



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

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

Determinación del rendimiento de combustible de una flota de taxis de 1400 centímetros cúbicos en la ciudad de Cuenca mediante parámetros de conducción normal.

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

Autor:

DAVID EDUARDO YUPANQUI TAIPE

Director:

ING. ROBERT ROCKWOOD IGLESIAS M.I

CUENCA – ECUADOR

2020

Dedicatoria:

A mis padres quienes me han apoyado durante toda esta larga carrera, por sus sabios consejos de igual manera a mi esposa y mi hijo Mateo que son pilares fundamentales para seguir por este sendero del saber.

Agradecimientos:

A Dios por guiarme y brindarme su sabiduría,
a la Universidad del Azuay por el apoyo durante
la realización del trabajo, en especial a mi tutor Ing. Robert Rockwood,
por todo el tiempo y apoyo brindado,
para la realización de la presente investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE TABLAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
1.INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	4
3. RESULTADOS	6
4. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN.....	10
5. BIBLIOGRAFÍA	11

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del cantón Cuenca	4
Figura 2. Recorrido de los taxis en condición normal	7
Figura 3. Velocidad promedio de los taxis	7
Figura 4. Aceleración promedio positiva.....	7
Figura 5. Aceleración promedio negativa.....	8
Figura 6. RPM promedio de los taxis	8
Figura 7. RPM máxima.....	8
Figura 8. Velocidad máxima de los taxis.....	8
Figura 9. Aceleración máxima positiva	8
Figura 10. Aceleración máxima negativa	9
Figura 11. Carga máxima de la flota de taxis	9
Figura 12. Rendimiento promedio por taxi.....	10

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Consumo de (CLDH) por tipo de combustible en la jurisdicción de la ARCH-AZUAY 2015....	3
Tabla 2. Equipos para la investigación	5
Tabla 3. Característica de la flota de taxis	5
Tabla 4. Base de datos general.....	6
Tabla 5. Datos informativos de la flota vehicular	6
Tabla 6. Datos técnicos de la flota vehicular	6
Tabla 7. Resumen de datos del vehículo, ciclos de media hora y rendimiento promedio.....	9

Determinación del rendimiento de combustible de una flota de taxis de 1400 centímetros cúbicos en la ciudad de Cuenca mediante parámetros de conducción normal.

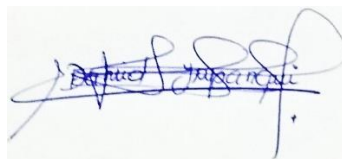
RESUMEN

En el presente estudio, se determinó el rendimiento de combustible de la flota compuesta por seis taxis que circulan en la ciudad de Cuenca, mediante la instrumentación de un sistema de posicionamiento global (GPS) que se encuentra incorporado en el dispositivo celular además de una interfaz de registro de datos OBDII, su conexión a través de bluetooth® permitió recopilar datos las 24 horas del día, almacenando la velocidad instantánea, la altitud, la posición, el consumo instantáneo de combustible y el tiempo. La base de datos creada contiene alrededor de 20,5 millones de filas. La información se recopiló durante aproximadamente 28 días según el cuadro de control diario del monitoreo de la flota de taxis. El rendimiento promedio de combustible para esta flota de taxis es de 9,46 km/l, los conductores no hicieron cambios con respecto a sus hábitos de manejo, el rendimiento estimado considera condiciones normales de operación, tales como: tráfico normal, carga variable, demanda del servicio de taxi, combustible propiedades, topografía del camino, altitud, etc. que afectan el consumo de combustible y el rendimiento.

Palabras Clave – rendimiento, taxis, Cuenca, OBD.



Ing. Robert Rockwood Iglesias, Mgs
Director del trabajo de titulación



Ing. David Eduardo Yupanqui Taibe
Autor

Determination of the fuel efficiency of a taxi fleet of 1400 cubic centimeters in the city of Cuenca using normal driving parameters.

ABSTRACT

This study determined the fuel performance of a fleet made up of six taxis that circulate in Cuenca through a global positioning system (GPS). This system was incorporated into an intelligent phone as well as an interface OBDII data logging, its connection via bluetooth®, which allowed data collection 24 hours a day. The information stored the instantaneous speed, altitude, position, instantaneous fuel consumption and time. The created database contained around 20, 5 million rows. The information was collected for approximately 28 days according to the daily monitoring chart of the taxi fleet monitoring. The average fuel efficiency for this taxi fleet was 9, 46 km/l. Drivers did not make changes regarding their driving habits, the estimated performance considered as normal operating conditions: normal traffic, variable load, demand for taxi service, fuel properties, topography of the road, altitude, etc. affecting fuel consumption and performance.

Keywords – performance, taxis, Cuenca, OBD.

Translated by



Ing. David Eduardo Yupanqui Tsipe

Trabajo de Titulación.

David Eduardo Yupanqui Taipe

Mayo 2020.

Determinación del rendimiento de combustible de una flota de taxis de 1400 centímetros cúbicos en la ciudad de Cuenca mediante parámetros de conducción normal.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo surge de la necesidad de contar con información referente al consumo y rendimiento del combustible en vehículos livianos que circulan en la ciudad de Cuenca, estos datos serán de mucha ayuda para direccionar acciones que permitan controlar y organizar el parque automotor de la ciudad, en miras de mejorar las condiciones de movilidad, calidad del aire, y control de gases de efecto invernadero, o para direccionar estratégicamente subsidios monetarios a los combustibles. Actualmente se emplean diferentes metodologías para medir el consumo de combustible, algunas presentan mejor resolución de los datos, con respecto a la metodología empleada en esta investigación, sin embargo su equipamiento resulta costoso e interfieren con la operación normal del vehículo. Para el presente trabajo se optó por instrumentar cada vehículo con un dispositivo conectado al puerto OBDII, el cual transmite vía bluetooth® datos de: velocidad instantánea, altitud, posición, consumo instantáneo, y tiempo; a un teléfono inteligente equipado con la aplicación Torque®, los datos son almacenados en la memoria del teléfono, para posteriormente ser procesados en el programa Matlab®, en el cual se realizó la estimación de consumo y rendimiento de combustible promedio.

Determinación del rendimiento de combustible de una flota de taxis de 1400 centímetros cúbicos en la ciudad de Cuenca mediante parámetros de conducción normal.

David Eduardo Yupanqui Taipe

Departamento de Posgrados

Maestría en Sistemas Vehiculares

Universidad del Azuay

Cuenca, Ecuador

davidyu@es.uazuay.edu.ec

Resumen- En el presente estudio, se determinó el rendimiento de combustible de la flota compuesta por seis taxis que circulan en la ciudad de Cuenca, mediante la instrumentación de un sistema de posicionamiento global (GPS) que se encuentra incorporado en el dispositivo celular además de una interfaz de registro de datos OBDII, su conexión a través de bluetooth® permitió recopilar datos las 24 horas del día, almacenando la velocidad instantánea, la altitud, la posición, el consumo instantáneo de combustible y el tiempo. La base de datos creada contiene alrededor de 20,5 millones de filas. La información se recopiló durante aproximadamente 28 días según el cuadro de control diario del monitoreo de la flota de taxis. El rendimiento promedio de combustible para esta flota de taxis es de 9,46 km/l, los conductores no hicieron cambios con respecto a sus hábitos de manejo, el rendimiento estimado considera condiciones normales de operación, tales como: tráfico normal, carga variable, demanda del servicio de taxi, combustible propiedades, topografía del camino, altitud, etc. que afectan el consumo de combustible y el rendimiento.

Palabras Clave – rendimiento, taxis, Cuenca, OBD.

Abstract- In the present study, the fuel performance of the fleet made up of six taxis that circulate in the city of Cuenca was determined, through the instrumentation of a global positioning system (GPS) that is incorporated in the cellular device as well as an interface OBDII data logging, its connection via bluetooth® allowed to collect

data 24 hours a day, storing the instantaneous speed, altitude, position, instantaneous fuel consumption and time. The created database contains around 20,5 million rows. The information was collected for approximately 28 days according to the daily monitoring chart of the taxi fleet monitoring. The average fuel efficiency for this taxi fleet is 9,46 km/l, the drivers did not make changes regarding their driving habits, the estimated performance considers normal operating conditions, such as: normal traffic, variable load, demand for taxi service, fuel properties, topography of the road, altitude, etc. affecting fuel consumption and performance.

Keywords – performance, taxis, Cuenca, OBD.

1. INTRODUCCIÓN

La emisión de gases de efecto invernadero (GEI) es un problema global. En los últimos años se han producido grandes avances en la tecnología de los motores de combustión interna; no obstante, el sector transporte sigue siendo uno de los mayores emisores de dióxido de carbono (CO₂). Según la Agencia Medioambiental Europea (EEA) las emisiones del transporte por carretera han disminuido en los últimos años, pero sigue aportando aproximadamente el 93% de las emisiones atribuibles al sector transporte, lo que supone 20,4% del total. [1].

El país cuenta con el Plan Nacional de Calidad del Aire el cual se articula con los lineamientos de la necesidad de cumplir la Constitución de la República del

Ecuador. La situación de la gestión ambiental de la calidad del aire en el país presenta profundas falencias de acuerdo a estudios oficiales, como el presentado por la Senplades en el año 2007, la gestión ambiental presenta problemas tales como: la falta de convenios suscritos, dispersión legislativa, dispersión de jurisdicción y competencias adicionales. Los diferentes entes involucrados en la gestión ambiental del aire mantienen información dispersa, escasa y poco confiable. [2]

El incremento en la cantidad de vehículos tiene una relación directamente proporcional con el incremento en la demanda de combustible fósiles, los cuales generan GEI como CO₂, y dióxido de azufre (SO₂). Según datos contenidos en el documento “Balance Energético Nacional” en el año 2017 a nivel de todo el país se generaron 16.300 toneladas métricas de (CO₂), únicamente de los vehículos con motor de combustión interna. [3]

Por otro lado, la quema de combustibles fósiles genera gases contaminantes, los cuales se acumulan en la atmósfera de las ciudades. De acuerdo al último inventario de emisiones del Cantón Cuenca elaborado con año base 2014, las fuentes más importantes de emisión por contaminante primario son las siguientes: Monóxido de carbono (CO), Óxidos de nitrógeno (Nox), Compuestos orgánicos volátiles diferentes de metano (COVNM), SO₂, Material particulado fino (MP_{2,5}) y Material particulado fino (MP 10). [4]

1.1 Consumo de energía en el transporte

Históricamente el sector del transporte ha sido el mayor demandante de energía, con una participación no menor al 40% durante el periodo comprendido entre 2000 y 2015, seguido por el sector industrial con el 20% y el tercer sector de mayor demanda es el residencial. Para el 2015 el transporte tuvo una participación del 46% del total de la energía requerida en los sectores del país, las industrias alcanzaron el 19% y el sector residencial el 13%. El transporte terrestre demandó el 87% del total de la energía, el sector que demandó de mayor consumo fue el de la carga pesada consumió el 44%, seguido de la carga liviana con el 20%, autos y jeeps 15%, taxis y buses cada uno con el 3% y otro tipo de vehículos con el 2%, el 9% fue consumido por el transporte marítimo y el 7% restante corresponde a la movilidad aérea. [5]

Referente al consumo de gasolinas por tipo de vehículo se evidencia la predominancia de consumo en automóviles de pasajeros individuales con un 46%

mientras que los taxis representa el 3% de consumo de combustible del total del 87% que representa al transporte terrestre. [5]

1.2 El transporte de pasajeros urbano del cantón Cuenca

Actualmente existen dos frentes asociados en el transporte de taxis en Cuenca. La Unión de Taxistas del Azuay (UTA). Gremio al que pertenecen las cooperativas de transporte y el Frente Unido De Taxistas (FUT), al cual pertenecen las cooperativas de transporte que circulan en el perímetro urbano de la ciudad. Los taxis convencionales que circulan en la ciudad de Cuenca, se dividen en cuanto a su organización asociativa en compañías y cooperativas, existiendo cuarenta compañías y sesenta y siete cooperativas, y a cada una de ellas pertenecen un determinado número de unidades de taxis definido. En su totalidad suman 3524 unidades que brindan el servicio de transporte de taxi. La DMT lleva un registro de los automóviles matriculados en la ciudad entre los cuales se encuentran los taxis convencionales. En este registro se verifican datos como: registro municipal, placa, tipo de licencia, tipo de servicio prestado, propietario, RUC del propietario, estado entre otros parámetros necesarios. [6]

Los combustibles líquidos derivados de hidrocarburos (CLDH), en la jurisdicción de la ARCH-AZUAY 2015. Se comercializan en el segmento automotriz e industrial con el 79% y el 21% respectivamente. Los combustibles más requeridos son la gasolina extra con un 37,75%, el diésel Premium 36,68% y el diésel 2 en 8,88% su consumo se muestra en la Tabla 1. [7]

Tabla 1. Consumo de (CLDH) por tipo de combustible en la jurisdicción de la ARCH-AZUAY 2015.

Combustible	Galones
Gasolina extra	76245809
Diésel Premium	74072885
Diésel 2	17934640
Total	168253334

Fuente: (Vicente, 2012).

A través del presente estudio se conocerá el consumo y el rendimiento del combustible de una muestra significativa de vehículos tipo taxis de 1400 cm³, expuestos a distintas condiciones de recorrido y carga, la ventaja de que sea una flota de taxis es que su patrón de desplazamiento obedece al requerimiento de movilidad de la ciudadanía en el cantón Cuenca mientras se logró recolectar la mayor cantidad de datos

se obtendrán mejores resultados. Con el fin de seleccionar el método idóneo de medición de consumo de combustible, se realizó un análisis de los procedimientos que actualmente se están utilizando para este fin, a continuación, se presenta un resumen de sus características.

1.3 Métodos de medición consumo de combustible

1.3.1 Método gravimétrico.- Consiste en medir la variación de masa del tanque de combustible para determinar el volumen de combustible consumido durante una prueba de recorrido. [8]

1.3.2 Método volumétrico.- Existen dos tipos de medición volumétrica para el consumo de combustible. La primera es una medida directa del flujo de combustible gracias a un flujómetro. El dispositivo registra el flujo promedio de combustible cada segundo o más dependiendo la necesidad de precisión en la medida. [8]

La segunda es con el OBD II conectado a la ECU del vehículo. La señal de demanda de combustible de la ECU puede usarse como una estimación de consumo de combustible. [8]

1.3.3 Método del balance de carbono.- Este método es el más utilizado porque permite realizar la medición del consumo de combustible y de las emisiones de los gases de escape. Pero se necesita un equipo de análisis de 3 gases para los hidrocarburos (HC), el monóxido de carbono (CO) y el dióxido de carbono (CO₂). Utilizar este método requiere de altos costos de adquisición. [8]

1.4 Estudios relacionados con el consumo de combustible

De acuerdo a estudios realizados en la ciudad de Quito, sobre ciclos de conducción en ciudad para evaluar el rendimiento real del combustible de un motor de ciclo Otto, El vehículo utilizado para la prueba fue un Chevrolet Aveo Activo Std 1.4 del año 2009, el cual fue puesto a prueba en diferentes tipos de ciclos estos muestran que el consumo en ciudad es mayor (11,87 l/100 km), en comparación con el ciclo combinado (9,769 l/100 km) y el ciclo carretera (7,524 l/100 km). [9]

Otro estudio determinó el consumo de combustible en dos vehículos de la marca Hyundai modelos i10 y New accent 1.6, las rutas que se utilizaron fueron de Norte a Sur en la ciudad de Quito dando como resultado que los vehículos transitan por una vía perimetral y con el

peso mínimo de carga es mucho menor que en vías urbanas y perimetrales debido a que se obtiene un 30% más del consumo de combustible. [10]

Por lo cual el país cuenta con escasas investigaciones sobre los efectos de la contaminación del aire en la salud de las personas, estos temas no han sido incluidos en los programas de desarrollo urbano y no se han llevado a cabo estudios clínicos relacionados con la contaminación del aire. [2]

Además; cabe mencionar, que el 19 de mayo de 2020, el gobierno nacional eliminó el subsidio a los combustibles destinados al uso de los automotores; desde el punto de vista económico este valor se ha convertido en una carga financiera para el estado, por lo cual su eliminación era inminente además este subsidio ha hecho que la eficiencia de los vehículos no sea considerada al momento de su adquisición, por otro lado, los bajos precios del combustible han ocasionado que los patrones de movilidad actual, muestren claras preferencias por el transporte individual como el auto privado, el taxi o la motocicleta, dejando el uso del transporte masivo relegado presumiblemente a grupos sociales de escasos recursos económicos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio

La provincia del Azuay está ubicada al sur del Ecuador con su capital Cuenca la cual forma parte de los 15 cantones que conforma la provincia.



Figura 1. Ubicación del cantón Cuenca

El cantón Cuenca esta geográficamente en las coordenadas 2°39' a 3°00' de latitud sur y 78°54' a 79°26' de longitud oeste en donde la zona urbana se

encuentra a 2560 metros sobre el nivel del mar (msnm), la temperatura promedio es 14,7 °C. [12]

2.2 Materiales utilizados

En la Tabla 2 se especifican los equipos utilizados en este estudio.

Tabla 2. Equipos para la investigación

Denominación
Celular Alcatel Pixi 4 Sistema Operativo Android 6 Rom 8 gigas Ram 1 giga
Scanner automotriz ELM 327 Conexión: Inalámbrica vía Bluetooth
Aplicación Torque Pro
Seis vehículos livianos tipo taxi de 1400cm ³

2.3 Metodología

Una vez realizada la revisión bibliográfica se optó por recabar datos del puerto OBD II debido a la necesidad de instrumentar los seis vehículos objeto de nuestro estudio.

2.3.1 Levantamiento de la información

Se realizó con la colaboración de un grupo de estudiantes de pregrado y de cuatro docentes de la Universidad del Azuay, además de tres técnicos del centro de investigación y desarrollo automotriz “ERGON”, el estudio fue posible gracias al convenio con un grupo de taxistas de la ciudad de Cuenca para el seguimiento y la recopilación de la información necesaria para el presente estudio.

2.3.2 Características de los vehículos para la investigación

Para la realización de la presente investigación se emplearon vehículos livianos con tecnología de diagnóstico a bordo de segunda generación (On Board Diagnosis, OBD II), se verificó físicamente las unidades de taxis para definir si cumplían con la tecnología de diagnóstico a bordo se recabó información referente al año de fabricación, modelo y marca del vehículo, si están equipados con aire acondicionado.

En la Tabla 3 se describe los vehículos que fueron monitoreados en este estudio.

Tabla 3. Característica de la flota de taxis

CANTIDAD	MARCA MODELO	Y	DESCRIPCIÓN
1	HYUNDAI NEW ACCENT 4P 1.4 SF	Año 2012	Cilindraje 1400 cm ³
1	KIA RIO R 4P 4X2 LX AC	Año 2013	Cilindraje 1400 cm ³
1	KIA RIO LX AC 1.4 4P 4X2 TM	Año 2018	Cilindraje 1400 cm ³
1	KIA RIO LX AC 1.4 4P 4X2 TM	Año 2019	Cilindraje 1400 cm ³
1	HYUNDAI ACCENT 4P 1.4 AC	Año 2009	Cilindraje 1400 cm ³
1	HYUNDAI ACCENT 4P 1.4	Año 2011	Cilindraje 1400 cm ³

2.3.3 Implementación del protocolo de pruebas

2.3.3.1 Instrumentación

Se colocó el scanner automotriz ELM 327 en el puerto OBD II y se comprobó su conectividad con la aplicación Torque Pro® instalado en el dispositivo celular, el cual recopiló información referente a latitud, longitud, altura, distancia recorrida, tiempo y velocidad de cada vehículo seleccionados para la investigación.

2.3.3.2 Adquisición de datos

Recorridos de los vehículos tipo taxi. Los recorridos fueron aleatorios en función del patrón de desplazamiento del taxi y la demanda del servicio de transporte de los usuarios.

Recopilación de datos. Una vez superada la fase de pruebas preliminares se inició con los registros de los datos durante 35 días, las 24 horas del día, desde el 29 de Mayo al 02 de Julio del 2019, con el fin de registrar la mayor cantidad de datos para la generación de una base robusta de información para su posterior análisis.

2.3.4 Procesamiento de la información

Terminada la fase de recopilación de datos se verificó el número de vehículos que alcanzaron a cumplir con lo estipulado para la adquisición de datos para de esta forma generar los archivos con la extensión .csv que por defecto arroja la aplicación Torque Pro®.

Una vez obtenida la base de datos se procede a depurar todas las celdas vacías o con datos incorrectos

mediante la programación en Matlab®. Esto se debe a la gran cantidad de datos que fueron recolectados por cada vehículo es necesario usar este software para procesar toda esta información y de esta forma se determina los parámetros de rendimiento de combustible para la flota de vehículo de 1400 cm³.

Por lo cual se clasifico los archivos con la extensión .csv según el taxi del correspondiente del cual se adquirió los datos, después se realizó la verificación de celdas para filtrar celdas vacías y datos erróneos la cual se realizó mediante la programación en el software de Matlab®, esto se debe a la gran cantidad de datos existentes por cada vehículo. En el cual se logró importar, ordenar los datos, transformar las unidades y guardarlas en tablas de datos las cuales brindan la información requerida sobre la identificación del vehículo, fecha, hora, posición GPS, altitud y velocidad del vehículo de la base de aproximadamente 20, 5 millones de filas de datos.

Para continuar con el procesamiento de la información obtenida se procede a utilizar el paquete informático de Microsoft Excel®.

En el cual se puede obtener y validar la información requerida en cuanto al rendimiento de combustible de la flota de taxis de 1400 cm³, por lo cual es necesario determinar el intervalo de confianza de cada una de las muestras de datos por vehículo.

2.3.4.1 Intervalo de confianza

El intervalo de confianza describe la variabilidad entre la medida obtenida en un estudio y la medida real de la población (el valor real). Corresponde a un rango de valores, cuya distribución es normal y en el cual se encuentra, con alta probabilidad, el valor real de una determinada variable. Se ha establecido por consenso en 95%. Así, un intervalo de confianza de 95% nos indica que dentro del rango dado se encuentra el valor real de un parámetro con 95% de certeza. [17]

$$\mu = \bar{x} \pm Z \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) \text{ Ec. 1}$$

μ = Media Poblacional

\bar{x} = Media muestral

Z = Nivel de confianza

σ = Desviación estándar poblacional

n= Tamaño de la muestra

Por lo tanto de esta forma se puede estimar si los resultados correspondientes al rendimiento de combustible por cada vehículo de la flota de taxis se encuentran dentro del intervalo con un nivel de confianza del 95%.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Base de datos original

Una vez filtrada y ordenado los datos se obtiene la base de datos de los seis vehículos que fueron monitoreados como se muestra en la Tabla 4. La información se recopila según la codificación Var1, Var2, etc. De acuerdo a los parámetros monitoreados se puede identificar si son los datos requeridos de manera que al obtener la base original se pueda depurar datos erróneos o vacíos para procesar correctamente los datos en el software Matlab®.

Tabla 4. Base de datos general

Var1	Var2	Var3	Var4	Var5	Var6
1	pve3640	hyundai	accent	2009	1400
Var7	Var8	Var9	Var10	Var11	Var12
No	Sat	8	Jun	2019	0,59

3.2 Base de datos procesada

Una vez procesada la base de datos mediante el software Matlab® se procedió a obtener los siguientes datos informativos como se indica en la Tabla 5 y técnicos por cada vehículo en la Tabla 6.

Tabla 5. Datos informativos de la flota vehicular

Nombre Archivo	Hora
Placa	Minuto Inicial
Marca	Minuto Final
Modelo	Segundo Inicial
Año Vehículo	Segundo Final
Año	Día Texto
Mes	Eco
Día	Cilindrada [cc]

Tabla 6. Datos técnicos de la flota vehicular

Velocidad de GPS y OBD II	Carga
---------------------------	-------

Aceleración de GPS y OBD II	RPM
Número de datos de GPS y OBD II	Rendimiento
Distancia de GPS y OBD II	Temperatura
Consumo de Combustible	Altitud

3.3 Distribución de recorridos por día

De acuerdo a la Figura 2 se puede apreciar que en el transcurso de las 12h00 del día es la hora donde mayor recorridos acontecen es decir debido a la hora de salidas de las instituciones públicas, salida de estudiantes entre otras actividades que requieren del uso de un vehículo tipo taxi.

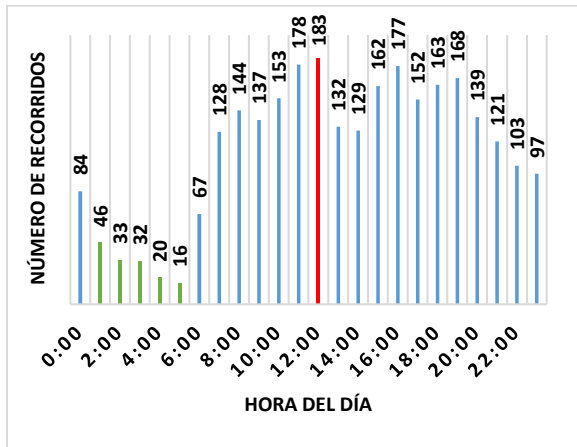


Figura 2. Recorrido de los taxis en condición normal

Mientras que en horas de la madrugada se puede evidenciar un descenso total de recorridos por las unidades de taxi.

A la 01h00 am se puede apreciar una reducción a 1358 RPM de las unidades de taxi durante su funcionamiento.

3.3.1 Velocidad promedio

La velocidad promedio de las unidades de taxi como se observa en la Figura 4. Llega a 30 km/h en las horas de la madrugada de 04h00 y 05h00 respectivamente dando cuenta de valores muy bajos debido a la poca afluencia de vehículos.

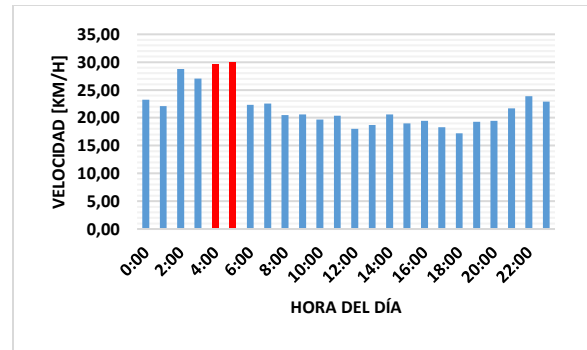


Figura 3. Velocidad promedio de los taxis

3.3.2 Aceleración promedio positiva

Como se observa en la Figura 4. Debido al cambio de velocidad en relación al tiempo se puede evidenciar que a las 07h00 horas se obtiene un promedio de aceleraciones positivas es decir aumento de velocidad en $0,82 \text{ m/s}^2$ de las unidades de taxi en general mientras que a las 02h00 se evidencia un promedio de aceleraciones positivas de $0,64 \text{ m/s}^2$

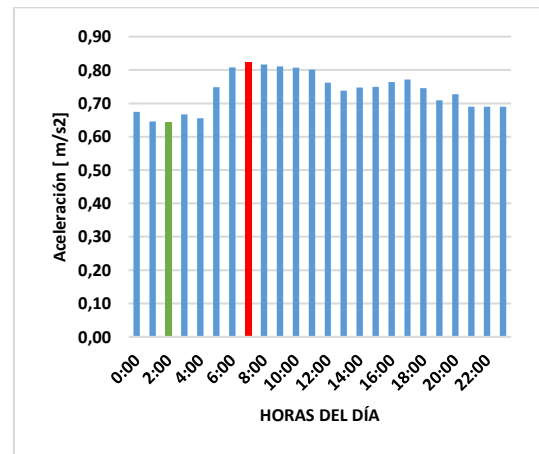


Figura 4. aceleración promedio positiva

3.3.3 Aceleración promedio negativa

Como se observa en la Figura 5. Debido al cambio de velocidad en relación al tiempo se puede evidenciar que a las 05h00 horas se obtiene un promedio de aceleraciones negativas es decir una disminución de velocidad en $-0,90 \text{ m/s}^2$ de las unidades de taxi mientras que a las 01h00 se evidencia un promedio de aceleraciones negativas de $-0,72 \text{ m/s}^2$.

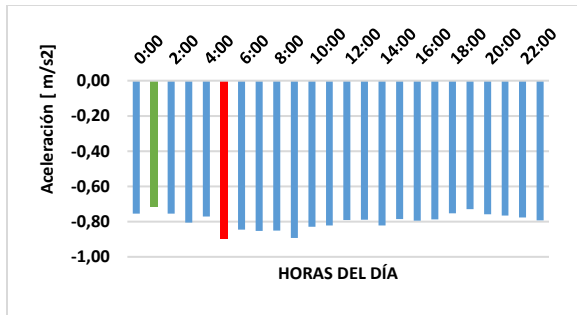


Figura 5. Aceleración promedio negativa

3.3.4 Régimen de giro del motor

De acuerdo a la Figura 6. Se puede evidenciar que el promedio de las revoluciones por minuto (RPM), de las unidades de taxi llegan a 1800 RPM.

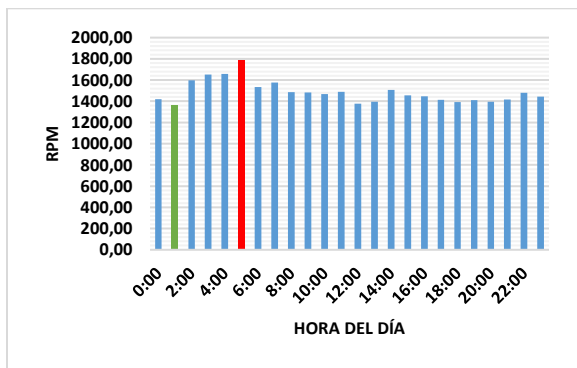


Figura 6. RPM promedio de los taxis

A la 01h00 am se puede apreciar una reducción a 1358 RPM de las unidades de taxi durante su funcionamiento.

Las RPM máxima que se registran en el transcurso de las 04h00 se observa un valor de 4000 RPM de las unidades de taxi como se muestra en la Figura 7.

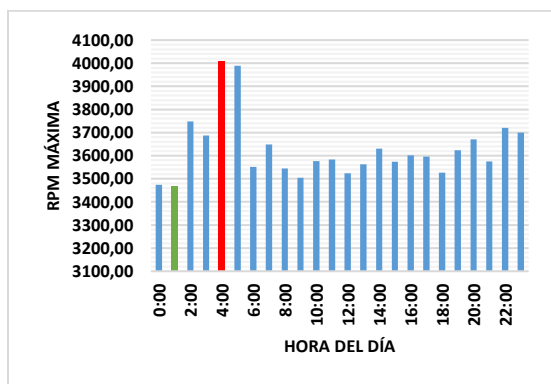


Figura 7. RPM máxima

Además se registra en el transcurso de las 01h00 un valor de 3460 RPM.

3.3.5 Velocidad máxima

Como se muestra en la Figura 8. La velocidad máxima que registran las unidades de taxi es de 80 km/h a las 02h00 horas, siendo un valor totalmente elevado debido a que en zona urbana el límite de velocidad permitido para vehículos livianos es de 50 km/h evidenciando un exceso de velocidad.

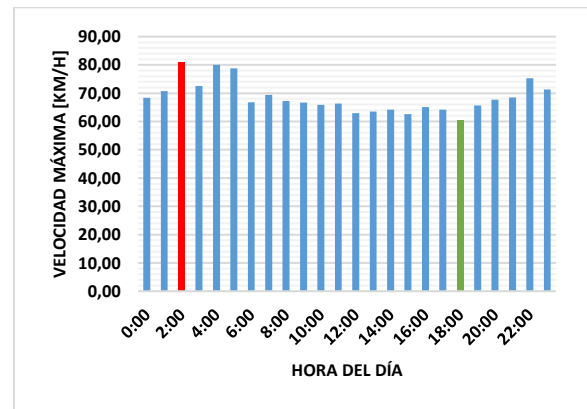


Figura 8. Velocidad máxima de los taxis

Además se evidencia que a las 18h00 horas la velocidad máxima de las unidades de taxi es de 60 Km/h que de igual forma es elevado dado que se infringe los límites de velocidad permitidos para vehículos livianos.

3.3.6 Aceleración máxima positiva

Debido al cambio de velocidad en relación al tiempo se puede evidenciar que a las 10h00 horas se obtiene una aceleración máxima positiva es decir aumento de velocidad en 5 m/s² de las unidades de taxi en general mientras que a las 14h00 se evidencia una aceleración máxima positiva de 3,5 m/s², como se muestra en la Figura 9.

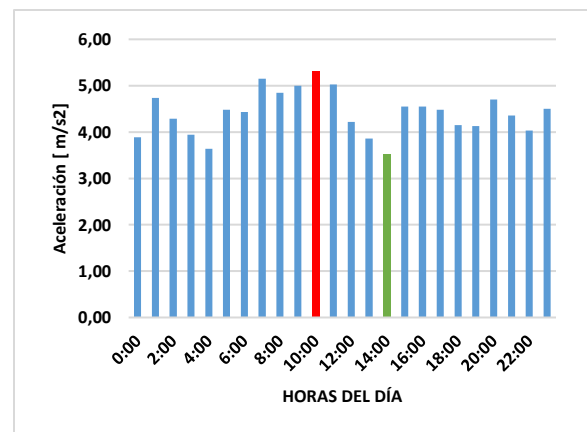


Figura 9. Aceleración máxima positiva

3.3.7 Aceleración máxima negativa

Debido al cambio de velocidad en relación al tiempo se puede evidenciar que a las 07h00 horas se obtiene una aceleración máxima negativa es decir una disminución de velocidad en $-5,4 \text{ m/s}^2$ de las unidades de taxi mientras que a las 04h00 se evidencia una aceleración máxima negativa de $-3,7 \text{ m/s}^2$ como se muestra en Figura 10.

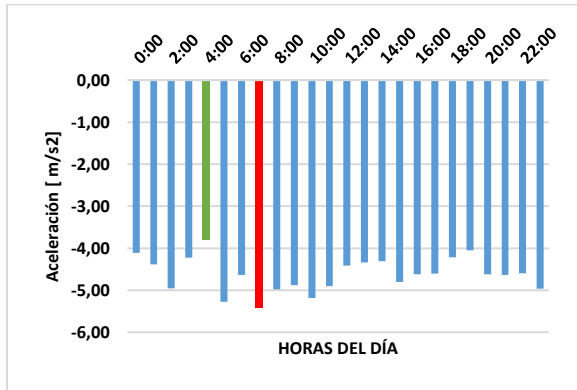


Figura 10. Aceleración máxima negativa

3.3.8 Carga máxima

La carga máxima de las unidades de taxi se evidencia en la Figura 11. Que a las 04h00 horas con un valor del 98% siendo un valor elevado debido a las condiciones de tráfico.

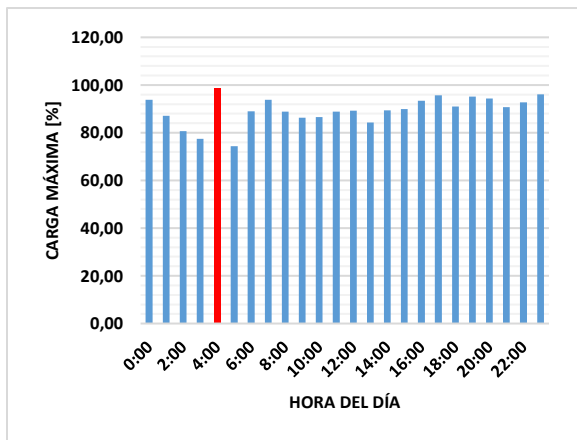


Figura 11. Carga máxima de la flota de taxis

Para el análisis de los resultados del rendimiento de combustible es necesario importar, ordenar los datos, transformar las unidades en el caso de ser necesario. La base de datos consta de aproximadamente 20,5 millones de datos, cada fila se visualiza información de identificación del vehículo, fecha, hora, posición del GPS, altitud y parámetros de funcionamiento del vehículo.

Tabla 7. Resumen de datos del vehículo, ciclos de media hora y rendimiento promedio

Datos del vehículo				Ciclos de media hora	Rendimiento Promedio	
Denominación	Marca	Modelo	Año	Conducción Normal	Conducción Normal [km/l]	Intervalo de Confianza
Taxi 04	Kia	Rio LX A/C	2018	696	8,75	±0,11
Taxi 05	Hyundai	Accent	2009	211	11,49	±0,28
Taxi 06	Kia	Rio R LX A/C	2013	464	9,53	±0,20
Taxi 08	Hyundai	Accent	2011	55	8,76	±0,73
Taxi 15	Kia	Rio LX A/C	2019	608	8,79	±0,22
Taxi 19	Hyundai	Accent	2012	729	9,43	±0,14
Total				2763	9,46	

De acuerdo a los resultados que se presentan en la Tabla 7. Se observa el rendimiento promedio de combustible por cada unidad que compone la flota de taxis con una cilindrada de 1400 cm^3 .

El taxi 04 del año 2018 alcanza un rendimiento promedio de $8,75 \text{ km/l}$, con 696 ciclos de media hora y un intervalo de confianza de $\pm 0,11$.

El taxi 05 del año 2009 alcanza un rendimiento promedio de $11,49 \text{ km/l}$, con 211 ciclos de media hora y un intervalo de confianza de $\pm 0,28$.

El taxi 06 del año 2013 alcanza un rendimiento promedio de $9,53 \text{ km/l}$, con 464 ciclos de media hora y un intervalo de confianza de $\pm 0,20$.

El taxi 08 del año 2011 alcanza un rendimiento promedio de $8,76 \text{ km/l}$, con 55 ciclos de media hora y un intervalo de confianza de $\pm 0,73$.

El taxi 15 del año 2019 alcanza un rendimiento promedio de $8,79 \text{ km/l}$, con 608 ciclos de media hora y un intervalo de confianza de $\pm 0,22$.

El taxi 19 del año 2012 alcanza un rendimiento promedio de $9,43 \text{ km/l}$, con 729 ciclos de media hora y un intervalo de confianza de $\pm 0,14$.

El resultado del rendimiento promedio de los seis taxis es de $9,46 \text{ km/l}$ dado que se monitoreo un total de 2763 ciclos de media hora durante un tiempo de 24 horas, durante 35 días. Finalmente en la Figura 12. Se observa el rendimiento promedio por cada unidad de

taxi al término del tiempo de 35 días para la investigación.

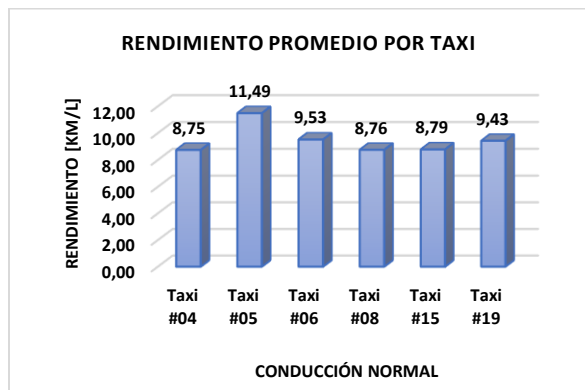


Figura 12. Rendimiento promedio por taxi

4. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

Se definió el protocolo de pruebas y la instrumentación idónea para la flota de taxis selecciona, a través de los cuales se logró obtener datos referentes a distancia recorrida, posición, velocidad, y consumo instantáneo, lo cual permitió obtener perfiles de velocidad y de aceleración a lo largo de la ciudad durante las 24 horas del día durante 35 días.

El número de recorridos de acuerdo a la (Figura 2) determina que las 12h00 del medio día es la hora de mayor demanda de este medio de transporte terrestre mientras que a las 05h00 horas es la hora de menor demanda en la ciudad de Cuenca.

Mediante los datos obtenidos en las pruebas de recorrido se logró determinar el rendimiento promedio de combustible de las unidades de taxi las cuales recorrieron de forma aleatoria diferentes recorridos dentro de la ciudad de Cuenca, el rendimiento promedio de esta flota es de 9,46 km/l, luego de haber recorrido 2763 ciclos de media hora.

A través del procesamiento de datos se observó que el régimen de giro máximo de los motores (figura 7), alcanza valores por encima de las 3000 RPM. Suponiendo un régimen de carga elevado, un régimen de giro en este rango, se relaciona directamente con un excesivo consumo de combustible [20]. En miras de lograr un mejor rendimiento, se podrían emprender campañas para mejorar los hábitos de conducción de la población.

De acuerdo a la ficha técnica proporcionada por el fabricante se puede consultar para la marca Kia,

modelo de vehículo Rio LX A/C se registra un rendimiento de 13,3 km/l. [18]. Mientras que la obtención de acuerdo a nuestra investigación se obtiene 8,75 km/l, 9,53 km/l y 8,79 km/l. en los vehículos correspondientes a esta marca y modelo de vehículo. Por lo cual el valor de rendimiento puede variar debido a las condiciones climáticas, tráfico, mecánicas del vehículo, forma de conducción por parte del conductor en el cual el fabricante realizó las pruebas para obtener el valor correspondiente.

De acuerdo a la ficha técnica proporcionada por el fabricante se puede consultar para la marca Hyundai, modelo de vehículo Accent se registra un rendimiento de 12,5 km/l. [19]. Mientras que la obtención de acuerdo a nuestra investigación se obtiene 11,49 km/l, 8,76 km/l y 9,43 km/l. en los vehículos correspondientes a esta marca y modelo de vehículo. Por lo cual el valor de rendimiento puede variar debido a las condiciones climáticas, tráfico, mecánicas del vehículo, forma de conducción por parte del conductor en el cual el fabricante realizó las pruebas para obtener el valor correspondiente.

Se logró consolidar una base de datos con una gran cantidad de registros, la cual podrá ser utilizada en futuros estudios, ya sea relacionados a patrones de consumo de combustible, como de movilidad de vehículos en la ciudad de Cuenca, o de estimación de emisiones vehiculares.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] V. Ramanathan and Y. Feng, "Air pollution, greenhouse gases and climate change: Global and regional perspectives," *Atmos. Environ.*, vol. 43, no. 1, pp. 37–50, 2009.
- [2] A. Mae, *Plan Nacional de la Calidad del Aire. Quito*, 2010.
- [3] (BID), "Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035," *Quito*, 2017.
- [4] Emov-EP, "Informe de la calidad aire," *Cuenca*, 2017.
- [5] Estratégicos, «Sectores estratégicos,» 09 Abril 2017. [En línea]. Available: https://issuu.com/sectoresestrategicos/docs/balance_energetico_2016. [Último acceso: 01 Abril 2020].
- [6] Cuenca, "Plan de movilidad de cuenca 2015-2025," 2015.

- [7] M. Vicente, “Desarrollo De Un Sistema De Informacion Energetico En El Consumo De Combustibles Derivados De Hidrocarburos En La Jurisdiccion De La Regional De Control De Hidrocarburos Y Combustibles – Azuay,,” p. 167, 2012.
- [8] Grado and O. Nunige, “*MEDICION CONSUMO DE COMBUSTIBLE PARA LABORATORIO Y RUTA,*” 2018.
- [9] J. M. Quinchimbla Pisuña, Freddy Eduardo; Solís Santamaría, “*Desarrollo de ciclos de conducción en ciudad, carretera y combinado para evaluar el rendimiento real del combustible de un vehículo con motor de ciclo otto en el distrito metropolitano de Quito,*” *Escuela Politécnica Nacional,* 2017.
- [10] J. L. Lopez Teran, “*Evaluación Del Consumo De Combustible De Vehiculos Livianos En El Distrito Metropolitano De Quito,*” pp. 25–170, 2013.
- [11] A. G. Martínez, “*Efectos de la monitorización individual del consumo de combustible en trayectos cotidianos,*” pp. 1–16, 2015.
- [12] E. Baz, I. Galancho, and C. Balsalobre, “*Abril 2020,*” p. 2020, 2020.
- [13] Automóviles (OICA), “*WORLD MOTOR VEHICLE PRODUCTION BY COUNTRY AND TYPE UNITS YTD 2016 YTD 2017,*” Francia, 2017.
- [14] H. Wang, L. Fu, Y. Zhou, and H. Li, “*Modelling of the fuel consumption for passenger cars regarding driving characteristics,*” *Transp. Res. Part D,* vol. 13, no. 7, pp. 478–481, 2008.
- [15] D. C. Moreno, “*Maestría en sistemasvehiculares Tendencias en la demanda de energía,*” pp. 1–149, 2018.
- [16] S. Amir and H. Zahabi, “*Comparison study on the urban transportation fuel consumption and GHG emission using real-world vs . MOBILE6 and MOVES estimations for gasoline and hybrid electric vehicles,*” pp. 1–19, 2015.
- [17] Roberto Candia B, G. C. (02 de Julio de 2015). *Rev Méd Chile* 2005; 133: 1111-1115.
- [18] Motors, K. (Febrero de 2018). Ficha técnica All New Rio 4.
- [19] Coches y concesionarios.com. “*Características técnicas Hyundai Accent 1.4*”
- [20] S. Ferran Ballester, Díez; Tenias, José María; Pérez Hoyos, “*Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud,*” pp. 109–121, 1999.
- [21] J. Castillo, V. Rojas, and J. Martínez, “*Determinación del Torque y Potencia de un Motor de Combustión Interna a Gasolina Mediante el Uso de Bujía con Sensor de Presión Adaptado y Aplicación de un Modelo Matemático,*” *Rev. Politécnica,* vol. 39, no. 1, pp. 49–57, 2017.