



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

Escuela de Ingeniería Automotriz

Estimación de un inventario de emisiones provenientes de fuentes móviles

utilizando IVE

Caso de estudio: Cuenca

Proyecto de graduación previo a la obtención del título de Ingeniera Automotriz

Estudiante:

Dayanna Mishel Macías Padilla

Director:

Ing. Daniel Guillermo Cordero, Ph.D

Cuenca – Ecuador

2025

DEDICATORIA

“Para mis padres, Germán y Carmen que siempre creyeron en mí, incluso más de lo que yo lo hacía, por dejarme volar incluso cuando tenían miedo de dejarme ir, siempre serán mi hogar cuando necesite volver y despegar otra vez sabiendo que es más fácil ser valiente cuando sé que ustedes están a mi lado.

A mi pequeño sobrino, cuyo brillo en los ojos y curiosidad por la vida me recuerdan la belleza de las pequeñas cosas y me inspiran a ser un ejemplo digno de seguir.

Y finalmente pero no menos importante, a Princesa, quien, con su alegría inagotable y sus juegos llenos de ternura, ha sido un refugio constante de amor y compañía en los momentos más difíciles y en los más felices.

Este logro no sería el mismo sin todos ustedes, que han sido luz, guía y fuerza en mi vida.”

Con cariño, Dayanna Mishel.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi sincero agradecimiento a las entidades y personas que han contribuido a la culminación de este trabajo de manera especial a mi director de tesis al Ing. Daniel Guillermo Cordero Moreno, PhD, por su invaluable paciencia, guía y apoyo constante. A mis amigos y compañeros, con quienes he compartido risas, desafíos y aprendizajes que han dejado una huella imborrable en este camino. Gracias por su apoyo.

Resumen.

La calidad del aire en Cuenca enfrenta grandes retos, al igual que en muchas ciudades del mundo debido al aumento del parque vehicular y al uso de combustibles fósiles. Para analizar esta situación, se aplicó el modelo IVE (International Vehicle Emissions), una herramienta desarrollada específicamente para países en vías desarrollo, que permite estimar emisiones de manera ajustada a las condiciones locales. De esa manera, con año base 2023 se obtuvo como resultado que la flota vehicular de Cuenca emite: 635608.03 toneladas anuales [t/a] de CO_2 con un FE_estimado de 377.19 [g/km] siendo la flota correspondiente a vehículos pesados la mayor fuente emisora con 320804.61 [t/a] de CO_2 lo cual representa un 50.47% de las emisiones totales de CO_2 . Así mismo la flota vehicular de Cuenca emite: 10.99 [t/a] de N_2O con un FE_estimado de 6.52 [g/km], siendo la flota correspondiente a vehículos pesados la mayor fuente emisora con 9.94 [t/a] representando el 90.45% de emisiones totales, 2097.68 [t/a] de CH_4 con un FE_estimado de 244.82 [g/km] siendo la flota correspondiente a vehículos livianos la mayor fuente emisora con de 1146.88 [t/a] representando el 54.67% de emisiones totales, 138288.09 [t/a] de CO con un FE_estimado de 82.06 [g/km], siendo la flota correspondiente a vehículos livianos la mayor fuente emisora con 117521.17 [t/a] representando el 84.98% de emisiones totales, 11009.14 [t/a] de VOC con un FE_estimado de 6.53[g/km], 848.77 [t/a] de VOCevap con un FE_estimado de 0.50 [g/km], de 8581.74 [t/a] de Nox con un FE_estimado 5.09[g/km], de 27.72 [t/a] de Sox con un FE_estimado de 0.02 [g/km], 326.93 [t/a] de PM con un FE_estimado de 0.19 [g/km], 23.13 [t/a] de 1,3 butadieno con un FE_estimado de 13.72 [g/km], 94.59 [t/a] de acetaldehído con un FE_estimado de 56.13 [g/km], de 319.02 [t/a] de Formoldehido con un FE_estimado de 189.31 [g/km].

Palabras clave.

Emisiones, fuentes móviles, contaminantes atmosféricos, IVE, factores de emisión.

Abstract

Air quality in Cuenca faces major challenges, as in many cities around the world, due to the increase in the number of vehicles and the use of fossil fuels. To analyze this situation, the IVE (International Vehicle Emissions) model, a tool developed specifically for developing countries, was applied to estimate emissions adjusted to local conditions. Thus, with a base year of 2023, we obtained the result that Cuenca's vehicle fleet emits: 10.99 [t/y] of N_2O with an FE_estimated of 6.52 [g/km], with the fleet corresponding to heavy vehicles being the largest emitting source with 9.94 [t/y] representing 90.45% of total emissions, 2097.68 [t/y] of CH_4 with an FE_estimated of 244.82 [g/km] with the fleet corresponding to light vehicles being the largest emitting source with 1146.88 [t/y] representing 54.67% of total emissions, 138288.09 [t/y] of CO with an FE_estimated of 82.06 [g/km], with the fleet corresponding to light vehicles being the largest emitting source with 117521.17 [t/y] representing 84.98% of total emissions, 11009.14 [t/y] of VOC with an FE_estimated 6.53 [g/km], 848.77 [t/y] of VOCevap with an FE_estimated 0.50 [g/km], of 8581.74 [t/y] of Nox with an FE_estimated 5.09 [g/km], of 27.72 [t/y] of Sox with an FE_estimated 0.02 [g/km], 326.93 [t/a] of PM with an FE_estimated 0.19 [g/km], 23.13 [t/a] of 1,3-butadiene with an FE_estimated 13.72 [g/km], 94.59 [t/a] of acetaldehyde with an FE_estimated 56.13 [g/km], of 319.02 [t/a] of Formoldehyde with an FE_estimated 189.31 [g/km].

Keywords.

Emissions, mobile sources, air pollutants, IVE, emission factors

INDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
INDICE DE ECUACIONES	ix
I. Nomenclatura	2
II. Introducción	3
III. Desarrollo	4
IV. Resultados	11
Emisiones diarias.	11
Emisiones anuales.	12
Estimación Factor de emisión [g/km]	12
VII. Bibliografía	16

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Nomenclatura usada</i>	2
<i>Tabla 2. Características gasolina</i>	8
<i>Tabla 3. Características diésel</i>	8
<i>Tabla 4. Resultados encuestas aplicadas</i>	9
<i>Tabla 5. Distribución kilometraje para flota_LIVIANOS</i>	10
<i>Tabla 6. Distribución kilometraje para flota_ MOTOS</i>	11
<i>Tabla 7. Distribución kilometraje para flota_ PESADOS</i>	11
<i>Tabla 8. Resultados emisiones diarias por flota correspondiente a Contaminantes criterio</i>	11
<i>Tabla 9. Resultados emisiones diarias por flota correspondiente a Contaminantes tóxicos</i>	12
<i>Tabla 10. Resultados emisiones diarias por flota correspondiente a Calentamiento global</i>	12
<i>Tabla 11. Resultados emisiones anuales por flota correspondiente a contaminantes criterio</i>	12
<i>Tabla 12. Resultados emisiones anuales por flota correspondiente a contaminantes tóxicos</i>	12
<i>Tabla 13.. Resultados emisiones anuales por flota correspondiente a contaminantes calentamiento global</i>	12
<i>Tabla 14. Factor de emisión anual estimado</i>	12
<i>Tabla 15. FE estimado desglosado por tecnologías correspondientes a Flota_Livianos</i>	13
<i>Tabla 16. FE estimado desglosado por tecnologías correspondientes a Flota_motos</i>	14
<i>Tabla 17. FE estimado desglosado por tecnologías correspondientes a Flota_pesados</i>	14

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Tasa de matriculación vehicular per capite.</i>	5
<i>Figura 2. Esquema funcionamiento IVE</i>	5
<i>Figura 3. Categorización flota_ LIVIANOS</i>	7
<i>Figura 4. Categorización flota_ MOTOS</i>	7
<i>Figure 5. Categorización flota_ PESADOS</i>	7
<i>Figura 6. Ubicación geográfica de Cuenca</i>	7
<i>Figura 7. Delimitación urbana de la Ciudad de Cuenca</i>	8
<i>Figura 8. Temperatura por mes</i>	8

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Ecuación Vehicule Specific Power _____ 9

Ecuación 2. Ecuación estrés del motor _____ 9

Estimación de un inventario de emisiones provenientes de fuentes móviles utilizando IVE

Caso de estudio: Cuenca

Daniel Guillermo Cordero Moreno

Dayanna Mishel Macías Padilla

Escuela de Ingeniería Automotriz, Universidad del Azuay
Cuenca, Ecuador

Resumen.

La calidad del aire en Cuenca enfrenta grandes retos, al igual que en muchas ciudades del mundo debido al aumento del parque vehicular y al uso de combustibles fósiles. Para analizar esta situación, se aplicó el modelo IVE (International Vehicle Emissions), una herramienta desarrollada específicamente para países en vías de desarrollo, que permite estimar emisiones de manera ajustada a las condiciones locales. De esa manera, con año base 2023 se obtuvo como resultado que la flota vehicular de Cuenca emite: 635608.03 toneladas anuales [t/a] de CO_2 con un FE_estimado de 377.19 [g/km] siendo la flota correspondiente a vehículos pesados la mayor fuente emisora con 320804.61 [t/a] de CO_2 lo cual representa un 50.47% de las emisiones totales de CO_2 . Así mismo la flota vehicular de Cuenca emite: 10.99 [t/a] de N_2O con un FE_estimado de 6.52 [g/km], siendo la flota

correspondiente a vehículos pesados la mayor fuente emisora con 9.94 [t/a] representando el 90.45% de emisiones totales, 2097.68 [t/a] de CH_4 con un FE_estimado de 244.82 [g/km] siendo la flota correspondiente a vehículos livianos la mayor fuente emisora con 1146.88 [t/a] representando el 54.67% de emisiones totales, 138288.09 [t/a] de CO con un FE_estimado de 82.06 [g/km], siendo la flota correspondiente a vehículos livianos la mayor fuente emisora con 117521.17 [t/a] representando el 84.98% de emisiones totales, 11009.14 [t/a] de VOC con un FE_estimado de 6.53 [g/km], 848.77 [t/a] de VOCevap con un FE_estimado de 0.50 [g/km], de 8581.74 [t/a] de Nox con un FE_estimado 5.09 [g/km], de 27.72 [t/a] de Sox con un FE_estimado de 0.02 [g/km], 326.93 [t/a] de PM con un FE_estimado de 0.19 [g/km], 23.13 [t/a] de 1,3 butadieno con un FE_estimado de 13.72 [g/km], 94.59 [t/a] de acetaldehído con un FE_estimado de 56.13 [g/km], de

319.02 [t/a] de Formoldehido con un FE_estimado de 189.31 [g/km].

Palabras clave.

Emissiones, fuentes móviles, contaminantes atmosféricos, IVE, factores de emisión.

Abstract

Air quality in Cuenca faces major challenges, as in many cities around the world, due to the increase in the number of vehicles and the use of fossil fuels. To analyze this situation, the IVE (International Vehicle Emissions) model, a tool developed specifically for developing countries, was applied to estimate emissions adjusted to local conditions. Thus, with a base year of 2023, we obtained the result that Cuenca's vehicle fleet emits: 10.99 [t/y] of N_2O with an FE_estimated of 6.52 [g/km], with the fleet corresponding to heavy vehicles being the largest emitting source with 9.94 [t/y] representing 90.45% of total emissions, 2097.68 [t/y] of CH_4 with an FE_estimated of 244.82 [g/km] with the fleet corresponding to light vehicles being the largest emitting source with of 1146.88 [t/y] representing 54.67% of total emissions, 138288.09 [t/y] of CO with an FE_estimated of 82.06 [g/km], with the fleet corresponding to light vehicles being the largest emitting source with 117521.17 [t/y] representing 84.98% of total

emissions, 11009.14 [t/y] of VOC with an FE_estimated 6.53 [g/km], 848.77 [t/y] of VOCevap with an FE_estimated 0.50 [g/km], of 8581.74 [t/y] of Nox with an FE_estimated 5.09 [g/km], of 27.72 [t/y] of Sox with an FE_estimated 0.02 [g/km], 326.93 [t/a] of PM with an FE_estimated 0.19 [g/km], 23.13 [t/a] of 1,3-butadiene with an FE_estimated 13.72 [g/km], 94.59 [t/a] of acetaldehyde with an FE_estimated 56.13 [g/km], of 319.02 [t/a] of Formoldehido with an FE_estimated 189.31 [g/km].

Keywords.

Emissions, mobile sources, air pollutants, IVE, emission factors.

I. Nomenclatura

VOC	Compuestos Orgánicos Volátiles
CO	Monóxido de Carbono
NOx	Óxidos de Nitrógeno
PM2.5	Material Particulado
SO ₂	Dióxido de Azufre
NH ₃	Amoníaco
CO ₂	Dióxido de Carbono
N ₂ O	Óxido Nitroso
CH ₄	Metano
IVE	International Vehicle Emissions model
VSP	Vehicle Specific Power
RTV	Revisión Técnica Vehicular
FE	Factor de Emisión

Tabla 1. Nomenclatura usada

Fuente: Autora.

II. Introducción

La ciudad de Cuenca, al igual que muchas ciudades en el mundo, se enfrenta a una serie de desafíos en términos de calidad del aire y sostenibilidad ambiental. De acuerdo con la información publicada en el último inventario de emisiones de la ciudad de Cuenca realizado en el año 2021, se establece que 91.9% de las emisiones de CO, 76.4% de NOx, 34.4% de VOC, 30.2% de SO₂, 42.7% de PM2.5, son consecuencia del tráfico vehicular motorizado [1].

Cuenca es una ciudad reconocida por su patrimonio histórico y cultural, lo que la convierte en un importante destino turístico. Según [2], el turismo se ha convertido en un factor vital para el desarrollo económico de Cuenca, en este contexto se destaca la preservación de su valioso patrimonio.

Otro aspecto relevante es el compromiso global con la reducción de emisiones y el combate al cambio climático. Ecuador, como signatario de la cumbre sudamericana sobre el control de emisiones vehiculares, tiene la responsabilidad de implementar medidas para reducir estas emisiones [3]. Desde una perspectiva política, es necesario contar con regulaciones y normativas que promuevan la reducción de emisiones de fuentes móviles. En este

sentido, el desarrollo de un inventario de emisiones puede brindar información valiosa para la toma de decisiones

Hasta la fecha, el cantón Cuenca cuenta con cuatro inventarios de emisiones. El primero fue elaborado en el año 2007, como requerimiento de la Fundación Natura y Cuencaire. El segundo inventario de emisiones fue elaborado para el año 2009, como iniciativa de EMOV EP y de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca, el tercer y cuarto inventario, fueron actualizados por iniciativa de la EMOV EP, en el año 2014 y 2021 respectivamente.

Los factores de emisión empleados en estos estudios fueron tomados con base en la literatura norteamericana o europea, destacando en los mismos que “la determinación insitu de los factores de emisión es prioritaria para disminuir los niveles de incertidumbre de la estimación de las emisiones en el cantón Cuenca” [1]. En el inventario de emisiones del año 2014, se incluyen los vehículos híbridos, como una nueva categoría diferenciada, para la cual los factores de emisión se estructuraron con base a la información de la Agencia Ambiental Europea [4]. El contexto anteriormente mencionado lleva al presente trabajo a recalcar la importancia de crear un inventario de emisiones

usando factores de emisión locales con la finalidad de reducir la incertidumbre en la estimación de las emisiones en la ciudad de Cuenca.

III. Desarrollo

Los contaminantes del aire son gases y partículas producidas por el uso de combustibles fósiles” [5]. Según las definiciones de la legislación ambiental aprobada en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria [6], la “Contaminación del aire” se define, como: “La presencia de contaminantes del aire, que resultan de actividades humanas o de procesos naturales, presentes en concentración suficiente bajo circunstancias tales que interfieren con el confort, la salud o el bienestar de los seres humanos o del ambiente”.

Los motores de combustión interna constituyen una de las principales fuentes emisoras de contaminantes atmosféricos, la proporción en que se emiten estos contaminantes depende de una serie de factores entre los que se encuentran el tipo de motor, el combustible usado y el estado de mantenimiento del vehículo. Según La Universidad de California en Los Angeles (UCLA) en “Labor Occupational Safety & Health Program” [7], las partículas finas que son parte de la mezcla del combustible diésel pueden

ser aspiradas, entrando así a los pulmones.

Con información recuperada de [8], se menciona que: Los motores de combustión interna constituyen una de las principales fuentes emisoras de contaminantes atmosféricos, la proporción en que se emiten estos contaminantes depende de una serie de factores entre los que se encuentran el tipo de motor, el combustible usado y el estado de mantenimiento del vehículo.

Otra de las consideraciones fundamentales al momento de estimar las emisiones contaminantes es la ubicación geográfica, ya que esta influye directamente en diversos factores ambientales y operativos que afectan la emisión y dispersión de contaminantes. Entre estos factores destacan las condiciones meteorológicas, como la temperatura, la humedad, que pueden alterar la dispersión y concentración de las emisiones. Asimismo, la altitud y el relieve de la zona influyen en la presión atmosférica y la eficiencia de los motores, especialmente en vehículos a combustión interna.

El aumento del parque vehicular es una variable que se considera al momento de hablar de emisiones contaminantes, como se puede observar en *Figura 1*. De acuerdo con datos del INEC (2022), en el año 2021, la tasa de matriculación a

nivel nacional alcanzó los 143 vehículos por cada mil habitantes. Cabe destacar que la provincia del Azuay se encuentra entre las dos provincias con el mayor número de vehículos matriculados en el país, registrando una tasa de 183 vehículos por cada mil habitantes.

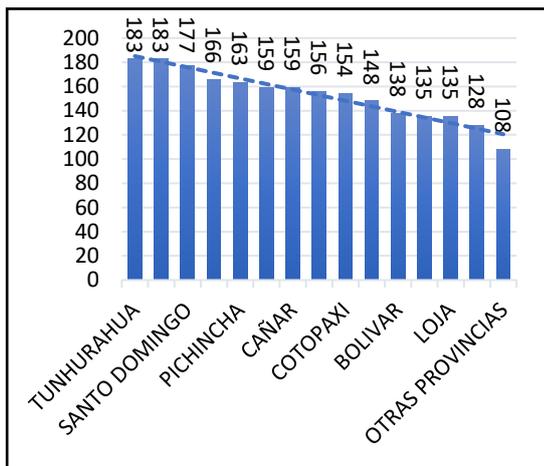


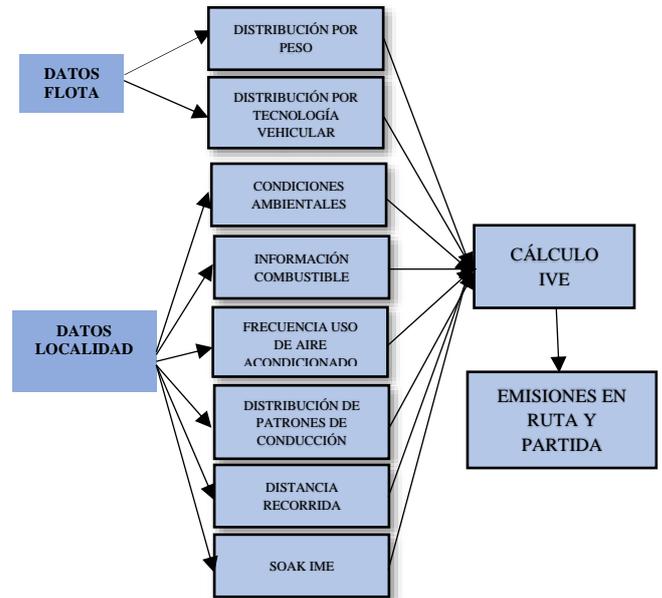
Figura 1. Tasa de matriculación vehicular per cápita.

Una de las herramientas que permiten abordar la problemática de las emisiones contaminantes de fuentes móviles es IVE el cual fue diseñado para su uso en países en vías de desarrollo. IVE utiliza distribuciones de tecnología de vehículos locales, ciclos de conducción y factores geográficos para adaptar el modelo a la situación local. Una vez que esta información ha sido recolectada, se muestra factible para proporcionar una estimación de las emisiones de fuentes móviles, siendo aplicado en ciudades como Guayaquil, donde Mario Patiño [9] planteó una metodología de estudio que incluyó cuatro puntos principales:

composición de la flota, distribución tecnológica de la flota, dinámica de conducción y patrones de encendido.

El esquema presentado en *Figura 2*. describe el proceso para el cálculo de IVE a partir de datos de entrada relacionados con la flota vehicular y las características de la localidad.

Figura 2. Esquema funcionamiento IVE
Fuente: Autora 2025.



En primer lugar, se consideran los datos de la flota, como la distribución de los vehículos según su peso vehicular, lo cual influye directamente en el consumo de combustible y las emisiones generadas, y la distribución por tecnología vehicular, que clasifica los vehículos en función de su tecnología, como motores a gasolina, diésel, híbridos o eléctricos, cada uno con patrones específicos de emisión de contaminantes.

La categorización de flotas en el cálculo de IVE es un proceso esencial que clasifica los vehículos según características específicas para garantizar una estimación precisa de las emisiones contaminantes. En primer lugar, se considera la distribución por peso, que agrupa a los vehículos según su peso bruto vehicular, una variable directamente relacionada con el consumo de combustible y la magnitud de las emisiones. En segundo lugar, se incluye la distribución por tecnología vehicular, clasificando a los vehículos en función de los sistemas de propulsión que utilizan. Esta categoría abarca vehículos a gasolina, que son típicamente emisores de monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos no quemados (HC); vehículos diésel, que presentan mayores emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) y material particulado (PM); vehículos híbridos, caracterizados por menores emisiones promedio debido a la combinación de motores de combustión interna y eléctricos; y vehículos eléctricos, que no generan emisiones directas, a pesar que según [5] su impacto ambiental depende de la fuente de generación de electricidad.

Adicionalmente, los vehículos son categorizados según su antigüedad, dado que los modelos más antiguos suelen

carecer de sistemas avanzados de control de emisiones, como catalizadores, lo que resulta en mayores niveles de contaminación. También se considera el uso del vehículo, clasificándolos según su propósito, como transporte de pasajeros, transporte de carga o uso particular, ya que los patrones de operación influyen significativamente en el perfil de emisiones.

Finalmente, se analizan características como el cilindraje y la potencia del motor, ya que vehículos con motores de mayor tamaño y potencia tienden a consumir más combustible y, por ende, a emitir mayores cantidades de contaminantes. Considerando esta delimitación y la arquitectura de IVE se ha realizado el proceso de tratamiento y análisis de los datos de entrada con la flota vehicular. Como resultado, de acuerdo con los datos de la Revisión Técnica Vehicular (RTV) del año 2021, se ha determinado que el parque automotor de Cuenca está compuesto por 109 721. La distribución porcentual de esta flota se presenta en la *Figura 3* correspondiente a vehículos livianos, *Figura 4* a motos y *Figura 5* a pesados, respectivamente, la cual muestra la

composición de la flota de la ciudad, caracterizada según los criterios establecidos por IVE.

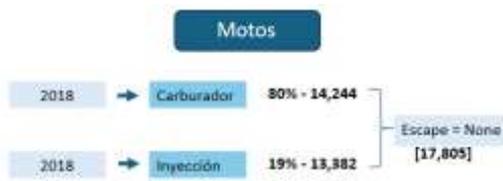


Figura 3. Categorización flota_MOTOS

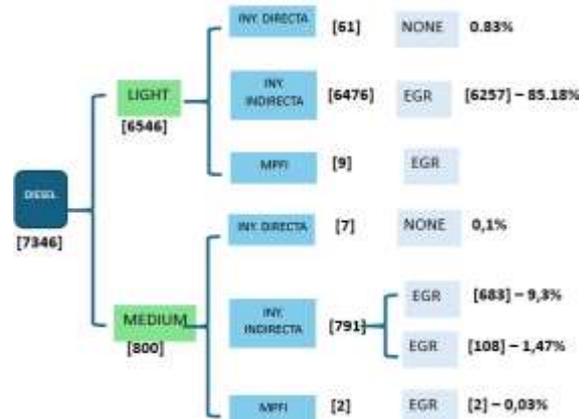


Figura 5. Categorización flota_PESADOS

En segundo lugar, se incluyen los datos de la localidad, donde se contemplan las condiciones ambientales como temperatura, humedad y altitud, factores que afectan tanto la eficiencia de la combustión como la dispersión de los contaminantes en el ambiente.

Ya que el presente caso de estudio se aplicó en la ciudad de Cuenca, ubicada al sur del Ecuador, cuya ubicación geográfica se muestra en la Figura 6.

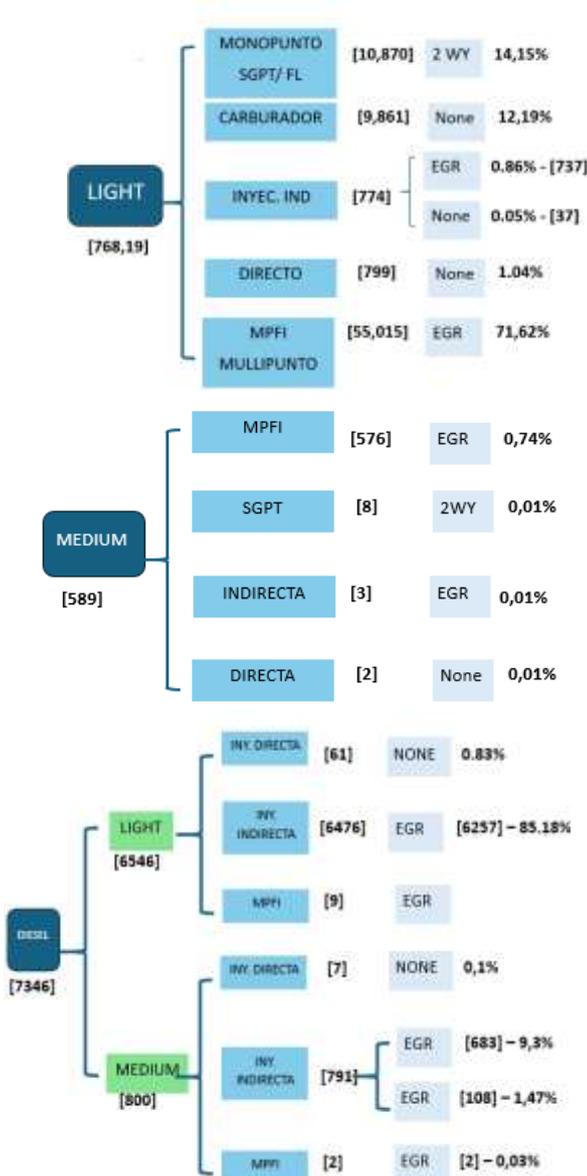


Figura 4. Categorización flota_LIVIANOS



Figura 6. Ubicación geográfica de Cuenca

Delimitando únicamente la parte urbana, tal como se muestra en la Figura 7.

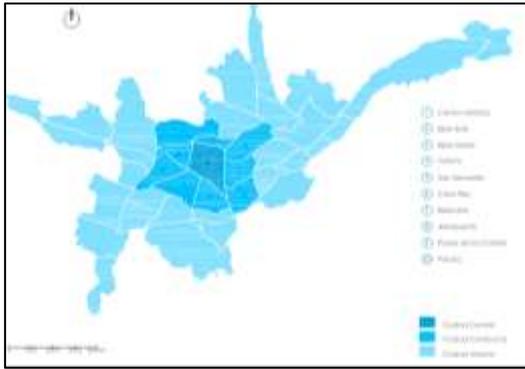


Figura 7. Delimitación urbana de la Ciudad de Cuenca

Las variables ambientales, como humedad y temperatura, fueron obtenidas del Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador (IERSE). Se calculó el promedio de estas variables durante el año 2021, obteniendo así una humedad promedio de 78% y una temperatura promedio de 15 °C. En la Figura 8 se muestra el perfil de temperatura por mes correspondiente.

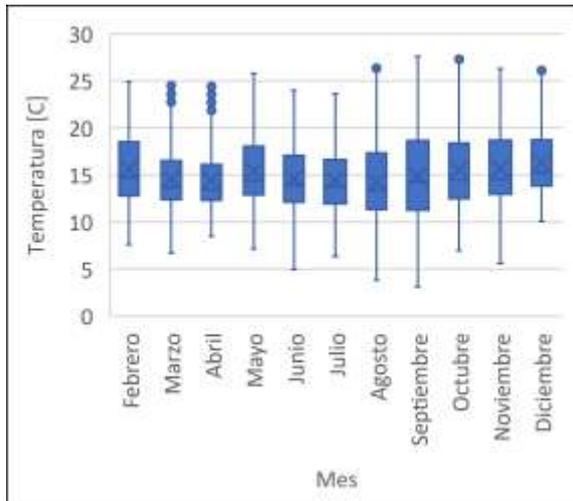


Figura 8. Temperatura por mes

Las características de los combustibles fueron obtenidas de un estudio previo sobre la calidad de los combustibles

realizado en la ciudad de Cuenca [11]. En este contexto, se analiza la información relacionada con los combustibles utilizados, incluyendo sus características específicas, como el contenido de azufre. Estas características se muestran en la Tabla 2 y la Tabla 3, respectivamente."

Tabla 2. Características gasolina

GASOLINA	
Azufre (S)	Bajo (50 ppm)
Plomo (Pb)	Ninguno
Benceno	Moderado (1,50%)
Oxigenado	1%

Fuente: Autora (2025)

Tabla 3. Características diésel

DIESEL	
Clase	Moderado
Azufre	Moderado (50 ppm)

Fuente: Autora (2025)

De igual manera, se considera el uso de aire acondicionado, un elemento que incrementa el consumo de combustible y, por ende, las emisiones. Para obtener los datos sobre el porcentaje de uso de aire acondicionado, el número de

partidas y el porcentaje de Soak¹, se realizaron un total de 636 encuestas. Estas encuestas se aplicaron de manera presencial en el Centro de Matriculación Vehicular de Capulispamba y también se distribuyeron de manera online. Los resultados de estas encuestas se muestran en la *Tabla 5*.

Tabla 4. Resultados encuestas aplicadas

Promedio número de partidas	3
Respuesta con mayor porcentaje sobre frecuencia de uso de ac	25% de los recorridos
Combustible más usado	Ecopaís
Combustible menos usado	Súper
Hora con mayor porcentaje de número de encendidas (entre semana)	7 am
Hora con mayor porcentaje de número de encendidas (fines de semana)	9 am

Fuente: Autora (2025)

Luego de obtener los datos de entrada anteriormente descritos fue fundamental ingresar los patrones de conducción. En el marco del IVE, estos patrones se caracterizan utilizando dos parámetros: el VSP y el estrés del motor, obtenidos mediante las ecuaciones 1 y 2, respectivamente.

Ecuación 2. Ecuación Vehicle Specific Power

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

$$\text{pendiente} = (h_{t=0} - h_{t=-1})/v_{(t=-1 \text{ a } 0 \text{ segundos})} \text{ [rad]}$$

$$v = \text{velocidad} \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$a = \text{aceleración} \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$h = \text{Altitud} \text{ [m]}$$

Ecuación 5. Ecuación estrés del motor

$$\text{Estrés del Motor (sin unidades)} = \text{Índice RPM} + \left(0.08 \frac{\text{ton}}{\text{kW}} \right) * \text{Potencia Prepromedio}$$

$$\text{Potencia Prepromedio} = \text{Promedio}(VSP_{T=-5 \text{ sec TO } -25 \text{ sec}}) \left(\frac{\text{kW}}{\text{ton}} \right)$$

$$\text{Índice RPM} = \frac{\text{Velocidad}_{t=0}}{\text{Divisor Velocidad (sin unidades)}}$$

$$\text{Mínimo Índice RPM} = 0.9$$

Las variables necesarias para cada ecuación fueron tomadas y calculadas a partir de viajes previos realizados por vehículos livianos de diferentes tecnologías equipados con dispositivos GPS. Estos viajes se llevaron a cabo en 6 rutas preestablecidas de 13.33 km de distancia que caracterizan el casco

¹ Se refiere al período de tiempo que un motor en caliente ha estado apagado antes de volver a ser encendido.

urbano de la ciudad de Cuenca, así como los patrones de conducción de vehículos livianos, de esa manera se realizaron un total de 60 viajes por ruta. En el caso de los vehículos pesados, se tomaron patrones de conducción de [10] los cuales caracterizan el recorrido de las Líneas urbanas 5,7, 27,100.

Una vez calculados estos parámetros, se calcularon los BINES los cuales representan diferentes distribuciones de energía dependiendo del estrés y VSP. Los BINES son una medida importante para estimar las emisiones de los vehículos, ya que la cantidad de emisiones producidas por un vehículo está directamente relacionada con la cantidad de energía que consume. Los VSP se utilizan para cuantificar la potencia requerida para mover un vehículo a una velocidad determinada. Además, para el cálculo de las emisiones provenientes de cada flota, se distribuyeron de la siguiente manera: las 6 rutas de vehículos livianos se

caracterizaron para motos, vehículos livianos. En cambio, para los buses urbanos y vehículos diésel particulares se utilizaron las rutas de las líneas 5, 7, 27 y 100. Aunque IVE no permite ingresar directamente el número de vehículos que conforman la flota y cumplen con las condiciones de conducción, esta se caracterizó según las indicaciones del manual del modelo, es decir multiplicando el número de vehículos por la distancia de cada ruta, obteniendo así la distribución mostrada en las *Tabla 6, 7 y 8* según corresponde.

Tabla 5. Distribución kilometraje para flota LIVIANOS

DATOS GENERALES	
<i>Total livianos</i>	84754,00
<i>Total rutas</i>	6,00
Vehículos por ruta	
<i>R1 borja</i>	14126
<i>R2 cato</i>	14126
<i>R3 graiman</i>	14126
<i>R4 muñecas de piedra</i>	14126
<i>R5 pasos</i>	14126
<i>R6 plaza americas</i>	14126
DATOS IVE	
<i>Promedio km diario</i>	32,49
<i>Promedio partidas diarias</i>	3,00
<i>Total partidas (ingresado a ive)</i>	42377,00
<i>Total km (ingresado a ive)</i>	458942,91

Fuente: Autora (2025)

Tabla 6. Distribución kilometraje para flota_ MOTOS

DATOS GENERALES	
<i>Total motos</i>	17805
<i>Total rutas</i>	6,00
VEHÍCULOS POR RUTA	
<i>R1 borja</i>	2968
<i>R2 cato</i>	2968
<i>R3 graiman</i>	2968
<i>R4 muñecas de piedra</i>	2968
<i>R5 pasos</i>	2968
<i>R6 plaza Américas</i>	2968
DATOS IVE	
<i>Promedio km diario</i>	32,49
<i>Promedio partidas diarias</i>	3,00
<i>Total partidas (ingresado a ive)</i>	8902,50
<i>Total km (ingresado a ive)</i>	96414,08

Fuente: Autora (2025)

Tabla 7. Distribución kilometraje para flota_ PESADOS

DATOS GENERALES	
<i>Total pesados</i>	6428
<i>Total rutas</i>	4,00
VEHÍCULOS POR RUTA	
<i>R1 - L5</i>	1607
<i>R2- L100</i>	1607
<i>R3 - L7</i>	1607
<i>R4- L27</i>	1607
DATOS IVE	
<i>Promedio km diario</i>	200,00
<i>Promedio partidas diarias</i>	2,00
<i>Total partidas (ingresado a ive)</i>	3214,00
<i>Total km (ingresado a ive)</i>	321400,00

Fuente: Autora (2025)

IV. Resultados

Una vez que todos los parámetros correspondientes a flota y localidad han sido ingresados se procede a ejecutar el IVE. Durante la simulación, el modelo calcula las emisiones de los vehículos teniendo en cuenta los parámetros y condiciones establecidas. Los resultados se exponen clasificados en emisiones diarias y anuales, así como se presenta el factor de emisión correspondiente:

Emisiones diarias.

Tabla 8. Resultados emisiones diarias por flota correspondiente a Contaminantes criterio

CONTAMINANTES CRITERIOS			
	CO	VOC	VOC evap
LIVIANOS	321,98	17,38	1,75
MOTOS	45,14	10,92	0,58
PESADOS	11,75	1,86	0,00
Total [ton]	378,87	30,16	2,33
	NO x	SO x	PM
LIVIANOS	12,90	0,02	0,24
MOTOS	0,14	0,00	0,33
PESADOS	10,48	0,06	0,33
Total [ton]	23,51	0,08	0,90

Fuente: Autora (2025)

Tabla 9. Resultados emisiones diarias por flota correspondiente a Contaminantes tóxicos

TOXICOS			
	1,3 butadieno	Acetaldehido	Formoldehido
LIVIANOS	0,02	0,06	0,15
MOTOS	0,02	0,14	0,55
PESADOS	0,01	0,06	0,17
Total [ton]	0,06	0,26	0,87
	NH3	Benceno	
LIVIANOS	643,19	303,94	
MOTOS	189,52	80,94	
PESADOS	33,24	19,54	
Total [ton]	0,87	0,40	

Fuente: Autora (2025)

Tabla 10. Resultados emisiones diarias por flota correspondiente a Calentamiento global

CALENTAMIENTO GLOBAL			
	CO 2	N 2 O	CH4
LIVIANOS	827,81	0,00	3,42
MOTOS	34,67	0,00	2,33
PESADOS	878,92	0,03	0,00
Total [ton]	1741,39	0,03	5,75

Fuente: Autora (2025)

Emisiones anuales.

Tabla 11. Resultados emisiones anuales por flota correspondiente a contaminantes criterio

CONTAMINANTES CRITERIOS			
	CO	VOC	VOC evap
LIVIANOS	117521,17	6343,26	638,57
MOTOS	16477,38	3986,80	210,21
PESADOS	4289,54	679,08	0,00
Total [ton]	138288,09	11009,14	848,77
	NO x	SO x	PM
LIVIANOS	4707,95	6,69	86,94
MOTOS	50,28	0,30	120,00
PESADOS	3823,52	20,72	120,00
Total [ton]	8581,74	27,72	326,93

Fuente: Autora (2025)

Tabla 12. Resultados emisiones anuales por flota correspondiente a contaminantes tóxicos

TOXICOS			
	1,3 butadieno	Acetaldehido	Formoldehido
LIVIANOS	9,10	20,55	52,97
MOTOS	9,06	50,60	202,39
PESADOS	4,97	23,45	63,66
Total [ton]	23,13	94,59	319,02
	NH3	Benceno	-----
LIVIANOS	234,76	110,94	-----
MOTOS	69,18	29,54	-----
PESADOS	12,13	7,13	-----
Total [ton]	316,07	147,61	-----

Fuente: Autora (2025)

Tabla 13. Resultados emisiones anuales por flota correspondiente a contaminantes calentamiento global

CALENTAMIENTO GLOBAL			
	CO2	N2O	CH4
LIVIANOS	302149,27	1,03	1246,88
MOTOS	12654,15	0,01	850,80
PESADOS	320804,61	9,94	0,00
Total [ton]	635608,03	10,99	2097,68

Fuente: Autora (2025)

Estimación Factor de emisión [g/km]

En la Tabla 14 se presenta los factores de emisión estimados determinados en función a la simulación realizada, para su obtención, se realizó la sumatoria de las emisiones totales generadas por cada flota vehicular y se calculó el cociente respecto al kilometraje correspondiente.

Tabla 14. Factor de emisión anual estimado

CONTAMINANTES CRITERIOS			
	CO	VOC	VOC evap
FE_Estimado [g/km]	82,06	6,53	0,50
	NO x	SO x	PM
FE_Estimado [g/km]	5,09	0,02	0,19
TÓXICOS			
	1,3 Butadieno	Acetaldehido	Formoldehido
FE_Estimado [g/km]	13,72	56,13	189,31
	NH3	Benceno	-----
FE_Estimado [g/km]	187,56	87,59	-----
CALENTAMIENTO GLOBAL			
	CO 2	N 2 O	CH4
FE_Estimado [g/km]	377,19	6,52	1244,82

Además, en la Tabla 15 se presenta el factor de emisión correspondiente a la flota de vehículos livianos, desglosado según la tecnología que la conforma.

Tabla 15. FE estimado desglosado por tecnologías correspondientes a Flota_Livianos

FLOTA LIVIANOS			
TECNOLOGIA	FE_ESTIMADO_CO [g/km]	FE_ESTIMADO_VOC [g/km]	FE_ESTIMADO_VOC_evap [g/km]
2 Pt: Auto/SmTk : Lt : Carb : None : PCV : >161K km	160,81	6,41	0,00
46 Pt: Auto/SmTk : Lt : SgPt FI : none : PCV : 80-161K km	95,78	5,27	0,00
64 Pt: Auto/SmTk : Lt : SgPt FI : 2Wy : PCV : 80-161K km	35,44	0,65	0,00
104 Pt: Auto/SmTk : Med : MPFI: none : PCV : >161K km	130,87	7,26	0,00
110 Pt: Auto/SmTk : Lt : MPFI: none/EGR : PCV : >161K km	130,65	7,24	0,00
113 Pt: Auto/SmTk : Med : MPFI: none/EGR : PCV : >161K km	130,87	7,26	0,00
209 Pt: Auto/SmTk : Lt : MPFI: Hybrid : PCV/Tank : >161K km	43,53	0,24	0,00
740 Ds: Auto/SmTk : Lt : Pre-Inj : None : >161K km	6,26	2,19	0,00
751 Ds: Auto/SmTk : Med : Pre-Inj : Improved : None : 80-161K km	1,52	0,58	0,00
758 Ds: Auto/SmTk : Lt : Dir-Inj : EGR+Improv : None : >161K km	1,64	0,73	0,00
761 Ds: Auto/SmTk : Med : Dir-Inj : EGR+Improv : None : >161K km	1,44	0,65	0,00
TECNOLOGIA	FE_ESTIMADO_NOx [g/km]	FE_ESTIMADO_Sox [g/km]	FE_ESTIMADO_Pm [g/km]
2 Pt: Auto/SmTk : Lt : Carb : None : PCV : >161K km	5,48	0,01	0,02
46 Pt: Auto/SmTk : Lt : SgPt FI : none : PCV : 80-161K km	5,49	0,01	0,01
64 Pt: Auto/SmTk : Lt : SgPt FI : 2Wy : PCV : 80-161K km	4,85	0,01	0,01
104 Pt: Auto/SmTk : Med : MPFI: none : PCV : >161K km	5,64	0,01	0,03
110 Pt: Auto/SmTk : Lt : MPFI: none/EGR : PCV : >161K km	4,74	0,01	0,02
113 Pt: Auto/SmTk : Med : MPFI: none/EGR : PCV : >161K km	4,83	0,01	0,03
209 Pt: Auto/SmTk : Lt : MPFI: Hybrid : PCV/Tank : >161K km	0,90	0,01	0,02
740 Ds: Auto/SmTk : Lt : Pre-Inj : None : >161K km	2,35	0,00	0,81
751 Ds: Auto/SmTk : Med : Pre-Inj : Improved : None : 80-161K km	1,61	0,00	0,42
758 Ds: Auto/SmTk : Lt : Dir-Inj : EGR+Improv : None : >161K km	1,69	0,00	0,82
761 Ds: Auto/SmTk : Med : Dir-Inj : EGR+Improv : None : >161K km	1,49	0,00	0,99
TECNOLOGIA	FE_ESTIMADO_DO_1,3 Butadiene	FE_ESTIMADO_DO_Acetalde hidos	FE_ESTIMADO_DO_Formald ehydés

2 Pt: Auto/SmTk : Lt : Carb : None : PCV : >161K km	0,01	0,02	0,06
46 Pt: Auto/SmTk : Lt : SgPt FI : none : PCV : 80-161K km	0,00	0,00	0,01
64 Pt: Auto/SmTk : Lt : SgPt FI : 2Wy : PCV : 80-161K km	0,00	0,00	0,01
104 Pt: Auto/SmTk : Med : MPFI: none : PCV : >161K km	0,02	0,03	0,08
110 Pt: Auto/SmTk : Lt : MPFI: none/EGR : PCV : >161K km	0,01	0,03	0,07
113 Pt: Auto/SmTk : Med : MPFI: none/EGR : PCV : >161K km	0,02	0,03	0,08
209 Pt: Auto/SmTk : Lt : MPFI: Hybrid : PCV/Tank : >161K km	0,01	0,03	0,09
740 Ds: Auto/SmTk : Lt : Pre-Inj : None : >161K km	0,00	0,01	0,02
751 Ds: Auto/SmTk : Med : Pre-Inj : Improved : None : 80-161K km	0,00	0,00	0,01
758 Ds: Auto/SmTk : Lt : Dir-Inj : EGR+Improv : None : >161K km	0,00	0,01	0,02
761 Ds: Auto/SmTk : Med : Dir-Inj : EGR+Improv : None : >161K km	0,01	0,01	0,03
TECNOLOGIA	FE_ESTIMADO_NH3 [g/km]	FE_ESTIMADO_Benzene [g/km]	FE_ESTIMADO_CO2 [g/km]
2 Pt: Auto/SmTk : Lt : Carb : None : PCV : >161K km	0,11	0,11	431,65
46 Pt: Auto/SmTk : Lt : SgPt FI : none : PCV : 80-161K km	0,28	0,09	329,32
64 Pt: Auto/SmTk : Lt : SgPt FI : 2Wy : PCV : 80-161K km	0,25	0,01	430,97
104 Pt: Auto/SmTk : Med : MPFI: none : PCV : >161K km	0,28	0,13	375,94
110 Pt: Auto/SmTk : Lt : MPFI: none/EGR : PCV : >161K km	0,28	0,13	267,26
113 Pt: Auto/SmTk : Med : MPFI: none/EGR : PCV : >161K km	0,28	0,13	375,94
209 Pt: Auto/SmTk : Lt : MPFI: Hybrid : PCV/Tank : >161K km	0,25	0,00	317,71
740 Ds: Auto/SmTk : Lt : Pre-Inj : None : >161K km	0,01	0,05	304,40
751 Ds: Auto/SmTk : Med : Pre-Inj : Improved : None : 80-161K km	0,01	0,01	381,62
758 Ds: Auto/SmTk : Lt : Dir-Inj : EGR+Improv : None : >161K km	0,01	0,02	222,45
761 Ds: Auto/SmTk : Med : Dir-Inj : EGR+Improv : None : >161K km	0,00	0,01	344,00
TECNOLOGIA	FE_ESTIMADO_NO [g/km]	FE_ESTIMADO_CH4 [g/km]	
2 Pt: Auto/SmTk : Lt : Carb : None : PCV : >161K km	0,00	1,32	
46 Pt: Auto/SmTk : Lt : SgPt FI : none : PCV : 80-161K km	0,00	1,07	
64 Pt: Auto/SmTk : Lt : SgPt FI : 2Wy : PCV : 80-161K km	0,01	0,18	
104 Pt: Auto/SmTk : Med : MPFI: none : PCV : >161K km	0,00	1,46	
110 Pt: Auto/SmTk : Lt : MPFI: none/EGR : PCV : >161K km	0,00	1,46	
113 Pt: Auto/SmTk : Med : MPFI: none/EGR : PCV : >161K km	0,00	1,46	
209 Pt: Auto/SmTk : Lt : MPFI: Hybrid : PCV/Tank : >161K km	0,01	0,05	
740 Ds: Auto/SmTk : Lt : Pre-Inj : None : >161K km	0,00	0,00	
751 Ds: Auto/SmTk : Med : Pre-Inj : Improved : None : 80-161K km	0,00	0,00	
758 Ds: Auto/SmTk : Lt : Dir-Inj : EGR+Improv : None : >161K km	0,00	0,00	
761 Ds: Auto/SmTk : Med : Dir-Inj : EGR+Improv : None : >161K km	0,00	0,00	

Fuente: Autora (2025)

De igual manera en las Tablas 16 y 17 correspondientemente, se presenta el factor de emisión correspondiente a la flota de motos y vehículos pesados, desglosados según la tecnología que las conforman.

Tabla 16. FE estimado desglosado por tecnologías correspondientes a Flota_motos

FLOTA_MOTOS			
TECNOLOGIA	FE_ESTIMAD O_CO [g/km]	FE_ESTIMAD O_VOC [g/km]	FE_ESTIMAD O_VOC evap [g/km]
1181 Pt: SmlEng : Lt : 2Cyc : Improved : None: >50K km	160,8054	6,4112	0,0008
1226 Pt: SmlEng : Lt : 4Cyc Carb : High Tech : None: >50K km	95,7820	5,2748	0,0002
TECNOLOGIA	FE_ESTIMAD DO_NOx	FE_ESTIMAD DO_SOx	FE_ESTIMAD DO_PM
1181 Pt: SmlEng : Lt : 2Cyc : Improved : None: >50K km	0,4311	0,0049	2,0284
1226 Pt: SmlEng : Lt : 4Cyc Carb : High Tech : None: >50K km	0,1771	0,0003	0,1037
TECNOLOGIA	FE_ESTIMAD O_1,3 Butadiene	FE_ESTIMAD O_Acetaldehyd es	FE_ESTIMAD O_Formaldeh des
1181 Pt: SmlEng : Lt : 2Cyc : Improved : None: >50K km	0,1196	0,7754	3,1015
1226 Pt: SmlEng : Lt : 4Cyc Carb : High Tech : None: >50K km	0,0186	0,0692	0,2769
TECNOLOGIA	FE_ESTIMAD O_NH3	FE_ESTIMAD O_Benzene	FE_ESTIMAD O_CO2
1181 Pt: SmlEng : Lt : 2Cyc : Improved : None: >50K km	1,1900	0,5022	174,996 0
1226 Pt: SmlEng : Lt : 4Cyc Carb : High Tech : None: >50K km	0,0532	0,0246	23,3515
TECNOLOGIA	FE_ESTIMAD O_N2O	FE_ESTIMAD O_CH4	
1181 Pt: SmlEng : Lt : 2Cyc : Improved : None: >50K km	0,0002	15,3088	
1226 Pt: SmlEng : Lt : 4Cyc Carb : High Tech : None: >50K km	0,0000	0,4395	

Fuente: Autora (2025)

Tabla 17. FE estimado desglosado por tecnologías correspondientes a Flota_pesados

FLOTA_PESADOS			
TECNOLOGIA	FE_ESTIM ADO_CO	FE_ESTIM ADO_VOC	FE_ESTIM ADO_VOC evap
1079 Ds: Tk/Bus : Hv : Pre- Inj : None : None : >161K km	45,931	6,397	0,000
1082 Ds: Tk/Bus : Lt : Dir-Inj : Improved : None : >161K km	50,745	13,10 4	0,000
1085 Ds: Tk/Bus : Med : Dir- Inj : Improved : None : >161K km	5,175	0,977	0,000
1097 Ds: Tk/Bus : Hv : Dir- Inj : EGR+Improv : None : >161K km	0,406	0,057	0,000
1100 Ds: Tk/Bus : Lt : FI : Particulate : None : >161K km	2,484	0,541	0,000
TECNOLOGIA	FE_ESTIMAD O_NOx	FE_ESTIMAD O_SOx	FE_ESTIMAD O_PM
1079 Ds: Tk/Bus : Hv : Pre- Inj : None : None : >161K km	29,93	0,08	10,92
1082 Ds: Tk/Bus : Lt : Dir-Inj : Improved : None : >161K km	190,61	0,75	46,38
1085 Ds: Tk/Bus : Med : Dir- Inj : Improved : None : >161K km	17,19	0,05	2,74
1097 Ds: Tk/Bus : Hv : Dir- Inj : EGR+Improv : None : >161K km	0,42	0,00	0,43
1100 Ds: Tk/Bus : Lt : FI : Particulate : None : >161K km	3,04	0,04	1,89
TECNOLOGIA	FE_ESTIMAD O_1,3 Butadiene	FE_ESTIMAD O_Acetaldehyd es	FE_ESTIMAD O_Formaldeh des
1079 Ds: Tk/Bus : Hv : Pre- Inj : None : None : >161K km	0,03	0,12	0,33
1082 Ds: Tk/Bus : Lt : Dir-Inj : Improved : None : >161K km	0,16	0,76	2,06
1085 Ds: Tk/Bus : Med : Dir- Inj : Improved : None : >161K km	0,01	0,04	0,10
1097 Ds: Tk/Bus : Hv : Dir- Inj : EGR+Improv : None : >161K km	0,00	0,01	0,02
1100 Ds: Tk/Bus : Lt : FI : Particulate : None : >161K km	0,01	0,04	0,10
TECNOLOGIA	FE_ESTIM ADO_NH3	FE_ESTIM ADO_Benze ne	FE_ESTIM ADO_CO2
1079 Ds: Tk/Bus : Hv : Pre- Inj : None : None : >161K km	0,03	0,07	1204,03
1082 Ds: Tk/Bus : Lt : Dir-Inj : Improved : None : >161K km	0,53	0,14	11752,7 7
1085 Ds: Tk/Bus : Med : Dir- Inj : Improved : None : >161K km	0,03	0,01	787,36
1097 Ds: Tk/Bus : Hv : Dir- Inj : EGR+Improv : None : >161K km	0,00	0,00	58,61
1100 Ds: Tk/Bus : Lt : FI : Particulate : None : >161K km	0,03	0,01	577,84

TECNOLOGIA	FE_ESTIMAD O_N2O	FE_ESTIMAD O_CH4
1079 Ds: Tk/Bus : Hv : Pre-Inj : None : None : >161K km	0,01	0,00
1082 Ds: Tk/Bus : Lt : Dir-Inj : Improved : None : >161K km	0,04	0,00
1085 Ds: Tk/Bus : Med : Dir-Inj : Improved : None : >161K km	0,01	0,00
1097 Ds: Tk/Bus : Hv : Dir-Inj : EGR+Improv : None : >161K km	0,00	0,00
1100 Ds: Tk/Bus : Lt : FI : Particulate : None : >161K km	0,03	0,00

Fuente: Autora (2025)

V. Conclusiones

Con la finalización del presente se ha permitido, obtener las variables de entrada necesarias para la correcta aplicación del modelo IVE. Este proceso incluyó la recopilación de datos sobre la composición del parque vehicular, las tecnologías empleadas, los hábitos de conducción y las características geográficas de la localidad. La precisión en la recolección de estas variables es fundamental, ya que influye directamente en la fiabilidad de la estimación de emisiones.

Seguido, se determinaron los escenarios correspondientes de flota y de localidad, lo que facilitó la simulación de la emisión de contaminantes. Este análisis permitió identificar las particularidades del contexto urbano de Cuenca.

Finalmente, la ejecución del modelo IVE resultó en la obtención de datos cuantitativos sobre las emisiones de gases de efecto invernadero,

contaminantes criterio y contaminantes tóxicos. Los resultados revelaron cifras que subrayan la urgencia de implementar medidas de mitigación y control en el sector automotriz. Estos hallazgos no solo constituyen una base sólida para futuras investigaciones, sino que también proporcionan información valiosa para la toma de decisiones en la formulación de políticas públicas orientadas a mejorar la calidad del aire en Cuenca.

VI. Recomendaciones

Se recomienda la creación de ciclos de conducción adaptados a las características particulares de vehículos como motocicletas, vehículos recolectores de basura y de distribución de gas. Estos vehículos operan en entornos urbanos con recorridos cortos y paradas frecuentes, lo que requiere un enfoque específico en sus ciclos de operación para medir y regular las emisiones de manera más precisa.

VII. Bibliografía

- [1] EMPRESA DE MOVILIDAD DE CUENCA EMOV EP. (2021). "Informe de calidad del aire." Recuperado el 14 de Julio de 2023, de https://www.emov.gob.ec/wp-content/uploads/2022/02/CALIDAD_DEL_AIRE_2020_compressed.pdf. [Consultado: 03-jun-2024].
- [2] Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca- EMOV EP. (2014). "Inventario de Emisiones Atmosféricas del Cantón Cuenca 2014." Cuenca.
- [3] EPA. (2007). "EPA." Disponible en: https://espanol.epa.gov/sites/default/files/2020-05/documents/050720_cleanairact_un_resumen_de_la_ley_de_aire_limpio.pdf. [Consultado: 03-jun-2024].
- [4] Hugo Denier van der Gon, J. H. (2018). "Science Direct." Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811770-5.00005-4>. [Consultado: 03-jun-2024].
- [5] ICCT-EPA. (2018). "CUMBRE SUDAMERICANA SOBRE EL CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES 2018." Disponible en: https://theicct.org/sites/default/files/ICCT_SouthAmerSummit2018_rpt_ESP.pdf. [Consultado: 03-jun-2024].
- [6] Leonidas Ntziachristos, Z. S. (2007). "Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport."
- [7] Mario Patiño, A. P. (Marzo de 2022). "Scopus." Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157664>. [Consultado: 03-jun-2024].
- [8] Nicole Davis, J. L. (Febrero de 2005). "Sage Journals." Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0361198105193900118>. [Consultado: 03-jun-2024].
- [9] Organizacion Mundial de la Salud - OMS. (2022). "Organizacion Mundial de la Salud - OMS." Disponible en: <https://www.who.int/es/news/item/22-09-2021-new-who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution>. [Consultado: 03-jun-2024].
- [10] Pazmiño Barreto, P. d., Sánchez Ayala, M. A., & Ormaza Andrade, J. E. (2023). "El turismo como factor de desarrollo económico en la." *Conciencia digital*, 98-99. Disponible en: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v6i1.3.2525>. [Consultado: 03-jun-2024].
- [11] Posada, M. D. (2018). "Resumen cumbre sudamericana sobre el control de emisiones vejiculares 2018." Buenos Aires.
- [12] United States Environmental Protection Agency - EPA. (31 de Mayo

de 2023). "EPA - United States Environmental Protection Agency." Disponible en: https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-05/2023_NEI_Plan_draft_May2023.pdf. [Consultado: 03-jun-2024].