo que obstaculizan de forma significativa su aerodinámica como son alerones o spoilers, los cuales incrementan la resistencia aerodinámica al avance del vehículo de forma que su consumo se eleve notablemente. [3]

Se recomienda utilizar de forma racional el aire acondicionado, evitando accionarlo en situaciones que no amerite su uso. [3]

Al poner en práctica las técnicas de *Ecodriving* se busca que el motor del vehículo funcione en una superficie de zona verde o zona de eficiencia, está zona habitualmente se ubica a velocidades medias del motor y cerca del par máximo, como se indica en la Figura 5. [6]

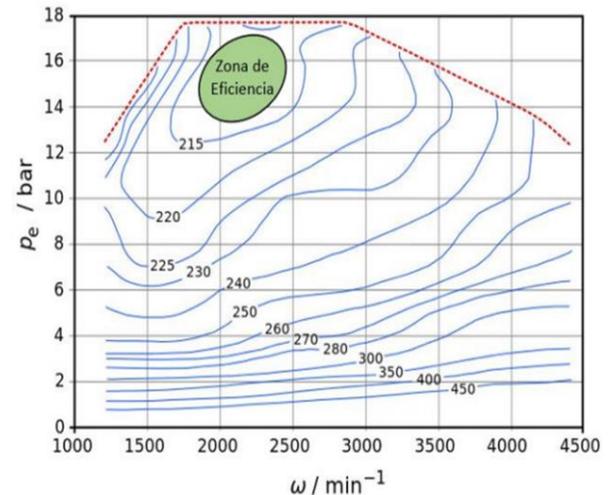


Figura 5. Zona de eficiencia del motor.

2.6 Levantamiento de la información.

Durante el primer mes de pruebas el conductor manejó como habitualmente lo hace, es decir una conducción normal. Finalizado el primer mes se realizó la capacitación a los señores conductores sobre *Ecodriving*, posterior a ello empezó el segundo mes de pruebas en donde los conductores ya pusieron en práctica las recomendaciones sobre una conducción eficiente.

Al finalizar las pruebas se creó una base de datos usando los softwares: Postgres y Matlab, en la cual se ingresó toda la información recibida de consumo instantáneo, velocidad, rpm, temperatura, carga, hora, día, vehículo durante estos meses. Posterior a ello se realizó el procesamiento de la información mediante la utilización de Matlab para configurar la base de datos y obtener resultados, en donde todos los parámetros del vehículo se encuentran en rangos de media hora, además se utilizó el software Excel para validar los resultados obtenidos en Matlab, así como la representación gráfica de los resultados.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para elaborar el análisis de los resultados, en primer lugar es preciso importar y ordenar los datos, además transformar las unidades en caso de ser necesario, para posteriormente guardar en una base de datos, la cual tiene información de identificación del vehículo, posición GPS, fecha y hora del recorrido, altitud y parámetros de funcionamiento del vehículo.

A continuación se presenta el análisis de los resultados en donde se evidenció lo siguiente:

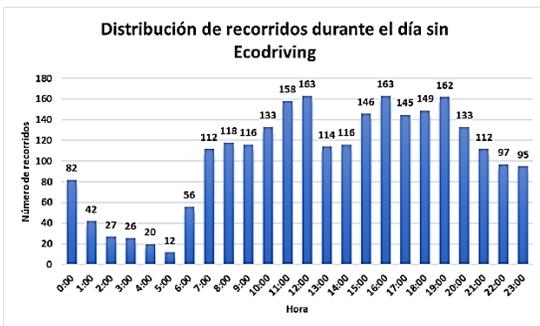


Figura 6. Distribución de recorridos durante el día sin Ecodriving.

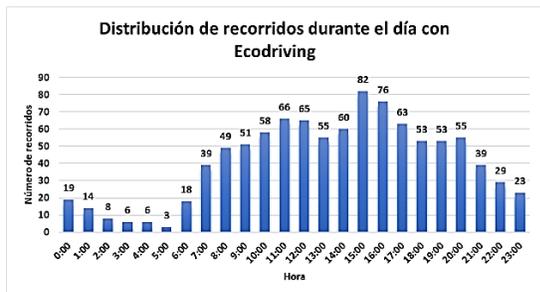


Figura 7. Distribución de recorridos durante el día con Ecodriving.

En las Figuras 6 y 7 representan el número de recorridos durante el día a conducción normal y Ecodriving, en donde al finalizar los dos meses de pruebas se puede observar que las horas donde recorren mayor número de veces es similar.

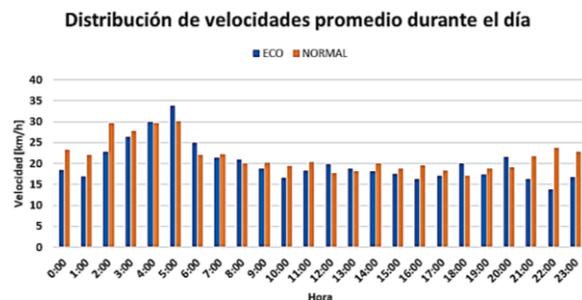


Figura 8. Distribución de velocidades promedio durante el día.

En la Figura 8 se demuestra que los vehículos incrementan su velocidad en horas donde no hay mucho tráfico y en horas pico la velocidad disminuye considerablemente.

Como se puede observar en la Figura 8 desde las 02h00 hasta las 05h30 am y desde las 22h00 hasta las 23h00 pm es el rango de tiempo donde la velocidad del vehículo se incrementa, en el transcurso del día de 09h00 a 11h00 am y de 13h00 a 20h00 pm el vehículo transita a velocidades bajas, debido a que son horas de alto tráfico vehicular.

Tabla 3. Distribución del rendimiento promedio durante el día.

Rendimiento durante el día [km/L]		
Hora	Eco	Sin Eco
2:00	8,94	9,14
3:00	9,55	9,50
4:00	11,29	10,54
5:00	9,49	9,85
6:00	9,46	8,81
7:00	10,00	9,45
8:00	9,87	9,35
9:00	9,96	9,55
10:00	8,85	9,18
11:00	9,17	9,45
12:00	9,52	8,85
13:00	9,35	8,40
14:00	8,78	8,86
15:00	9,22	8,90
16:00	8,50	9,15
17:00	9,03	8,92
18:00	9,28	8,55
19:00	8,77	8,79
20:00	9,40	8,86
21:00	8,00	9,27
22:00	7,55	9,76
23:00	8,11	9,46

Los resultados de la Tabla 3 representan el rendimiento promedio de los vehículos, en donde aumenta el rendimiento en horas valle donde no hay tráfico vehicular; estas son: de 02h00 a 05h00 am y en la noche a partir de las 22h00 pm. Por otro lado, el

rendimiento disminuye en horas pico donde existe un incremento del flujo vehicular, en horario desde 05h30 a 07h00 am, de 10h00 a 11h00 am, de 13h00 a 14h00 pm y desde las 17h00 hasta las 19h00 pm.

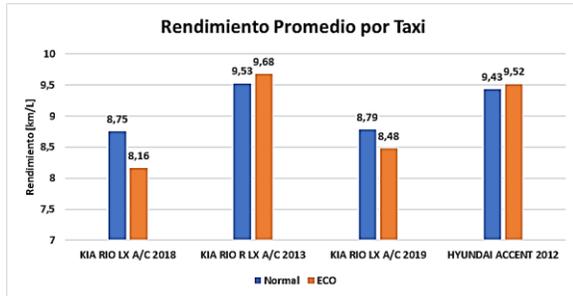


Figura 9. Rendimiento promedio a conducción normal y *Ecodriving*.

La Figura 9 presenta la comparación del rendimiento promedio aplicando los dos tipos de conducción: conducción normal y conducción eficiente. Los datos obtenidos corresponden a cuatro vehículos, en donde dos de ellos mejoran su rendimiento y dos vehículos no presentan cambios. También se observa la falta de datos por parte de dos vehículos, esto debido a que los conductores no aplicaron *Ecodriving*.

Tabla 4. Rendimiento de la flota de taxis

Rendimiento [km/l]			
Taxi	Sin <i>Ecodriving</i>	Con <i>Ecodriving</i>	Porcentaje de mejora
KIA RIO LX A/C 2018	8,75	8,16	-6,74%
KIA RIO R LX A/C 2013	9,53	9,68	1,56%
KIA RIO LX A/C 2019	8,79	8,48	-3,46%
HYUNDAI ACCENT 2012	9,43	9,52	0,92%
Total	9,12	8,96	-1,75%

En la Tabla 4 se indica el porcentaje de mejora después de aplicar *Ecodriving*. Como se puede observar en los vehículos KIA RIO R LX A/C 2013 y HYUNDAI ACCENT 2012 existe una mejora en su rendimiento del 1.56% y 0.92% respectivamente, por otro lado los vehículos KIA RIO LX A/C 2018 y KIA RIO LX A/C 2019 no presentan mejoras.

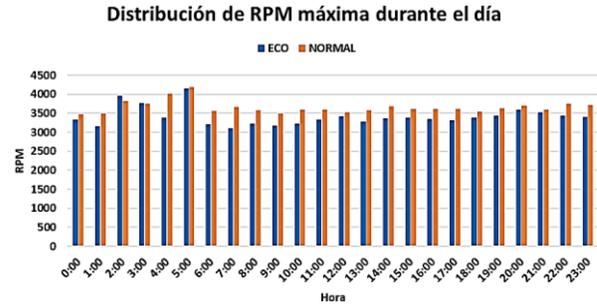


Figura 10. Distribución RPM máxima durante el día.

En los resultados de la Figura 10 se puede constatar que el rango de rpm en una conducción normal y en una conducción eficiente se encuentra entre 3000-4000 rpm, por lo tanto lo recomendado en la capacitación no se puso en práctica, por ende al finalizar el análisis no se tiene el rendimiento de combustible esperado.

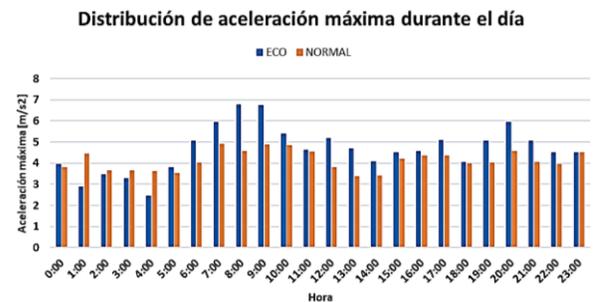


Figura 11. Distribución de la aceleración máxima durante el día.

La Figura 11 representa los datos de la aceleración máxima durante el día, como se observa en horas desde las 05h00 hasta las 09h00 am y desde las 12h00 hasta 23h00 pm existe un aumento en la aceleración al utilizar *Ecodriving*.

4. CONCLUSIONES

- La característica de la flota vehicular influye directamente en el rendimiento de combustible, dependiendo del cilindraje, tecnología y aplicación de *Ecodriving*.
- Al comparar la primera etapa; a conducción normal con la segunda, en donde se aplicó *Ecodriving* se puede evidenciar en la flota de taxis una disminución del rendimiento de combustible de 9.12 km/L a 8.96 km/L con un porcentaje de mejora de -1.75%.

- La aplicación correcta de las técnicas de *Ecodriving* concluye con el mejoramiento del rendimiento de combustible. En el caso del vehículo KIA RIO R LX A/C 2013 existe una mejora en su rendimiento; a conducción normal se registró un valor de 9.53 [km/litro] y con *Ecodriving* 9.68 [km/litro] logrando un incremento del 1.56%. En el vehículo HYUNDAI ACCENT 2012 el incremento en su rendimiento es del 0.92%, obteniendo un valor a conducción normal de 9.43 [km/litro] y con *Ecodriving* de 9.52 [km/litro].
- La aplicación inadecuada de las técnicas de *Ecodriving* conlleva a la no existencia de un mejoramiento en el rendimiento y esto se comprobó en los vehículos KIA RIO LX A/C 2018 y KIA RIO LX A/C 2019, en donde al utilizar una conducción eficiente se redujo en un 6.74% y en 3.46% su rendimiento respectivamente.
- En horas valle el rendimiento aumenta hasta un valor de 11.29 km/litro en horarios desde las 02h00 a 05h00 am y en la noche a partir de las 22h00 pm. En horas pico como son: de 05h30 a 07h00 am, de 10h00 a 11h00 am, de 13h00 a 14h00 pm y desde las 17h00 hasta las 19h00 pm el rendimiento disminuye debido al tráfico tomando un valor mínimo de 8.5 km/litro.
- Al realizar el análisis de este trabajo en dos etapas proporcionó información sobre los aciertos y falencias en la forma de conducción. Un acierto se puede evidenciar en la reducción de las rpm máximas al momento de realizar el cambio de marcha, por otro lado una falencia se pudo constatar en el incremento de la aceleración del vehículo.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] MTOP, “Normas de Diseño Geométrico de Carreteras,” *Mtop*, vol. 2, pp. 1–475, 2003, [Online]. Available: https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/manual-dedisecc3b1o-de-carretera_2003-ecuador.pdf.

- [2] P. Recalde, A. Posso, F. Valencia, N. Luna, V. Carrión, and D. Fierro, *Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035*. Quito, 2016.
- [3] J. Larrazábal, “La conducción eficiente,” *Dyna*, vol. 79, no. 1, pp. 12–14, 2004.
- [4] V. Corcoba, “Eco-driving: ahorro de energía basado en el comportamiento del conductor,” 2014, [Online]. Available: <http://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/19981>.
- [5] J. Trujillo, P. Rivera, M. Revelo, and C. Buitrón, “Medición del Consumo de Combustible, Torque y Potencia Aplicando Ecodriving,” 2019.
- [6] J. Luis Ulloa and A. Fabian Velasco, “Evaluación del consumo de combustible en vehículos, utilizando diferentes estrategias cambios de marcha,” p. 14, 2018.
- [7] T. D. E. Grado and O. Nunige, “EVALUACION Y COMPARACION DE METODOS DE MEDICION CONSUMO DE COMBUSTIBLE PARA LABORATORIO Y RUTA EN UN VEHICULO LIVIANO,” 2018.
- [8] Empresa de Movilidad Tránsito y Transporte de Cuenca, “INFORME CALIDAD AIRE CUENCA 2017,” pp. 1–123, 2017.
- [9] D. Vela and A. E. Torre, “Sector Automotor Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador,” no. 4, 2017.
- [10] Ilustre Municipalidad de Cuenca, “Plan de movilidad de Cuenca 2015-2025,” *Ilus. Munic. Cuenca*, 2015, doi: doi: 10.1039/c3sm27345h.
- [11] P. Sánchez Pérez, “Conducción eficiente,” p. 18, 2011.
- [12] W. D. Cornejo, “Optimización del Consumo de Combustible y Reducción de la Contaminación Ambiental Con La Conducción Eficiente,” pp. 1–23, 1895.
- [13] J. S. Muñoz Falconí and L. F. Rivas Paz, “Evaluación de un modelo de conducción eficiente en una unidad de la flota de transporte de pasajeros Élite Tours Cía. Ltda. en la ruta Cuenca-Loja,” 2018.