



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

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

“Estimación de emisiones de CO₂ en taxis con cilindrada de 1 600 cc bajo parámetros de conducción eficiente en la ciudad de Cuenca, utilizando el modelo IVE”.

**Trabajo de graduación Previo a la obtención del título de:
MAGISTER EN SISTEMAS VEHÍCULAR**

Autor:

ORLANDO ALFONSO LARA MEDINA

Director:

MATEO COELLO SALCEDO

CUENCA – ECUADOR

2019

Dedicatoria:

A mis padres, Dimas y Gladys, por siempre estar conmigo
en cada uno de los pasos que doy en mi vida.
A la mejor amiga, esposa Janeth que me ha dado el apoyo de seguir
Trazando metas en mi vida profesional.

Agradecimientos:

A Dios por guiarme de manera correcta,
a la Universidad del Azuay por el apoyo durante
la realización del trabajo, en especial a mi tutor Mateo Coello,
a mis profesores Francisco Torres y 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. MATERIALES Y METODOS	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4. CONCLUSIONES.....	9
5. BIBLIOGRAFÍA.....	10

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo en proceso de la metodología.....	4
Figura 2. Filtrado y suavización de la curva velocidad/tiempo.....	6
Figura 3. Filtrado y suavización de la curva altitud/tiempo.....	6
Figura 4. Distribución de las velocidades promedio de la flota de taxis de 1600cc mediante conducción eficiente.....	7
Figura.5. Distribución de Bines VSP de Taxis 1.600cc eco-conducción.....	7
Figura 6. Factores de emisión de CO ₂ de taxis 1.600cc mediante conducción eficiente.....	7
Figura 7. Promedio estadístico de estimación de emisiones de CO ₂	7
Figura 8. Promedio de estimaciones de emisiones de CO ₂	8
Figura 10. Comparación de factor de emisiones de CO ₂ mediante el mejor y el peor escenario.....	9
Figura 11. Cálculo de consumo de combustible de la flota de taxis con eco-conducción.....	9

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados de estimación del factor de emisiones de CO ₂ gr/km.....	8
Tabla 2. Calculo promedio de estimaciones emisiones de CO ₂	8
Tabla 3. Resultados de estimaciones emisiones Contaminantes.....	9
Tabla 4. Resultados del consumo de combustible en taxis eco-conducción.....	9

**ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE CO₂ EN TAXIS CON CILINDRADA DE 1 600 cc
BAJO PARÁMETROS DE CONDUCCIÓN EFICIENTE EN LA CIUDAD DE
CUENCA, UTILIZANDO EL MODELO IVE.**

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación consiste en estimar la generación de CO₂ en el sector de transporte, sin embargo, una de las problemáticas es no contar con líneas bases sobre la generación de este gas en las flotas vehiculares, para con ello poder evaluar dichas estrategias de mitigación. El presente estudio estimará las emisiones de CO₂ generadas por los taxis con cilindradas de 1 600 cc en la ciudad de Cuenca, en condiciones de conducción eficiente, ya que de esta manera se contribuiría a la reducción del consumo de combustible y con ello la generación de emisiones. La estimación del dióxido de carbono se obtendrá mediante el modelo Internacional de Emisiones Vehiculares.

Palabras Clave – emisiones, CO₂, taxis, IVE, conducción eficiente

**ESTIMATION OF CO₂ EMISSIONS IN TAXIS WITH 1600 cc OF
DISPLACEMENT UNDER EFFICIENT DRIVING PARAMETERS IN CUENCA
BY USING THE IVE MODEL.**

ABSTRACT

The objective of this research is to try to estimate the generation of CO₂ in the transport sector. However, one of the problems is not having baselines on the generation of this gas in vehicle fleets in order to evaluate mitigation strategies. This study estimated the CO₂ emissions generated by taxis with displacement of 1600 cc in Cuenca under efficient driving conditions. In this way, it would contribute to the reduction of fuel consumption and the generation of emissions. The carbon dioxide estimate was obtained using the International Vehicle Emissions Model.

Keywords – emissions, CO₂, taxis, IVE, efficient driving.

Ing. Mateo Coello Salcedo, Mgs

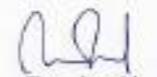
Thesis Director

Orlando Lara Medina

Author



Opto. Idiomar



Translated by
Ing. Paúl Arpi

Trabajo de Titulación.

Orlando.

Octubre, 2019.

Estimación de emisiones de CO₂ en taxis con cilindradas de 1 600 cc bajo parámetros de conducción eficiente en la ciudad de Cuenca, utilizando el modelo IVE

INTRODUCCIÓN

En este estudio se determinó la línea base que nos permite estimar emisiones de CO₂ en la ciudad de Cuenca en una flota de taxis con cilindradas de 1 600 cc, ya que los taxis son los vehículos que mayor circulación tienen durante el día y esto aportará para tener una base de datos robusta con la cual se pueda tener resultados confiables que son extrapolables al parque automotor de la ciudad. Por las bondades que ofrece se utilizará el modelo *international vehicle emissions* (IVE) para la estimación de las emisiones. A más de ello se determinará promedios estadísticos y comparación de modos de conducción mediante la variación de las emisiones a partir de una conducción eficiente en este segmento de transporte.

Estimación de emisiones de CO₂ en taxis con cilindradas de 1 600 cc bajo parámetros de conducción eficiente en la ciudad de Cuenca, utilizando el modelo IVE

Orlando Alfonso Lara Medina

Departamento de Posgrado

Maestría en Sistemas Vehiculares

Universidad del Azuay

Cuenca, Ecuador

Orlando79lara@live.com

Resumen- En la actualidad el calentamiento global es considerado como la principal problemática de escala global, que principalmente es generada por la concentración de gases de efecto invernadero de origen antropogénico en la atmósfera. El transporte es responsable de aproximadamente el 25 % de las emisiones de CO₂ globales. A partir de esta realidad la literatura plantea varias estrategias para tratar de mitigar la generación de estos gases en el sector de transporte.

Los resultados se obtuvieron mediante una muestra de taxis y se instrumentarán con equipos *GPS* y *data logger* para obtener los parámetros que alimenten el modelo.

Palabras Clave – emisiones, CO₂, *GPS*, calentamiento global.

Abstract- At present, global warming is considered the main problem of global scale, which is mainly generated by the concentration of anthropogenic greenhouse gases in the atmosphere. Transportation is responsible for approximately 25% of global CO₂ emissions. Based on this reality, the literature proposes several strategies to try to mitigate the generation of these gases in the transport sector.

The results were obtained through a sample of taxis and will be instrumented with *GPS* equipment and *data loggers* to obtain the parameters that feed the model.

Keywords – emissions, CO₂, *GPS*, global warming.

1. INTRODUCCIÓN

James Cook en el año 2013 publica en la revista científica *Environmental Research Letters* un artículo titulado “*Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature*” donde se analizó la literatura existente sobre cambio climático el consenso sobre la influencia antropogénica sobre este fenómeno, llegando a determinar que de 12 000 publicaciones el 97.1 % apunta a que el cambio climático es consecuencia directa de la actividad humana y sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y en particular el dióxido de carbono (CO₂) [1].

En el año 2015 a nivel mundial circulaban alrededor de 1 100 millones de vehículos y se espera que para el 2 025 esta cifra incremente a 2 000 millones[1]. De acuerdo a la organización internacional de constructores automotrices la tasa de crecimiento del parque automotor a nivel mundial es de un 4 %, como consecuencia de aquello en el año 2017 se alcanzó la cifra de 100 millones de vehículos producidos en un año [2]. En Ecuador los índices son mayores pues se tiene una tasa de crecimiento del 15.5 % anual y en el 2017 se llegó a superar los 2 millones de vehículos matriculados [3]. Esto ha derivado a que en Ecuador el sector del transporte sea el de mayor demanda energética con cerca de 45 millones de barriles equivalentes de petróleo [4].

Por esta razón surge la necesidad de contar con estrategias y políticas que contribuyan a la mitigación de uso de combustible fósil en el transporte y por ende a la reducción de GEI. Existen varias estrategias como el cambio modal en la transportación, la eco-conducción o el vehículo compartido y también varias políticas como los impuestos verdes, los impuestos al tráfico vehicular o el incentivo a los vehículos eléctricos que han

demostrado buenos resultados[5].

Para generar una línea base sobre emisiones de CO₂ se puede utilizar técnicas de medición directas (directamente en el tubo de escape) e indirectas (simulación). Las mediciones directas se las puede hacer mediante laboratorios o sistemas de medición abordo (PEMS), sin embargo, el problema de estas son los costos relacionados. Por otra parte, están los métodos indirectos que se encargan de estimar las emisiones a partir de parámetros que alimentan modelos matemáticos la ventaja principal de estas mediciones es que no se incurre en gastos altos en su implementación.

Con estos antecedentes surgen algunas preguntas que deben ser abordadas en la importancia de dar soluciones parciales a la gran problemática del consumo energético y emisiones del transporte, preguntas como.

¿La medición indirecta es la pertinente para estimar la línea base de emisiones de CO₂? ¿Cuál es el factor de emisiones de CO₂ promedio de una flota específica?, ¿En qué porcentaje se puede disminuir el consumo de combustible y emisiones de CO₂ a partir de la aplicación de una estrategia o política?

En cuanto a los métodos de estimación de emisiones de manera indirecta, varios estudios[6], [7], concluyen que para países que cumplan con la normativa EURO 3 la mejor opción es el modelo Internacional de emisiones (IVE), ya que este se adapta a dichas tecnologías, además permite cargar directamente al programa la información referente a los hábitos de conducción, mediante los Bines VSP[8]. Existe varios estudios en países como China, India, México, Perú, Chile, entre otros en los que ha sido utilizado el modelo IVE para determinar factores de emisiones e inventarios de emisiones, además de bases de datos para control de clima y control de la calidad de aire[9].

En cuanto a técnicas o políticas referentes a la reducción y mitigación de consumo de combustible fósil en el transporte y emisiones de CO₂, los programas de eco-conducción han tenido resultados positivos[10], ya que esta técnica no incurre en temas políticos o económicos, sino más bien se establece sobre la concepción de una conducción eficiente en la cual se puede reducir el consumo de combustible y por ende los costos de operación para el usuario, en diferentes estudios[11], llevados a cabo se ha podido ver reducciones de consumo de combustible entre un (5-15 %), con acciones tan sencillas como la anticipación al flujo vehicular, evitando aceleraciones y desaceleraciones bruscas, utilizando velocidades constantes y haciendo el cambio de marcha de manera correcta.

En este contexto, se seleccionó la línea base de emisiones de CO₂ en la ciudad de Cuenca en una

flota de taxis con cilindradas de 1 600 cc, ya que los taxis son los vehículos que mayor circulación tienen durante el día y esto aporta para tener una base de datos robusta con lo cual se puede tener resultados que sean extrapolables al parque automotor de la ciudad. Por las bondades que ofrece se utilizó el modelo IVE para la estimación de las emisiones. A más de ello se determinó la variación de las emisiones a partir de una conducción eficiente en este segmento de transporte.

En el plan de movilidad de Cuenca determina el número total de unidades de taxis que circulan en la ciudad es aproximadamente 3 553 agrupadas en 106 organizaciones y cooperativas reguladas por la ANT Agencia nacional de tránsito, este dato nos indica la importancia para realizar este estudio ya que se podrá estimar un promedio de emisiones de CO₂ que genera una flota de taxis en la ciudad de Cuenca aplicando técnicas de eco-conducción.[12]

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Área de estudio

Esta investigación se realizó en la ciudad de Cuenca ubicada en el centro de la provincia del Azuay. Reportando los siguientes datos como: latitud entre 2° 53' 57", la temperatura de 16.1 C ° y con una altitud de 2 500 metros al nivel del mar.

2.2 Materiales utilizados

Para instrumentar la flota de taxis se adquirieron los siguientes materiales:

- ELM 327 interface
- *Smart Phone* con aplicativo TORQUE PRO
- *SOFTWARE* IVE
- Flota de taxis

El método aplicado se basó en la revisión de literatura sobre modelos de estimación de factores de emisiones de CO₂. Para esta actividad se realizó una revisión de literatura en las bases de datos de revistas indexadas de la Universidad del Azuay, se concentrará la búsqueda en las bases de datos SCOPUS y DOAJ. Una vez revisada la mayor cantidad de literatura se seleccionó los artículos de mayor relevancia en referencia a la estimación de factores de emisiones de CO₂. De acuerdo con una revisión de literatura preliminar se determinó la metodología empleada por el Modelo IVE como uno de los más apropiados para la cuantificación de factores de emisiones.

2.3 Selección de la metodología

A partir de la evaluación de las diferentes metodologías se escogió una de ellas para aplicarlo

a la flota local de taxis. Es importante destacar que por el trabajo previo de revisión y análisis de literatura se ha definido el modelo IVE como un método pertinente para la determinación del factor de emisiones de CO₂. Se analizó la metodología a profundidad. En este caso, se evaluó el modelo IVE para entender cómo funciona, como es su uso, la caracterización de las variables que demanda el modelo y los resultados que entrega la aplicación. Para definir el modelo de estimación de factores de emisión se debe contar con información sobre cómo se efectuó los parámetros de conducción *ECO-Driving* conducción eficiente, para ello se buscó literatura referente al tema y se analizó la más relevante para poder definir cuál es el método de conducción en la flota de taxis, y en esta actividad se seleccionó el tipo de estrategias o técnicas que se utilizó para la implementación de conducción eficiente en la flota establecida.

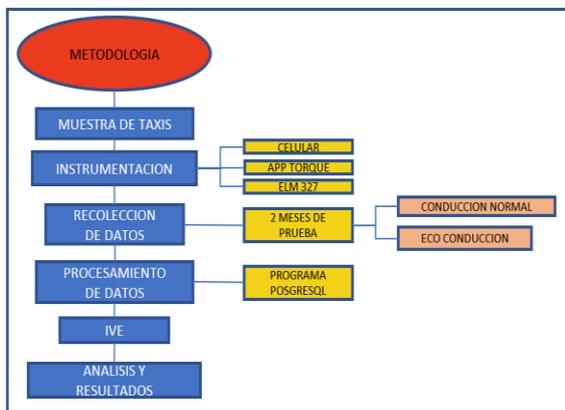


Figura 1. Diagrama de flujo en procesos de la metodología.

En el diagrama de flujo presentada en la figura 1. Detalla la secuencia realizada en el proceso de la metodología desarrollada en la investigación de estimación de CO₂ en la flota de taxis de 1600cc. Con parámetros de eco-conducción.

2.4 Técnicas para la aplicación de conducción eficiente.

Se aplicó varias técnicas para obtener una eficiente conducción en el vehículo. De esta manera permite evidenciar una disminución del consumo de combustible y emisiones contaminantes.

Arrancar el motor sin pisar el pedal del acelerador, en un acelerador electrónico regula las condiciones de encendido.

Realizar el cambio de marcha lo antes posible, percatarse a cuantas revoluciones se va a cambiar de marchas bajas revoluciones. Para vehículos de

motor a gasolina, cambiar la marcha antes de las 2 500 revoluciones por minuto.

Al realizar las marchas, la forma de aplicación del pedal del acelerador se debe efectuar de forma necesaria para proseguir el proceso de aceleración del vehículo.

Mantener la velocidad uniforme, cuando se acelera el vehículo y se tiene frenados bruscos se pierde energía al momento de realizar nuevamente el arranque del coche la transformación de energía por propulsión se obtiene un mayor consumo de combustible y aumento de emisiones contaminantes.[13]

Se determinó la muestra de la flota de taxis que serán utilizados para el levantamiento de información. Para ello, se estableció modelos que cumplan con la cilindrada establecida y que tengan la capacidad de soportar la instrumentación necesaria para el levantamiento de datos. El número de taxis que se espera tener es de 18 vehículos (9 de 1400 cc y 9 de 1600 cc) que circularon las 24 horas al día.

2.5 Instrumentación de la flota vehicular

El modelo IVE utiliza básicamente parámetros de GPS para ello, se instaló a cada taxi con un celular con la aplicación torque pro y el ELM 327 ya que de esta manera se podrá almacenar la información del celular para su posterior procesamiento. La ventaja de contar con el ELM es que aparte de los datos de latitud longitud y altura también entrega información referente al consumo de combustible lo que sirve para poder evaluar temas de autonomía y ahorro.

Definición de variables que alimentarán el modelo IVE es necesario parámetros de carácter ambiental como es la humedad, temperatura, también algunas variables como tipo de combustible y composición del mismo todas estas variables serán obtenidas de normativas actuales e información gubernamental local. En el modelo IVE también se determinó la información de la tecnología de la flota y el tipo de mantenimiento de la misma, para ello se procedió con el levantamiento de información con cada uno de los vehículos involucrados.

Desarrollar las pruebas en ruta con la instrumentación implementada en cada taxi se procederá a levantar la información durante un periodo de dos meses seguidos con el fin de obtener la mayor cantidad de información que sea posible. La logística de almacenamiento de la información

para su posterior procesamiento estuvo a cargo del maestrante de manera semanal.

Para el realizar las pruebas de conducción eficientemente se desarrolló un taller de capacitación. Efectuadas en tres jornadas, los conductores realizaron este modo de conducción con el fin de que el segundo mes de levantamiento de datos se desarrolle el mismo proceso de esta manera recolectar la información del primer mes, sin embargo el segundo mes está caracterizado bajo parámetros de conducción eficiente.

2.6 Procesamiento de información

El procedimiento de estimación de emisiones en el modelo IVE consiste en procesar una serie de factores de corrección que se adaptan para estimar los contaminantes en una gran variedad de automóviles y tipos de tecnologías.

Se determinar la base de factor de emisiones registrada en los datos de entrada de la flota esto quiere decir tecnología vehicular, aire acondicionado. Agregar dato del factor de contaminación por tecnología. Además se debe ajustar los datos de entrada de localidad. El cálculo por temperatura, pendiente, mantenimiento del vehicular, distancia y localidad. Es recomendable realizar ajustes de la calidad de combustible también es importante el registro de distribución de patrones de conducción Soak.

Los datos de factor de emisión se multiplica por el factor de curvas efectuando corrección de filtrado por la distancia recorrido por cada vehículo para cada tecnología, esta ecuación multiplica la base de factores (B) por la serie de factores de corrección (K) para estimar la base de factor emisión (Q) para cada tipo de taxi los factores de corrección pueden registrarse en varias categorías depende también el valor de cada uno de los factores de corrección mediante las entradas seleccionadas en el archivo de localidad en el modelo.[14]

$$Q_{[t]} = B_{[t]} * K_{(1)[t]} * K_{(2)[t]} * \dots * K_{(x)[t]} \quad \text{Ec. 1}$$

2.7 Patrones de conducción.

Las variables importantes para determinar los patrones de conducción dependen de la velocidad, aceleración y desaceleración de la flota de taxis, de esta manera aumenta las emisiones generada por el vehículo.

Las emisiones provocadas por el vehiculó es generada por una función de la potencia y el estrés del motor presentan estas variaciones que pueden aumentar las emisiones de CO₂ lo cual es la

importancia de este estudio en aplicar parámetros de conducción eficiente en la flota de taxis previa capacitación de los conductores.[14]

Los patrones dependen de dos parámetros importantes que son:

- Potencia especifica vehicular (VSP).
- Estrés del motor.

Estos dos parámetros se obtienen determinando el tipo de vehículo las variables como la altitud, velocidad por segundo, si se agrega la pendiente se puede presentar o se asume como cero en la ecuación.

$$VSP = v[1.1 + 9.81 (\text{atan}(\sin(\text{pendiente}))) + 0.132] + 0.000302v^3 \quad \text{ec.2}$$

Dónde: Pendiente = $(h_t = 0 - h_t = -1) \quad vt = 1$ a 0 segundos

V = velocidad (m/s)

a = aceleración (m/s²)

h = altitud (m)

Los datos de velocidad se pueden recopilar en la flota de taxis instrumentadas con unidad de localización (GPS). Para obtener la información de velocidad se organiza por filas de niveles de congestión, tipo de calzada, hora del día.

2.8 Patrones de partida Soak

Los periodos Soak cuando antes que se produzca una partida. En el modelo IVE, una partida se lo nombra como frio, se refiere a que el motor se encuentra totalmente frio, al realizar la partida en frio provoca el aumento de emisiones por motivo que el motor tiene que llegar a su punto de calentamiento.

Una vez terminada la recolección de datos mediante el dispositivo ELM327, se procedió a la creación de una base de datos. En primera instancia se clasificaron los archivos (SCV) según el taxi del cual provienen, para luego proceder con un filtro de celdas vacías o datos erróneos la cual se realizó mediante programación debido a la gran cantidad de archivos.

Se realizó una base de datos la cual se guardó en PostgreSQL este es un programa para soporte de datos avanzados y admite un nivel alto que optimiza un buen rendimiento de almacenamiento y procesamiento de datos, de esta manera se programó una aplicación en Matlab capaz de importar, ordenar los datos, transformar las unidades en caso de ser

necesario y las guarda en una tabla de la base de datos. La base consta de aproximadamente 20.5 millones filas de datos, cada fila contiene información de identificación del vehículo, fecha y hora, posición GPS, altitud y parámetros de funcionamiento del vehículo. En el presente estudio se analizará las emisiones de CO₂ en dos escenarios los cuales corresponden: primero un escenario con condiciones de tráfico favorables y segundo un escenario en el cual existe tráfico, para ello se ordenó de menor a mayor.

Las velocidades promedio de cada hora de datos comprobando que corresponden a una distribución normal.

El mejor escenario corresponde al primer cuartil de la distribución normal de la muestra de datos hay un análisis de la flota de taxis de 1600 cc mediante parámetros de conducción eficiente que se realizó al segundo mes en donde se efectuó el proceso de información.

El peor escenario corresponde al tercer cuartil de la distribución normal de la muestra de datos. Se representan en cuartiles para que los resultados de los datos se acerquen a los más reales

Los datos de velocidad y altitud de los recorridos representativos pasan por un filtro de datos atípicos y la suavización de la curva, antes de ser procesados para el cálculo de bins VSP.

En la Figura 2. Se muestra un ejemplo del procedimiento donde se efectuó el filtrado y suavización de la curva determinando las variables velocidad y tiempo.

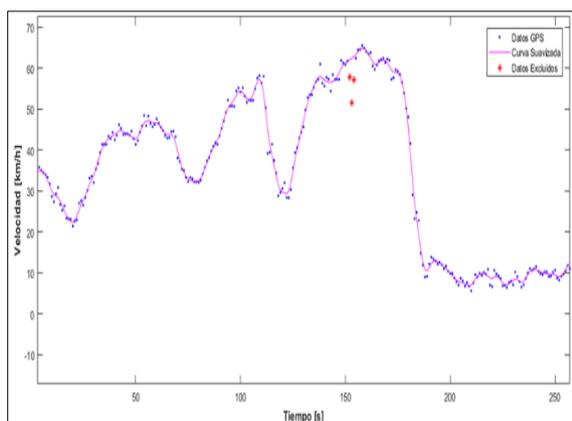


Figura 2. Filtrado y suavización de la curva velocidad/tiempo.

En la Figura 3. Representa las variables de filtrado y suavización de la curva altitud y tiempo, mediante información procesada en el modelo IVE.

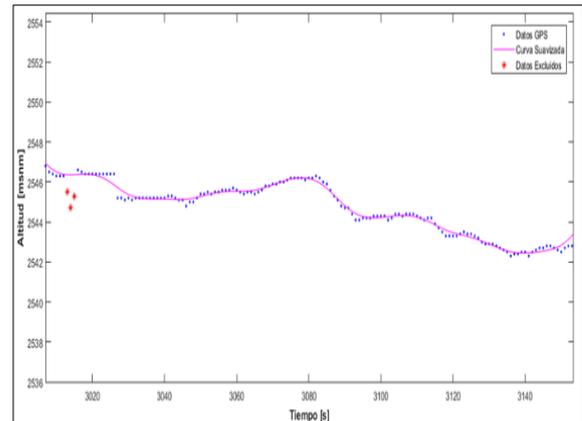


Figura 3. Filtrado y suavización de la curva altitud/tiempo.

2.9 Cálculo de emisiones de CO₂ mediante parámetros de conducción eficiente.

Para realizar el cálculo de emisiones de CO₂ se utilizó el software modelo IVE: Primero se calcula los bins VSP, con ayuda de una herramienta desarrollada en la Universidad del Azuay, al ingresar información en el modelo IVE, la flota vehicular corresponde a la tecnología de la flota vehicular 127, (esta es la tecnología vehicular más utilizada comúnmente entre los taxis de la ciudad), la cual describe un vehículo liviano a gasolina, inyección multipunto, con sistemas anticontaminantes como el catalizador, EGR recirculación de gases del escape y PCV válvula de ventilación positiva del Carter

También se utilizó una temperatura de 16.1 °C y una humedad relativa del 60 %, que corresponden al registro promedio de la ciudad.[15]

Para los datos de calidad del combustible se consideró lo estipulado en la Norma TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 935, esta norma establece los límites máximos de los diferentes componentes de la gasolina en Ecuador. El contenido de azufre se establece en 650 ppm, el contenido de benceno es del 1 %, no contiene plomo y el contenido de oxígeno es del 2.7 %.[16]

Taxis 1600 cc conducción eficiente

Se evidencio una muestra de 1 286 datos sobre velocidades promedio de cada hora de recorrido, la distribución de datos se muestra en la Figura 4.

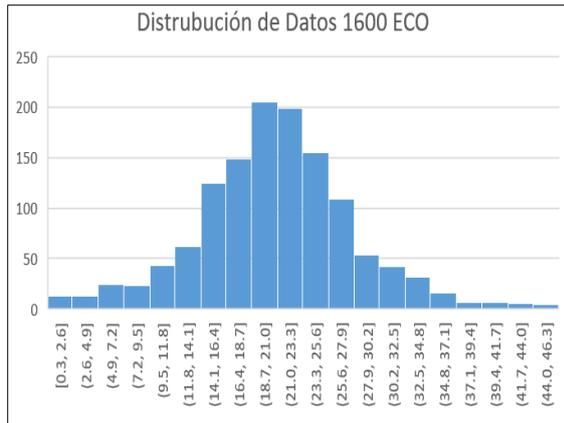


Figura 4. Distribución de las velocidades promedio de la flota de taxis de 1600cc mediante conducción eficiente.

El mejor escenario corresponde a los datos registrados el día 20 de julio del 2019 entre las 15:00 y 16:00, en el vehículo " Taxi-16" consta de 3120 datos registrados.

El peor escenario corresponde a los datos registrados el día 22 de julio del 2019 entre las 8:00 a 9:00, en el vehículo " Taxi-16" y consta de 3600 de datos registrados.

Se procedió a calcular los bins VSP potencia específica vehicular que demuestra en la Figura 5. Obteniendo una distribución de 57 % de bins de los taxis de 1600cc mediante parámetros de conducción eficiente promediando el mejor y el peor escenario obtenidos en los datos registrados en la flota de taxis.

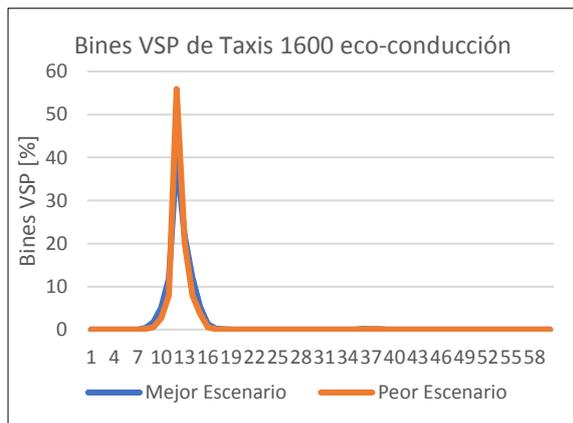


Figura 5. Distribución de Bines VSP de taxis 1600 eco-conducción.

Factores de emisión de CO₂

Análisis: en la figura 6. Se promedia un factor de emisiones de CO₂ en el mejor escenario de aproximadamente 220g referente al peor escenario refleja un promedio de equivalente de 290g de esta

manera el peor escenario aumenta el factor de emisiones de CO₂.

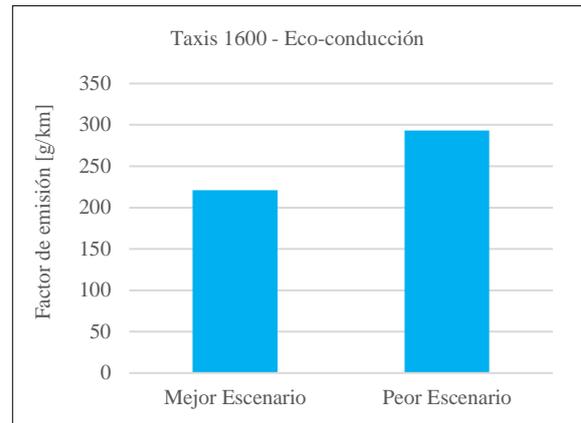


Figura 6. Factores de emisión de CO₂ de taxis 1600 cc mediante conducción eficiente.

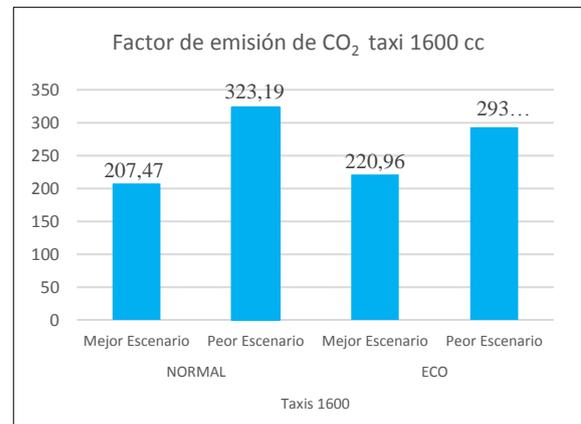


Figura 7. Comparación de emisión de CO₂ en taxi conducción normal y eco-conducción.

En la comparación de emisión de CO₂ en taxi con conducción normal y eco-conducción se obtuvo los siguientes valores demostrados en la figura 7. Donde se analizó el mejor escenario 207,47g y en el peor escenario 323,19g conducción normal, teniendo los resultados en el mejor escenario 220,96 g, y del peor escenario 293,13g estos resultados se obtuvieron mediante parámetros de conducción eficiente, reflejando un elevado valor en el mejor escenario con eco- conducción, esto se podría verse dado por que los conductores no aplicaron las técnicas de conducción eficiente.

En la tabla 1. Demuestra el factor de emisiones de CO₂ en gramos por kilómetros recorridos, obtenidos en el mejor y peor escenario en pruebas de conducción normal y eco conducción en la flota de taxis de 1600cc el valor seleccionado fue 293.13g escenario con mayor flujo vehicular.

Tabla 1. Resultados de estimación del factor de emisiones de CO₂ g/km.

Factor de emisión de CO ₂ [g/km]			
Taxis 1600cc			
NORMAL		ECO	
Mejor Escenario	Peor Escenario	Mejor Escenario	Peor Escenario
207.47	323.19	220.96	293.13

3. RESULTADOS

Para analizar los resultados de emisiones de CO₂ es necesario importar y ordenar los datos, transformar las unidades en caso de ser necesario se las guarda en una tabla de la base de datos. La base consta de aproximadamente 20.5 millones filas de datos, cada fila contiene información de identificación del vehículo, fecha y hora, posición GPS, altitud y parámetros de funcionamiento del vehículo

Análisis: los resultados representados en la tabla 1. Reflejan estimaciones del factor de emisiones de CO₂ en gramos por kilómetros recorridos por la flota vehicular, obteniendo los siguientes escenarios mediante conducción eficiente en taxis de 1600 cc, el mejor escenario teniendo un valor de 220.96g/km de emisiones de CO₂ y en el peor escenario se obtiene un resultado de 293.13g/km con estos resultados de los dos escenarios se puede determinar promedios de estimaciones diarios, mensuales y anuales de estimaciones de emisiones de CO₂ de la flota vehicular.

En la Figura 8, demuestra que los niveles del factor de emisiones de CO₂, aumentan significativamente entre los demás escenarios mediante diferentes modos de conducción normal y conducción eficiente. De esta manera se realizó los diferentes cálculos para estimar el factor de emisiones de CO₂ observando que en los resultados de emisiones no hay una variación entre los modos de conducción. Esta problemática fue a consecuencia al momento de recolectar datos en varios taxis se tienen varios choferes, donde la forma de conducir no es la misma, en este caso el conductor no aplico correctamente las técnicas de eco-conducción.

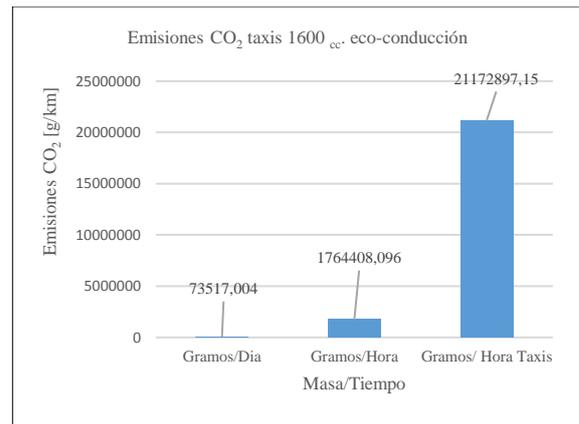


Figura 8. Resultados de emisiones de CO₂ g/hora.

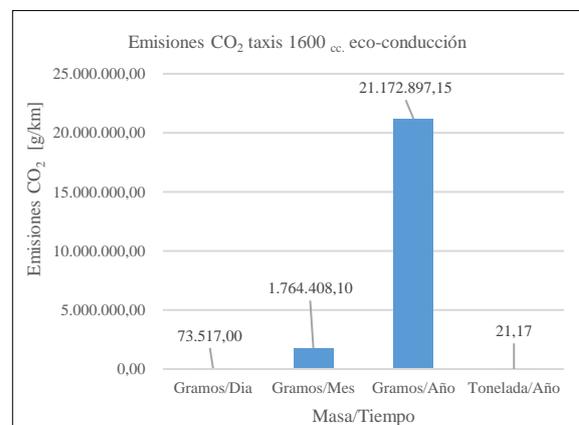


Figura 9. Promedio de estimaciones de emisiones de CO₂.

En la figura 9. Presenta el resultado de emisiones de CO₂, teniendo en cuenta el peor escenario dando un promedio en la primera barra 73 517g/km en un día, en la segunda barra en un mes tenemos 1'764 408,10g/km en la tercera barra obteniendo un valor de estimación de 21'172 897,15g/km al año, en la última barra presenta un promedio de 21,17 toneladas de CO₂ al año.

En estos resultados se estimó el promedio de emisiones de CO₂ mediante la obtención del valor en el peor escenario demostrada en la Tabla 1. Aplicada en la flota de taxis de 1600cc mediante eco conducción.

Tabla 2. Calculo promedio de estimaciones emisiones de CO₂.

Peor escenario			
Taxis 1600cc. Eco-conducción			
Total, de emisiones en un día [g/km]	Total, de emisiones en un mes [g/Km]	Total, de emisiones en un año [g/Km]	Total, de emisiones en un año [t/Km]
73 517,00	1'764 408,10	21'172 897,15	21,17

En la tabla 2. Se realizó el cálculo de emisiones de CO₂ promediando en un día 73 517,00g. Recorrido en 250,8Km este valor se calculó mediante la velocidad promedio de los recorridos en una hora de 20,9 km y se multiplico por una estimación de 12 horas que trabaja un taxi en el día. Obteniendo un promedio en el mes de 1'764 408,10g. En el cual se recorrió 6 019,2km. Teniendo 21'172 897,15g. En un año donde se recorrió 72 230,4km, de esta manera reflejo un resultado de 21,17 toneladas en el año, de emisiones CO₂ tomando como referencia en el peor escenario en taxis 1600_{cc}. Eco-conducción.

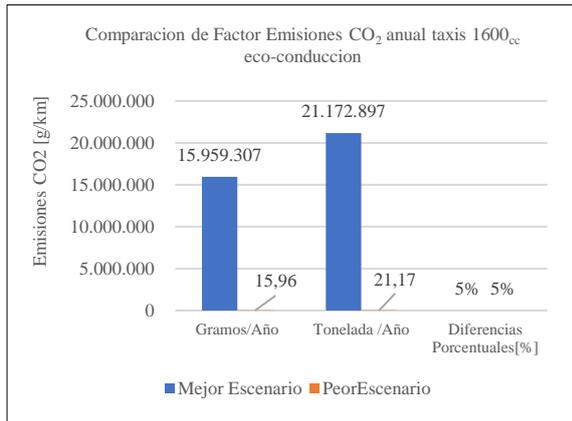


Figura 10. Comparación de factor de emisiones de CO₂ mediante el mejor y el peor escenario.

Los resultados obtenidos en la figura 10. Se analiza la comparación de factor de emisiones de CO₂, al año reflejando en el mejor escenario “menor tráfico vehicular” 15'959 307g/km, dando un valor de 15,96 toneladas. En el peor escenario “mayor tráfico vehicular” se obtiene la cantidad de 21'172 897g/km, de esta manera teniendo un resultado de 21,17t de CO₂, al año, demostrando una comparación del 5% entre los dos escenarios.

Tabla 3. Resultados de estimaciones emisiones contaminantes. En la Tabla 3. Presenta los resultados de las emisiones contaminantes como dióxido de carbono y monóxido de carbono, estas dos emisiones están calculados en gramos. Material particulado y el óxido de nitrógeno son calculados en miligramos los valores reflejan en el peor escenario se registró mayor tráfico y en el mejor escenario menos flujo vehicular.

Tabla 4. Resultados del consumo de combustible en taxis eco-conducción.

Taxis 1600 eco-conducción		
Consumo de combustible	Peor Escenario	Mejor Escenario
Consumo recorrido [l]	1.81	1.98
Distancia [Km]	16.70	21.28

Consumo [l/100 Km]	Peor Escenario	Mejor Escenario
	10.83	9.28

En la tabla 4. Reflejan el consumo de combustible en taxis 1600cc con conducción eficiente, el cálculo se realizó en consumo por recorrido en litros, mediante la distancia en kilómetros, además el consumo en litros por cada 100 Km. Se tomó como referencia el peor escenario.

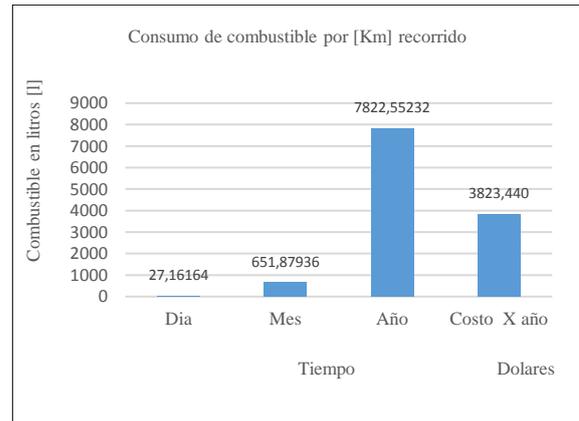


Figura 11. Cálculo de consumo de combustible de la flota de taxis con eco-conducción.

En la figura 11. Se analiza el cálculo de consumo de combustible eco-país en litros en la primera barra que se refiere el consumo en un día, aplicando el peor escenario evidenciando los resultados 27,1616 litros, en la segunda barra se obtiene un consumo al mes de 651,8793 l. en la tercera barra reflejan un consumo de 7 822,5523 l. al año. Realizando el respectivo cálculo para saber el costo total del consumo al año es de \$3 823,44_{cent}, cálculo realizado con el valor del litro del combustible Eco país (\$0.48_{cent}).

4. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

* La importancia que influye en las características de la flota de taxis sobre las emisiones depende del tipo de tecnología, cilindrada y aplicación de técnicas para eco-conducción.

*En la estimación de emisiones de CO₂ se obtuvo como resultado una línea base para el estudio de la contaminación de la ciudad de Cuenca por emisiones de efecto invernadero, analizando las emisiones de CO₂ en dos escenarios los cuales corresponden: primero un escenario con condiciones de menor tráfico vehicular y un segundo escenario con mayor tráfico, para ello se registró de menor a mayor las velocidades promedio, mediante cada hora de datos determinando una distribución normal, el mejor escenario corresponde al primer cuartil de

la muestra de datos y el peor escenario corresponde al tercer cuartil de la distribución normal de la muestra de datos, para el peor escenario se obtuvo 293.13 g/km de CO₂, comparado para el mejor escenario que se obtuvo 220.95g/km, existiendo una diferencia porcentual de 5%.

* Las emisiones de CO₂ al año generadas por los taxis 1600cc conducción eficiente, para el mejor escenario “menor tráfico vehicular” 15’959 306,88g/km en el peor escenario “mayor tráfico vehicular” 21’172 897,15g/km resultando una diferencia porcentual de un 5 % y en tonelada están 15.95t para el mejor escenario y 21,17 t para el peor escenario.

* El consumo de combustible en el mejor escenario de tráfico favorables, es 9,28 l/100km y peor escenario en el cual existe mayor tráfico vehicular es 10,83 l/100km, resultando una diferencia porcentual del 8%, es decir que en el peor escenario existe mayor consumo de combustible, debido al mayor tráfico vehicular presentado en el horario del recorrido.

* Comparando el factor de emisiones CO₂ en el mejor escenario 220.9 g/km, con los datos técnicos de acuerdo Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA), del Hyundai Accent 1.6, 4cil. Con 6 velocidades, manual donde indica que emiten 172 g/km, obteniendo una diferencia de un 7 %, esto se debe por la ubicación geográfica de la ciudad de Cuenca.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. D. K. Bishop, M. E. J. Stettler, N. Molden, and A. M. Boies, “Engine maps of fuel use and emissions from transient driving cycles,” *Appl. Energy*, vol. 183, pp. 202–217, 2016.
- [2] OICA, “Man made CO2 EMISSIONS,” 2015.
- [3] Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, *Anuario AEADE 2015*. QUITO, 2016.
- [4] G. nacional de la republica del Ecuador, “Ministerio de Electricidad y Energía Renovable,” *Ministerio de Electricidad y Energía Renovable*, 2015.
- [5] L. I. Rizzi and C. De La Maza, “The external costs of private versus public road transport in the Metropolitan Area of Santiago, Chile,” *Transp. Res. Part A Policy Pract.*, vol. 98, pp. 123–140, 2017.
- [6] S. Kumar Pathak, V. Sood, Y. Singh, and S. A. Channiwala, “Real world vehicle emissions: Their correlation with driving parameters,” *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 44, pp. 157–176, 2016.
- [7] H. Wang, C. Chen, C. Huang, and L. Fu, “On-road vehicle emission inventory and its uncertainty analysis for Shanghai, China,” *Sci. Total Environ.*, vol. 398, no. 1–3, pp. 60–67, 2008.
- [8] M. L. T. Cossio *et al.*, “CO2 in the road transport sector,” *Uma ética para quantos?*, vol. XXXIII, no. 2, pp. 81–87, 2012.
- [9] N. Davis, J. Lents, M. Osses, N. Nikkila, and M. Barth, “Part 3: Developing Countries: Development and Application of an International Vehicle Emissions Model,” *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board*, vol. 1939, pp. 155–165, 2005.
- [10] V. C. Magaña, “Eco-driving: ahorro de energía basado en el comportamiento del conductor,” 2014.
- [11] M. Mu, “TESIS DOCTORAL Eco-driving: Ahorro de energía basado en el comportamiento del conductor.”
- [12] Ilustre Municipalidad de Cuenca, “Plan de movilidad de Cuenca 2015-2025,” *Ilus. Munic. Cuenca*, 2015.
- [13] J. Larrazábal, “La conducción eficiente,” *Dyna*, vol. 79, no. 1, pp. 12–14, 2004.
- [14] International Sustainable Systems Research Center, “Manual del Usuario del Modelo IVE Mayo , 2008,” p. 55, 2008.
- [15] EMOV, “Informe de calidad del aire en la Ciudad de Cuenca 2017,” pp. 1–123, 2017.
- [16] INEN, “Productos derivados del petróleo. Gasolina. Requisitos,” p. 9, 2016.