



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

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

Determinación del rendimiento de combustible de una flota de taxis de 1600 cm³ en la ciudad de Cuenca aplicando técnicas de Ecodriving

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
MAGISTER EN SISTEMAS VEHICULARES**

Nombre del Autor:

DIEGO FERNANDO PÉREZ VALVERDE

Nombre del Director:

DANIEL CORDERO MORENO

CUENCA – ECUADOR

2020

Dedicatoria:

Primeramente, quiero dedicar a Dios por haberme dado la fortaleza para derribar obstáculos presentados en mi vida, así como también a mis padres, tías, primos y demás familiares que hicieron todo lo que estuvo a su alcance para que yo pudiera lograr mis metas, por motivarme, por siempre creer en mí, por estar a mi lado en los momentos más difíciles y por guiarme por el mejor camino.

Agradecimientos:

A Dios todopoderoso por su gracia, misericordia y bendiciones, haciendo posible conseguir la culminación de esta carrera. A la Universidad del Azuay, por brindarme la oportunidad de adquirir más conocimientos para ser una persona útil a la sociedad. A mis padres por su cariño, apoyo, comprensión y dedicación que días tras día me impulsaron a que yo pueda cumplir mis metas convirtiéndome en una persona responsable. Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que me apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa más de mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|-------------------------------|-----|
| DEDICATORIA: | I |
| AGRADECIMIENTOS: | II |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS..... | III |
| ÍNDICE DE FIGURAS | IV |
| ÍNDICE DE TABLAS | V |
| RESUMEN | VI |
| ABSTRACT | VII |
| | |
| 1. INTRODUCCIÓN | 8 |
| 2. MATERIALES Y MÉTODOS | 4 |
| 3. RESULTADOS..... | 7 |
| 4. CONCLUSIONES | 8 |
| 5. BIBLIOGRAFÍA | 9 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|---|
| Figura 1 Demanda de energía mundial [2] | 8 |
| Figura 2 Demanda de energía en el Transporte [2] | 8 |
| Figura 3 Demanda de energía del Transporte en Ecuador [3]..... | 2 |
| Figura 4 Vehículos matriculados por año [4]..... | 2 |
| Figura 5 Contaminación Vehicular | 2 |
| Figura 6 Fuerzas aplicadas en el vehículo [6] | 3 |
| Figura 7 Consumo de combustible específico del freno [9] | 3 |
| Figura 8 Consumo de combustible ciclo FTP 75 [1] | 4 |
| Figura 9 Consumo de combustible ciclo HWFET [1] | 4 |
| Figura 10 Procesamiento de la Información | 5 |
| Figura 11 Capacitación a los conductores | 5 |
| Figura 12 Ejemplo demostrativo 1 | 6 |
| Figura 13 Ejemplo demostrativo 2 | 6 |
| Figura 14 Ruta usada en la capacitación..... | 6 |
| Figura 15 Recorridos en el día sin Ecodriving..... | 7 |
| Figura 16 Recorridos en el día con Ecodriving..... | 7 |
| Figura 17 Diagrama Caja Bigote sin Ecodriving | 7 |
| Figura 18 Diagrama Caja Bigote con Ecodriving | 8 |
| Figura 19 Rendimiento de combustible durante el día | 8 |
| Figura 20 Velocidad máxima | 8 |
| Figura 21 RPM máximo | 8 |
| Figura 22 Aceleración máxima | 8 |
| Figura 23 Desaceleración máxima | 8 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|---|
| Tabla 1 Comparación de parámetros evaluados [10] | 3 |
| Tabla 2 Materiales con sus características | 4 |
| Tabla 3 Distribución de taxis por su cilindrada [12] | 4 |
| Tabla 4 Flota vehicular | 5 |
| Tabla 5 Contenidos de la Capacitación | 5 |
| Tabla 6 Fechas de la adquisición de datos | 6 |
| Tabla 7 Datos informativos y técnicos | 7 |
| Tabla 8 Número de recorridos cada media hora..... | 7 |
| Tabla 9 Resultados de Rendimiento | 7 |

DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE COMBUSTIBLE DE UNA FLOTA DE TAXIS DE 1600 CM³ EN LA CIUDAD DE CUENCA APLICANDO TÉCNICAS DE ECODRIVING

RESUMEN

El presente estudio determina el rendimiento de combustible para una flota de taxis, en la ciudad de Cuenca, aplicando técnicas de Ecodriving. Para ello se instrumentaron 7 taxis, utilizando un lector de la computadora del vehículo (OBDII), un teléfono celular y una aplicación llamada Torque Pro. La campaña de recolección de datos se desarrolló durante dos meses; un mes, sin aplicar técnicas de Ecodriving y otro mes, aplicando estas técnicas. Al final se obtuvo un incremento en el rendimiento de combustible del 10.49%, siendo el rango horario más eficiente para aplicar las técnicas de Ecodriving entre las 18H00 y 23H00.

Palabras Clave – Rendimiento de combustible, Ecodriving, Datos OBDII

Daniel Cordero M.

Daniel Cordero Moreno, PhD

Director del Trabajo de Titulación

Diego Pérez Valverde

Ing. Diego Pérez Valverde

Autor

DETERMINATION OF FUEL PERFORMANCE OF A 1600 CM³ TAXIS FLEET IN THE CITY OF CUENCA APPLYING ECODRIVING TECHNIQUES

ABSTRACT

The present study determines the fuel efficiency of a taxi fleet in Cuenca by applying Ecodriving techniques. For this, 7 taxis were instrumented by using a vehicle computer reader(OBDII), a cell phone and an application called Torque Pro. The data collection campaign was carried out over two months; one month, without applying Ecodriving techniques and other month with these techniques. In the end, an increase in fuel efficiency of 10.49% was obtained. The most efficient hour range to apply the Ecodriving techniques was between 18:00 and 23:00.

Keywords – Fuel Performance, Ecodriving, OBDII Data.

Daniel Cordero M.

Daniel Cordero Moreno, PhD

Thesis Director

Diego Pérez

Ing. Diego Pérez Valverde

Author

Magali Arteaga

Determinación del rendimiento de combustible de una flota de taxis de 1600 cm³ en la ciudad de Cuenca aplicando técnicas de Ecodriving.

Diego Fernando Pérez Valverde

Departamento de Posgrado

Maestría en Sistemas Vehiculares

Universidad del Azuay

Cuenca, Ecuador

diego1991perez@gmail.com

Resumen- El presente estudio determina el rendimiento de combustible para una flota de taxis, en la ciudad de Cuenca, aplicando técnicas de Ecodriving. Para ello se instrumentaron 7 taxis, utilizando un lector de la computadora del vehículo (OBDII), un teléfono celular y una aplicación llamada Torque Pro. La campaña de recolección de datos se desarrolló durante dos meses; un mes, sin aplicar técnicas de Ecodriving y otro mes, aplicando estas técnicas. Al final se obtuvo un incremento en el rendimiento de combustible del 10.49%, siendo el rango horario más eficiente para aplicar las técnicas de Ecodriving entre las 18H00 y 23H00.

Palabras Clave – Rendimiento de combustible, Ecodriving, Datos OBDII.

Abstract— The present study determines the fuel efficiency of a taxi fleet in Cuenca by applying Ecodriving techniques. For this, 7 taxis were instrumented by using a vehicle computer reader (OBDII), a cell phone and an application called Torque Pro. The data collection campaign was carried out over two months; one month, without applying Ecodriving techniques and other month with these techniques. In the end, an increase in fuel efficiency of 10.49% was obtained. The most efficient hour range to apply the Ecodriving techniques was between 18:00 and 23:00.

Keywords – Fuel Performance, Ecodriving, OBDII Data.

1. INTRODUCCIÓN

La demanda de energía a nivel mundial está en constante incremento. Se estima que entre los años 2017 y 2025 ésta demanda aumente en un 9%, es decir de 32670 GW pase a 35680 GW [1]. Esta energía que se demanda a nivel mundial, se divide en diferentes sectores como se puede observar en la Figura 1, de la cual al sector del transporte terrestre le corresponde el 81% (Figura 2) [2].

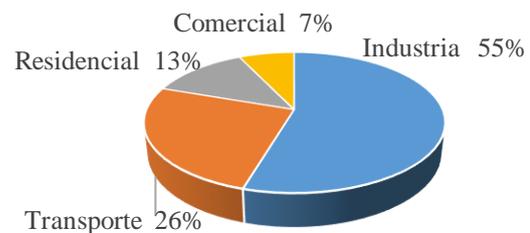


Figura 1 Demanda de energía mundial [2]

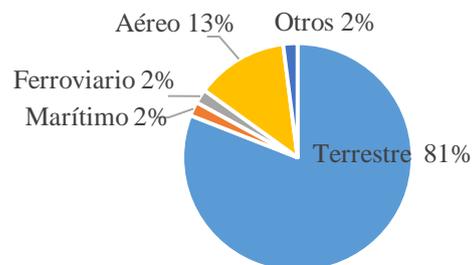


Figura 2 Demanda de energía en el Transporte [2]

Sin embargo, en el Ecuador la demanda de energía en el sector del transporte se divide en transporte de carga liviana y carga pesada, incluyéndose también otros medios de transporte como son: el marítimo aéreo y ferroviario indicados en la Figura 3 [3].

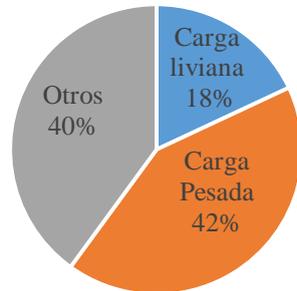


Figura 3 Demanda de energía del Transporte en Ecuador [3]

Esto se debe al aumento del número de vehículos en el país, que hasta el año 2019 ya se contabilizaba un registro de vehículos matriculados a nivel nacional de 2592432.(Figura 4) [4]

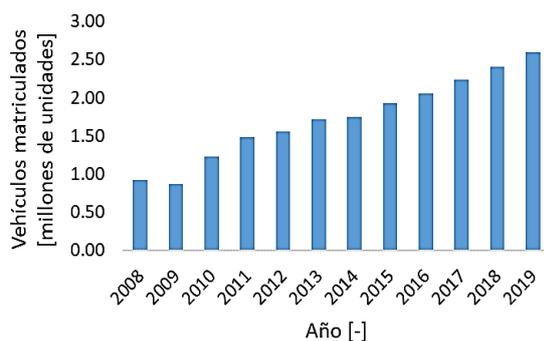


Figura 4 Vehículos matriculados por año [4]

Todo este elevado número de vehículos circulando por las vías traen consecuencias como la contaminación ambiental generada por los gases emitidos de los vehículos, la escasez de recursos, ya que los combustibles fósiles son la principal fuente de energía utilizada por el transporte y finalmente afectaciones a la salud de las personas (Figura 5).[1].



Figura 5 Contaminación Vehicular

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) solo en 2012 la contaminación del aire causó 7 millones de muertes en el mundo [5]. En Cuenca, el 76% de esta contaminación es causada por el parque automotor, el mismo que se compone de alrededor de 90.000 vehículos de los cuales el 4.4% forman la flota de taxis de la ciudad con 109 agrupaciones entre compañías y cooperativas alcanzando un total de 3960 unidades [5].

Por lo que, surgen estrategias para reducir el consumo de combustible [6], las cuales son:

- La demanda de potencia
- Mejoras en el motor
- Modificación en los trenes de potencia o uso de combustible alternativos
- Mejoras en la caja de cambios
- Configuración del tren motriz
- Logística o selección de rutas
- *Ecodriving*

Ecodriving

Ecodriving 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. 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.[7].

Técnicas de Ecodriving

El Ecodriving cuenta con diferentes técnicas que dependiendo de la habilidad del conductor pueden ser aplicadas, las mismas que se clasifican en técnicas antes del viaje y técnicas que pueden ser aplicadas durante la conducción.

Antes del viaje [7] :

- Revisión de niveles de los fluidos
- Instrumentación de ayuda a la conducción
- Neumáticos
- Peso adicional
- Resistencia del aire
- Tiempo en ralentí con el motor en frío

Durante el viaje [7] :

- Cambio de marcha lo antes posible
- Marchas altas a bajas revoluciones del motor
- Aceleraciones y deceleraciones

- Rodaje por inercia

¿Cómo funciona el Ecodriving?

El funcionamiento del Ecodriving se basa principalmente en la aplicación de las técnicas tanto para el vehículo como para el motor.

Vehículo:

Un vehículo para poder desplazarse tiene que vencer 4 fuerzas que son: (Figura 6)

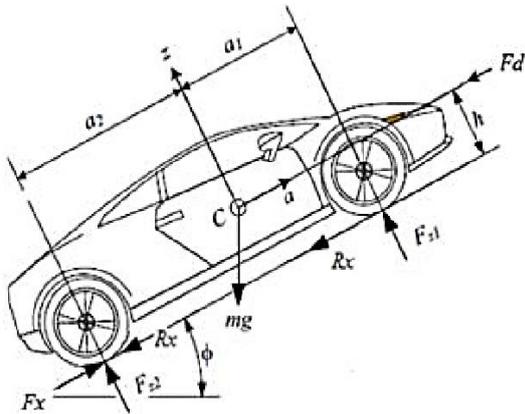


Figura 6 Fuerzas aplicadas en el vehículo [6]

$$F_x = F_d + R_x + R_i + R_g$$

F_d = Fuerza de arrastre

R_x = Resistencia a la rodadura

R_g = Fuerza debido a la pendiente

R_i = Fuerza debido a la inercia

$$F_d = \frac{1}{2} C_d \rho A V^2 \quad R_x = f_r M g \cos \theta$$

$$R_i = M a \quad R_g = M g \sin \theta$$

C_d = Coeficiente de arrastre ρ = Densidad del aire

A = área frontal V = velocidad del vehículo

f_r = coeficiente de fricción M = masa

g = gravedad θ = ángulo de pendiente

a = aceleración

Estas fuerzas están ligadas directamente a las técnicas de Ecodriving como por ejemplo con los neumáticos (R_x), con el peso del vehículo (R_i , R_g , R_x), y con la resistencia al aire (F_d). Por lo que se puede concluir que si se mejora las condiciones del vehículo en cuanto a las fuerzas que se oponen, se reduce el consumo de combustible. [6]

Motor:

Cada motor tiene una superficie de zona verde o zona de eficiencia, está zona habitualmente se ubica a velocidades medias del motor y cerca del par máximo y es el lugar en donde se busca llegar con el Ecodriving (Figura 7) [8].

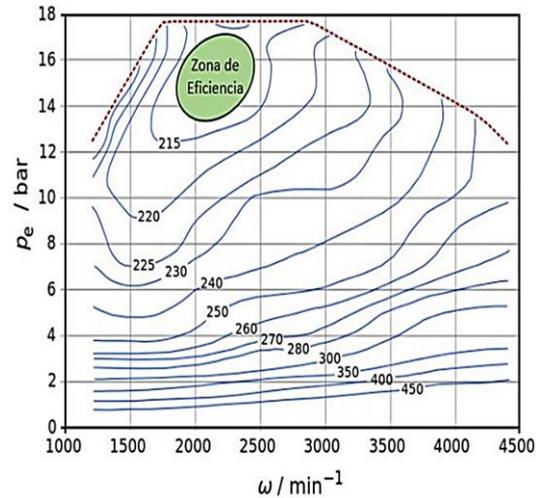


Figura 7 Consumo de combustible específico del freno [9]

¿Cómo hacer Ecodriving?

Existen varios estudios realizados en cuanto al Ecodriving, como por ejemplo Muñoz y Rivas evalúa un modelo de conducción eficiente en la ruta Cuenca- Loja, para lo cual se utilizó un flujómetro, GPS, dispositivo OBD II y un módulo arduino llegando a obtener un ahorro de combustible de 8.3% durante el viaje, evaluando diferentes factores como se observa en la Tabla 1.[10]

Tabla 1 Comparación de parámetros evaluados [10]

| Factor Evaluado | Fase 1 | Fase 2 | Diferencia |
|------------------------|--------------------|--------------------|---------------|
| Velocidad Promedio | 58.6 km/h | 57.38 km/h | 1.22 km/h |
| Tiempo en ralentí | 11.97±0.20 minutos | 5±0.00 minutos | 6.97 minutos |
| Aceleraciones Bruscas | 70.67±0.3e ventos | 58.50±0.24 eventos | 12.17 eventos |
| Tiempo de viaje | 3.56±0.06 horas | 3.45±0.05 horas | 0.11 horas |
| Rendimiento en consumo | 11.11 L/100 km | 10.18 L/100km | 0.93 L/100km |
| Costo | 6.30±0.06 USD | 5.78±0.11 USD | 0.52 USD |

Otro estudio desarrollado por Ulloa y Velasco analiza estrategias de cambio de marcha a diferentes revoluciones del motor, realizado las pruebas en 3 vehículos a gasolina y 1 vehículo a diésel, utilizando los ciclos de conducción FTP75 (Figura 8) y el ciclo HWFET (Figura 9) [1].

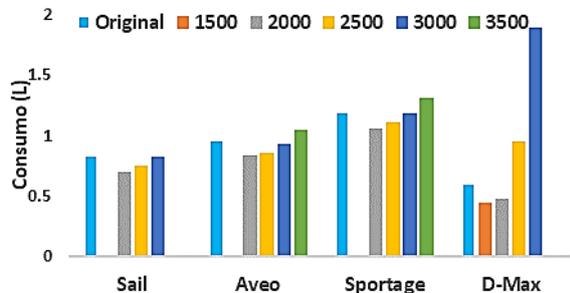


Figura 8 Consumo de combustible ciclo FTP 75 [1]

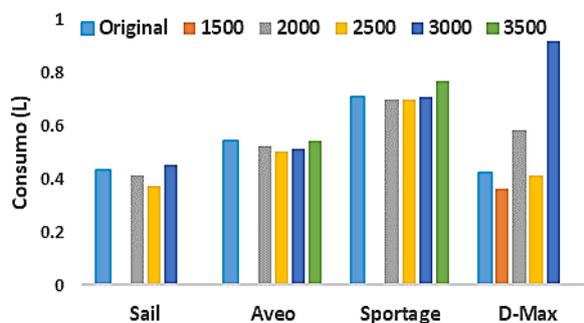


Figura 9 Consumo de combustible ciclo HWFET [1]

Con los estudios mencionados se puede evidenciar que aplicando las técnicas de Ecodriving se puede llegar a obtener un menor consumo de combustible y emisiones contaminantes, como por ejemplo en el primer trabajo se llegó a tener un ahorro de 8.3% de combustible durante el viaje Cuenca-Loja. En el segundo trabajo analizado, el menor consumo de combustible se obtiene realizando el cambio de marcha a 2000 rpm en vehículos a gasolina para el ciclo FTP75 y a 2500 rpm para el ciclo HWFET. Mientras que para el vehículo diésel a 1500 rpm para ambos ciclos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de Estudio

Este trabajo se desarrolló en la zona urbana de la Ciudad de Cuenca, capital de la provincia del Azuay, localizada en el centro austral de la República del Ecuador, ubicada entre la latitud 2°53'57" sur y longitud 79°00'55" oeste, a una altitud aproximadamente de 2583 metros sobre el

nivel del mar, con una temperatura promedio de 15 °C.[11]

2.2 Materiales

Las herramientas requeridas para llevar a cabo este proyecto se detallan en la Tabla 2 :

Tabla 2 Materiales con sus características

| Equipo | Características |
|--|---|
|  ELM 327 | Protocolos de comunicación: Todos para OBD II. Voltaje: 12v. Conexión: inalámbrica Bluetooth. |
|  Teléfono celular | Celular Alcatel Pixi 4 Sistema Operativo Android 6 ROM 8 gigas RAM 1 giga |
|  Aplicación Torque Pro | Disponible para Android / IOS |

Además, se utilizó una flota vehicular de taxis debido a que son los vehículos que más recorren una ciudad, dividiéndolos por su cilindrada en 1600 cm³ y 1400 cm³, detallados en la Tabla 3.

Tabla 3 Distribución de taxis por su cilindrada [12]

| Cilindraje [cm ³] | Unidades |
|-------------------------------|----------|
| 1000 a 1300 | 22 |
| 1301 a 1500 | 1327 |
| 1501 a 1800 | 1974 |
| 1801 a 2000 | 6 |
| No registrado | 166 |

Adicionalmente se contó con un equipo de trabajo conformado por estudiantes de la Maestría en Sistemas Vehiculares, estudiantes de pregrado de la Universidad del Azuay, profesores de la Universidad y Técnicos Investigadores del Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Automotriz de la Universidad del Azuay (ERGON).

2.2 Selección de la metodología

Existen varios métodos para obtener el rendimiento de combustible, entre los cuales están: el método gravimétrico, el volumétrico, de balance de carbono

y el método mediante el dispositivo OBD II, siendo este último el utilizado en el presente proyecto.

Este método emplea el mencionado dispositivo OBD II, el cual va a registrar distancia y consumo de combustible apoyado por una aplicación móvil Torque Pro instalado previamente en los teléfonos celulares de los conductores de los vehículos de la muestra.

2.3 Procesamiento de la información

El proyecto tuvo dos etapas organizadas de la siguiente manera: en el primer mes se realizó en condiciones normales de manejo y el siguiente mes aplicando técnicas de Ecodriving. Para una mejor comprensión sobre la forma de operar se presenta el siguiente diagrama de flujo: Figura 10

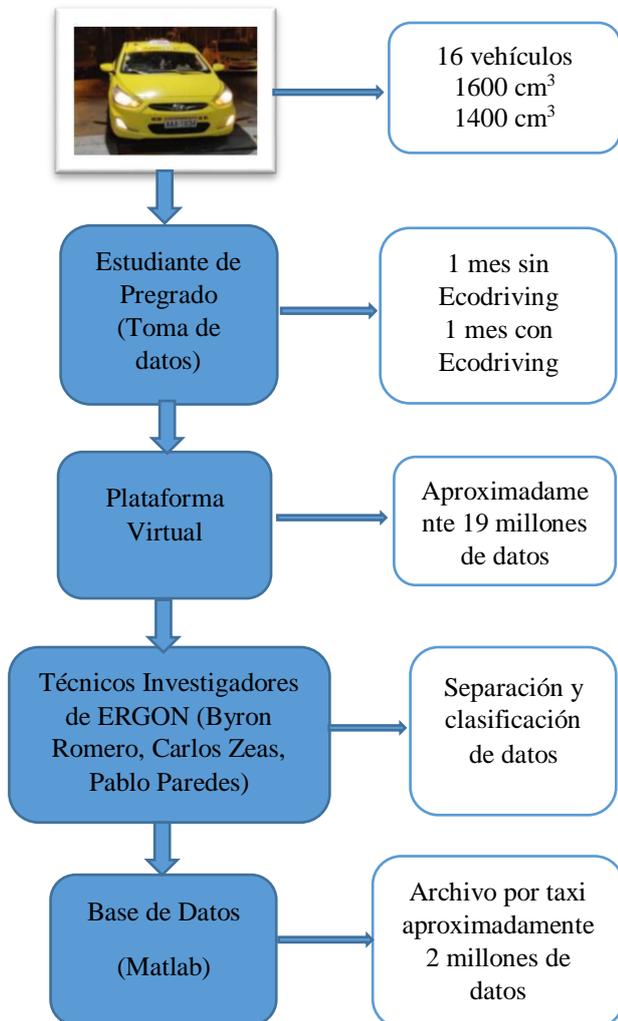


Figura 10 Procesamiento de la Información

El diagrama de flujo detalla la secuencia aplicada para la obtención de datos, la cual inicia definiendo la flota de taxis, los mismos que generan datos que son almacenados en una plataforma virtual durante las dos etapas, para posteriormente los técnicos

investigadores de ERGON armar una base de datos facilitando el procesamiento de la información.

Para el presente proyecto se tomó en cuenta la flota vehicular con cilindraje 1600 cm³ indicada en la siguiente Tabla 4:

Tabla 4 Flota vehicular

| | Marca | Modelo | Año de Fabricación | Cilindraje |
|---|---------|--------|--------------------|------------|
| 1 | Nissan | Versa | 2015 | 1600 cc |
| 2 | Hyundai | Accent | 2008 | 1600 cc |
| 3 | Hyundai | Accent | 2013 | 1600 cc |
| 4 | Hyundai | Accent | 2017 | 1600 cc |
| 5 | Nissan | Versa | 2014 | 1600 cc |
| 6 | Hyundai | Accent | 2013 | 1600 cc |
| 7 | Hyundai | Accent | 2019 | 1600 cc |

2.4 Capacitación a los Conductores

Previo al inicio de la segunda etapa consistente en la recolección de datos, varios estudiantes de la Maestría en Sistemas Vehiculares tuvieron que capacitar a los conductores de la flota vehicular sobre el tema de Ecodriving. Dicha actividad se llevó a cabo en las aulas de los talleres de la Universidad del Azuay, como se puede apreciar en la Figura 11, con una asistencia de 14 conductores de taxis. En la capacitación se entregó material informativo como trípticos, además se usó medios audiovisuales como videos y diapositivas con los contenidos detallados en la Tabla 5.

Tabla 5 Contenidos de la Capacitación

| |
|---|
| Definición |
| Fuerzas que intervienen en el desplazamiento del vehículo |
| Beneficios del Ecodriving |
| Estudios realizados |
| Consejos para aplicar Ecodriving |



Figura 11 Capacitación a los conductores

Entre las técnicas de Ecodriving aplicadas previas a la conducción se sugirió cambiar de actitud al momento de conducir, evitando la conducción agresiva y proponiendo la utilización de un manejo

defensivo disminuyendo el riesgo de accidentes de tránsito. Además, se recomendó mantener al vehículo en buen estado mecánico, así como también evitar el peso innecesario debido que es un factor importante que influye en el consumo de combustible. Por otro lado, se debe considerar que cuando se inicie el movimiento del vehículo es recomendable realizar el cambio de marcha lo antes posible dentro del régimen de giro de 2000 rpm a 2500 rpm, manteniendo la velocidad constante el mayor tiempo posible evitando aceleraciones y desaceleraciones de forma brusca. Es también aconsejable para reducir el consumo de combustible minimizar el uso del aire acondicionado y en el caso cuando el vehículo alcanza altas velocidades hay que tener cuidado en mantener las ventanas cerradas ya que, de lo contrario al mantener las ventanas abiertas, se modifica el coeficiente de arrastre del vehículo, aumentando el consumo de combustible hasta en un 5%.

Con la información entregada previa a la capacitación se pudo dar a conocer un ejemplo demostrativo y real de la influencia que tiene la forma de conducir, para lo cual se tomó como referencia un mismo punto de la ciudad de Cuenca, con características similares en cuanto a su geografía, detallando variables como velocidad, consumo instantáneo y régimen de giro indicados en las Figura 12 y Figura 13.

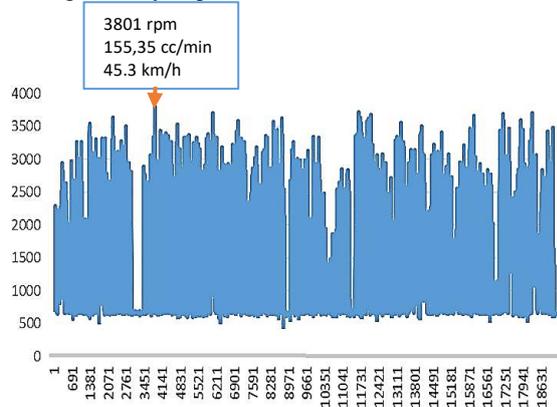


Figura 12 Ejemplo demostrativo 1

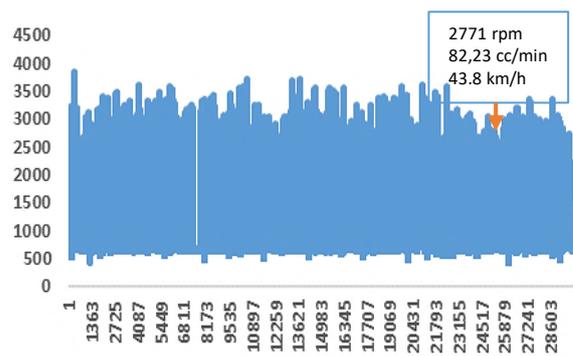


Figura 13 Ejemplo demostrativo 2

Finalmente, para complementar los conocimientos de los asistentes se realizó una prueba real con los taxis en una ruta cercana a la universidad, indicada en la Figura 14 sin aplicar técnicas de Ecodriving y luego aplicando técnicas de Ecodriving, para de esta manera demostrar que las técnicas a utilizar funcionan perfectamente.



Figura 14 Ruta usada en la capacitación

2.5 Análisis de los datos

Una vez adquirida toda la información de las dos etapas con fechas indicadas en la Tabla 6, se procedió a utilizar los programas Matlab y Excel para formar una base de datos, incluyendo parámetros informativos y técnicos detallados en la Tabla 7, así como también el cálculo del rendimiento.

Tabla 6 Fechas de la adquisición de datos

| Condición | Inicio | Fin |
|----------------|------------|------------|
| Sin Ecodriving | 29/05/2019 | 02/07/2019 |
| Con Ecodriving | 06/07/2019 | 26/07/2019 |

Tabla 7 Datos informativos y técnicos

| Datos Informativos | | Datos Técnicos | |
|--------------------|--------------------|------------------------|-----------------|
| Placa | Cilindraje | Temperatura | Carga |
| Marca | Condición | Aceleración | Rpm |
| Modelo | Hora inicio | Rendimiento | Altitud |
| Fecha | Hora final | Distancia | Velocidad |
| Año vehículo | Nombre del archivo | Consumo de combustible | Numero de datos |

La base de datos en la cual se procesó la información, se dividió en rangos de 30 minutos, debido a la gran magnitud de valores acumulados en las dos etapas, por lo que facilitó el posterior análisis, resumido en la Tabla 8.

Tabla 8 Número de recorridos cada media hora

| Detalles Vehículo | | Número de ciclos de media hora | | |
|-------------------|------|--------------------------------|---------|-------|
| Marca | Año | Sin Eco | Con Eco | Total |
| Nissan Versa | 2015 | 510 | 316 | 826 |
| Hyundai Accent | 2008 | 149 | 129 | 278 |
| Hyundai Accent | 2013 | 526 | 352 | 878 |
| Hyundai Accent | 2017 | 497 | 229 | 726 |
| Nissan Versa | 2014 | 880 | 219 | 1099 |
| Hyundai Accent | 2013 | 398 | 277 | 675 |
| Hyundai Accent | 2019 | 420 | 357 | 777 |
| Total | | | | 5259 |

Otro aspecto importante fue encontrar la distribución de recorridos de toda la flota vehicular durante el día dividido por horas, determinando así la hora en la que los vehículos tienen más recorridos durante las dos condiciones de manejo mostrados en las Figura 15 y Figura 16.

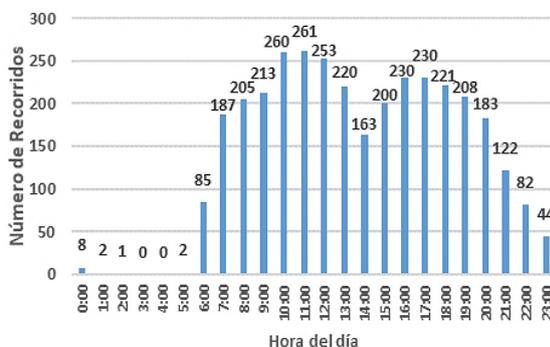


Figura 15 Recorridos en el día sin Ecodriving

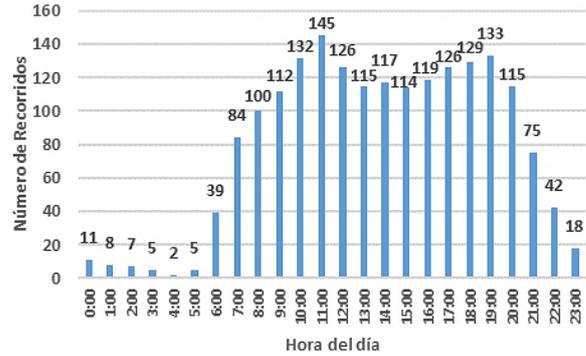


Figura 16 Recorridos en el día con Ecodriving

3. RESULTADOS

Para el cálculo del rendimiento se tomó en cuenta la distancia recorrida del vehículo y el consumo instantáneo, obteniendo de esta manera los resultados indicados en la Tabla 9.

Tabla 9 Resultados de Rendimiento

| Nº | Sin Eco [km/h] | Inter. Confianza [95%] | Con Eco [km/h] | Inter. Confianza [95%] | Mejora [%] |
|-------|----------------|------------------------|----------------|------------------------|------------|
| 1 | 10.120 | ± 0.23 | 10.989 | ± 0.35 | 8.58 |
| 2 | 4.796 | ± 0.17 | 9.277 | ± 0.43 | 93.43 |
| 3 | 10.049 | ± 0.19 | 10.577 | ± 0.30 | 5.25 |
| 4 | 9.073 | ± 0.17 | 9.159 | ± 0.26 | 0.94 |
| 5 | 10.575 | ± 0.16 | 10.756 | ± 0.28 | 1.70 |
| 6 | 9.138 | ± 0.19 | 9.427 | ± 0.27 | 3.16 |
| 7 | 9.600 | ± 0.22 | 9.812 | ± 0.23 | 2.21 |
| Total | 9.050 | ± 1.45 | 9.999 | ± 0.56 | 10.49 |

Además, con la información obtenida del rendimiento se realizó un Diagrama Caja Bigote, en donde se representa los datos atípicos que existieron en la base de datos, éstos están indicados en las Figura 17 y Figura 18.

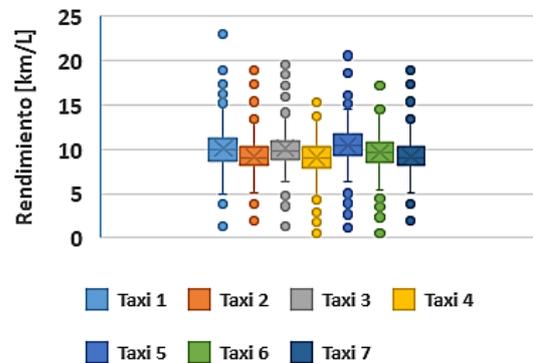


Figura 17 Diagrama Caja Bigote sin Ecodriving

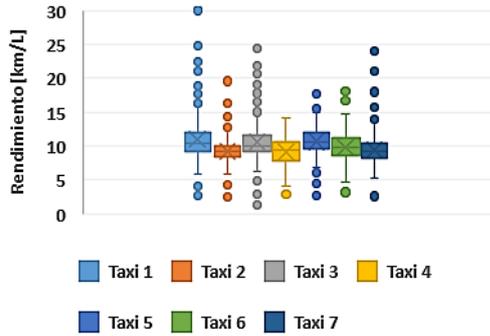


Figura 18 Diagrama Caja Bigote con Ecodriving

Otra consideración necesaria de destacar es la distribución del rendimiento de combustible en las diferentes horas del día, en la cual se puede observar la hora en que los vehículos tienen un menor consumo de combustible indicándose en la Figura 19.

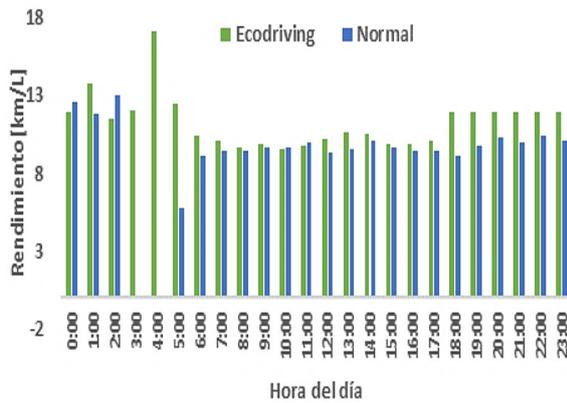


Figura 19 Rendimiento de combustible durante el día

Se obtuvieron gráficas con los valores máximos de diferentes variables que influyen en el rendimiento de combustible como son rpm, velocidad y aceleraciones indicadas en Figura 20 Figura 21 Figura 22 y Figura 23.

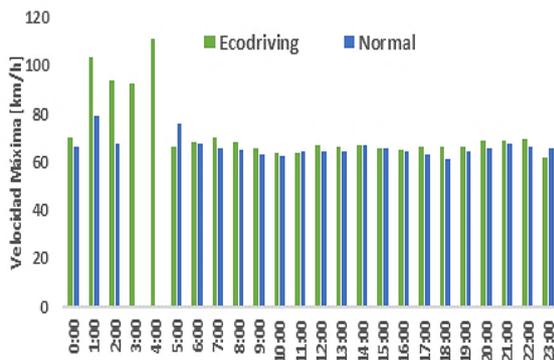


Figura 20 Velocidad máxima

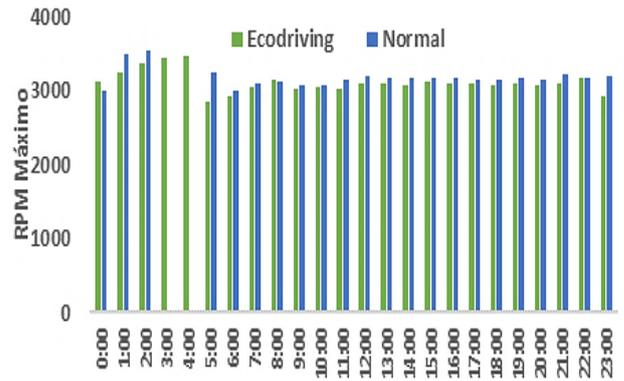


Figura 21 RPM máxima

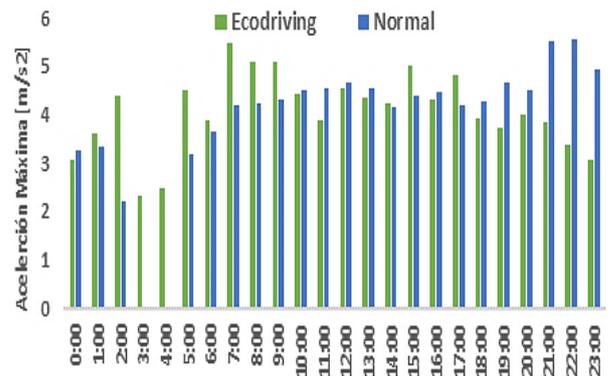


Figura 22 Aceleración máxima

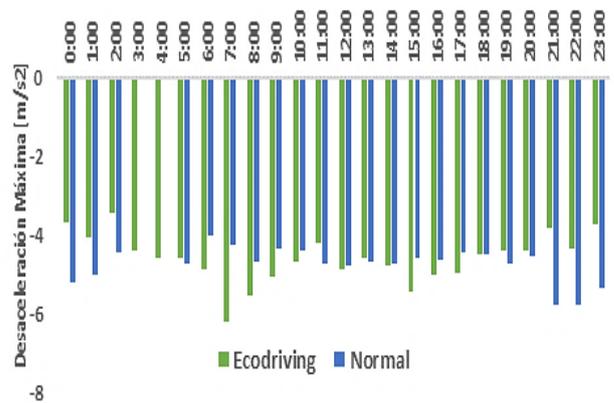


Figura 23 Desaceleración máxima

4. CONCLUSIONES

- Comparando entre la primera fase, que fue en condiciones normales, y la segunda fase, que fue aplicando las técnicas de Ecodriving, se logró un aumento del rendimiento de combustible de 9.050 km/L a 9.999 km/L con un porcentaje de mejora del 10.49%.

- La diferencia del rendimiento de combustible depende directamente de la habilidad de los conductores para aplicar las técnicas de Ecodriving, así como también de la forma en que ellos controlan las variables de velocidad, rpm y aceleraciones.
 - Realizar el estudio en dos fases mediante el correspondiente análisis, facilitó la identificación de aciertos y falencias en cuanto a la forma de conducción. Uno de los aciertos del Ecodriving fue disminuir el número de rpm máximo al momento de realizar el cambio de marcha por parte de los conductores, mientras que se detectó falencias como el incremento de la velocidad y aceleraciones del vehículo.
 - Las herramientas utilizadas en la capacitación a los conductores, esto es información escrita, audiovisual y práctica, dieron buenos resultados debido a que se logró un cambio en cuanto al comportamiento en la conducción, reflejándose una diferencia en el consumo de combustible.
 - Mediante el análisis efectuado al rendimiento de la flota vehicular clasificado por horas del día, se pudo evidenciar que existe una mayor diferencia entre las dos etapas a partir de las 18h00 a 23h00, debido a que en este rango de horario existe mayor afluencia vehicular.
- [6] D. Cordero, “Metodología para minimizar el consumo de combustible en autobuses, que sirven rutas fijas, mediante la reconfiguración del tren motriz,” Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, 2015.
 - [7] V. Corcoba, “Eco-driving: Ahorro de energía basado en el comportamiento del conductor,” Universidad Carlos III de Madrid, 2014.
 - [8] C. L. Miranda, P. Barla M. Gilbert Gonthier, A. Lopez, ““Eco-driving training and fuel consumption: Impact, heterogeneity and sustainability,” 2017.
 - [9] x-engineer.org, ““Brake Specific Fuel Consumption (BSFC) – x-engineer.org,” 2017. .
 - [10] J. Muñoz and L. Rivas, “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,” Universidad del Azuay, 2018.
 - [11] D. Quinde, “Estimación de emisiones de CO2 en taxis con cilindrada de 1400cc bajo parámetros de conducción normal en la ciudad de Cuenca, utilizando el modelo IVE.,” Universidad del Azuay.
 - [12] A. Cedillo, “Análisis de las condiciones de operación de los taxis de la ciudad de Cuenca para la implementación del sistema Start-Stop,” Universidad del Azuay, 2017.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Velasco and J. Ulloa, “Evaluación del consumo de combustible en vehículos, utilizando diferentes estrategias cambios de marcha,” Universidad del Azuay, 2018.
- [2] EIA, “U.S Energy Information Administration,” 2017. .
- [3] Diario El Telegrafo, “Importancia en el uso eficiente de vehículos,” 2016.
- [4] Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, “Anuario,” 2020. .
- [5] J. Bustos and P. Paredes, “Determinación del consumo de combustible de vehículos en base a los ciclos de conducción EPA FTP 75 y EPA HWFET, en dinamómetro de chasis,” Universidad del Azuay, 2018.