

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

*Trabajo de titulación previo
a la obtención del título de
Ingeniera Mecánica Automotriz*

PROYECTO TÉCNICO:

**“DESARROLLO DE UNA PROPUESTA METODOLÓGICA EN BASE A LAS
CARACTERÍSTICAS DEL PARQUE AUTOMOTOR Y LAS CONDICIONES
DE LA CIUDAD DE CUENCA PARA LA ESTIMACIÓN DEL INVENTARIO
DE EMISIONES DE FUENTES MÓVILES TERRESTRES”**

AUTORA:

DAMARY LIZZETE ORTIZ JARAMILLO

TUTOR:

ING. NÉSTOR DIEGO RIVERA CAMPOVERDE, M.Sc

CUENCA - ECUADOR

2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Damary Lizzete Ortiz Jaramillo con documento de identificación N° 1400762397, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del trabajo de titulación: **“DESARROLLO DE UNA PROPUESTA METODOLÓGICA EN BASE A LAS CARACTERÍSTICAS DEL PARQUE AUTOMOTOR Y LAS CONDICIONES DE LA CIUDAD DE CUENCA PARA LA ESTIMACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE FUENTES MÓVILES TERRESTRES”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniera Mecánica Automotriz*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, junio de 2021.



Damary Lizzete Ortiz Jaramillo

C.I. 1400762397

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“DESARROLLO DE UNA PROPUESTA METODOLÓGICA EN BASE A LAS CARACTERÍSTICAS DEL PARQUE AUTOMOTOR Y LAS CONDICIONES DE LA CIUDAD DE CUENCA PARA LA ESTIMACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE FUENTES MÓVILES TERRESTRES”**, realizado por Damary Lizzete Ortiz Jaramillo, obteniendo el *Proyecto Técnico*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, junio de 2021.



Ing. Néstor Diego Rivera Campoverde, MSc.

C.I. 1400762397

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Damary Lizzete Ortiz Jaramillo con documento de identificación N° 1400762397, autora del trabajo de titulación: **“DESARROLLO DE UNA PROPUESTA METODOLÓGICA EN BASE A LAS CARACTERÍSTICAS DEL PARQUE AUTOMOTOR Y LAS CONDICIONES DE LA CIUDAD DE CUENCA PARA LA ESTIMACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE FUENTES MÓVILES TERRESTRES”**, certifico que el total contenido del *Proyecto Técnico*, es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, junio de 2021.



Damary Lizzete Ortiz Jaramillo

C.I. 1400762397

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a mis padres Judith y Oswaldo, su apoyo, motivación y esfuerzo que han realizado durante toda su vida para que siga adelante y prospere en la vida y por saber comprender casi todas las transiciones que un joven pasa durante esta etapa.

A mis hermanos Paola, Gerónimo y Camila por llenar de felicidad mí día a día y a mis Tías: Elena, Estela, Diana y Melba por todo el cariño, hospitalidad y comida que me han brindado.

A mis amigos más cercanos: Anaís, Danilo, Carlos Eduardo y Henry porque el tiempo compartido con ellos siempre fue muy grato y acogedor.

A mi Tutor Néstor Rivera por todo el apoyo, paciencia y sabiduría que me ha brindado.

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a:

Mis padres porque siempre han sido un ejemplo de trabajo y sacrificio, amor, humildad y honestidad, mi admiración a ellos, es infinita.

RESUMEN

El modelo utilizado para estimar las emisiones provenientes del tráfico Vehicular de la ciudad de Cuenca, fue diseñado principalmente para estimar los inventarios de emisiones de la Unión Europea, por lo tanto el grado de incertidumbre presente en los resultados se consideran de medianamente a poco fiables, lo que indica que es necesario mejorar la estimación del factor de emisión que se encuentra sujeto bajo la influencia de múltiples factores como: características meteorológicas, patrones de conducción, edad del parque automotor, tipo de combustible, etc., los cuales cambian considerablemente respecto a su localidad. Mediante esta investigación se analiza la metodología utilizada en el inventario de emisiones de la ciudad de Cuenca para determinar las causas que interfieren en la obtención de resultados confiables y las diferencias entre la ciudad de estudio y las localidades para las cuales el modelo fue diseñado, además se analizan diversos modelos internacionales para establecer los parámetros principales que se deben considerar en la estimación del factor de emisión lo cual involucra una nueva categorización Vehicular basada en las características del parque automotor de la ciudad ya que la clasificación actual restringe información relevante como tipos de tecnología de post tratamiento de gases, características del sistema de alimentación, etc. Concluyendo con alternativas que permiten mejorar la metodología de estimación de las emisiones del parque automotor.

ABSTRACT

The model used to estimate the emissions from Vehicular traffic in the city of Cuenca, was designed primarily to estimate the emissions inventories of the European Union, therefore the level of uncertainty present in the results was considered moderately unreliable, which indicates that it is necessary to improve the factorization of the emission factor that is subject to the influence of multiple factors such as: meteorological characteristics, driving patterns, age of the car park, type of fuel, etc. location. This research will analyze the methodology used in the emissions inventory of the city of Cuenca to determine the causes that interfere in obtaining reliable results and the differences between the city of study and the locations for which the model was designed, in addition various international models are analyzed to establish the main parameters that should be considered in the emission factor specification which involves a new vehicle categorization based on the characteristics of the city's car fleet and the current classification restricting relevant information such as types of technology post-treatment of gases, characteristics of the feeding system, etc. Concluding with alternatives that allow to improve the methodology of modifications of the emissions of the automotive fleet.

INDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
2	PROBLEMA	3
3	OBJETIVOS	4
3.1.	OBJETIVOS GENERALES	4
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
4	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	5
4.1.	Combustión.....	5
4.3.	Emisiones provenientes del tráfico Vehicular	5
4.4.	Conceptos importantes del inventario de emisiones.....	7
4.5.	Influencia de parámetros meteorológicos en la eficiencia del motor de combustión interna.	11
5	ESTADO DEL ARTE	14
6	MARCO METODOLÓGICO	16
6.1.	Fase 1: Análisis de la metodología utilizada en el inventario de emisiones del cantón de Cuenca.....	16
6.1.1.	Características generales del modelo del inventario de emisiones de Cuenca.	16
6.1.2.	Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero	17
6.1.3.	MetodologíaEMEP/CORINAIR (COPERT).....	22

6.1.4. Metodología del inventario de emisiones Atmosféricas de Cuenca para el tráfico Vehicular.	26
6.1.5. Características geográficas y meteorológicas de la ciudad de Cuenca.	29
6.1.6. Características del combustible	33
6.1.7. Características generales de la flota Vehicular de la ciudad de Cuenca	34
6.1.8. Características de la actividad Vehicular en Cuenca	36
6.2. Fase 2: Variables necesarias para estimar las emisiones consideradas en el inventario mediante modelos de emisión internacionales.	37
6.2.1. Modelo de emisiones Mobile.....	37
6.2.2. Modelo de emisiones MOVES	38
6.2.3. Modelo de emisiones COPERT.....	38
6.2.4. Modelo de emisiones IVE.....	44
6.3. Fase 3: Caracterización de la flota Vehicular de la ciudad de Cuenca en función de las características del parque automotor.....	48
6.3.1. Caracterización de la flota Vehicular de Cuenca según el inventario de emisiones 2014.	48
6.3.2. Caracterización de la flota Vehicular de Cuenca en base a la clasificación del modelo IVE.....	53
6.3.3. Caracterización de la flota Vehicular de Cuenca en base a la clasificación del modelo COPERT	55
6.3.4. Datos de entrada correspondientes a la ciudad de Cuenca para estimar las emisiones mediante el modelo COPERT.	60

6.3.5.	Datos correspondientes a la ciudad de Cuenca para estimar las emisiones mediante el modelo IVE.	69
6.3.6.	Resultados de la estimación de emisiones mediante el modelo COPERT e IVE	70
6.4.	Fase 4: Alternativas para mejorar la estimación del inventario de emisiones.	74
6.4.1.	Comparación entre el modelo COPERT e IVE	74
6.4.2.	Consideraciones a tomar en cuenta en la selección del modelo.	76
6.4.3.	Modelo de emisión recomendado	78
6.4.4.	Metodología Propuesta para la estimación del inventario de emisiones del parque automotor de la ciudad de Cuenca.	81
7	CONCLUSIONES.....	84
8	REFERENCIAS	86
9	ANEXOS.....	90

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Composición de los gases de escape de Vehículos a Gasolina.....	6
Figura 2. Composición de los gases de escape de Vehículos Diésel.....	6
Figura 3. Concentración de Gases en función del AFR o factor lambda.	12
Figura 4. Representación porcentual y clases de incertidumbre en la estimación de emisiones del tráfico Vehicular de la ciudad de Cuenca.	29
Figura 5. Humedad Relativa del mes de Enero	30
Figura 6. Humedad Relativa del Mes de Agosto.....	31
Figura 7. Humedad Relativa del Mes de Septiembre	31
Figura 8. Humedad Relativa del mes de Noviembre.....	32
Figura 9. Cantidad de vehículos vendidos por origen por año periodo (2001-2017).....	34
Figura 10. Cantidad porcentual de vehículos vendidos por país de origen en el año 2017	35
Figura 11. Entrada de datos para características de combustible	61
Figura 12. Ingreso de consumo de combustible. COPERT.....	63
Figura 13. Histograma de frecuencias de actividad Vehicular para la categoría de vehículos de la ciudad de Cuenca.....	64
Figura 14. . Histograma de frecuencias de actividad Vehicular para la categoría de camionetas de la ciudad de Cuenca	65
Figura 15. Histograma de frecuencias de actividad Vehicular para la categoría de furgonetas de la ciudad de Cuenca	65
Figura 16. Contaminantes criterio para la categoría automóviles a gasolina. IVE	70
Figura 17. Contaminantes de efecto invernadero para la categoría automóviles a gasolina. Modelo IVE.....	70
Figura 18. Ejemplo de registro de vehículos matriculados	82

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de evaluación de la incertidumbre	10
Tabla 2. Contaminantes que se estiman en el inventario de emisiones de la ciudad de Cuenca	16
Tabla 3. Clasificación Vehicular del transporte terrestre según las directrices IPCC....	18
Tabla 4. Rango de velocidades típicas para los modos de conducción considerados en COPERT.....	25
Tabla 5. Desviación Estándar de la humedad relativa.....	33
Tabla 6. Características de los combustibles comercializados en Ecuador.....	34
Tabla 7. Ventas de vehículos por país de Origen	35
Tabla 8. Marcas representativas del parque automotor de Cuenca para vehículos de categorías M1	36
Tabla 9. Países para los que se desarrolló el modelo COPERT	39
Tabla 10 . Contaminantes que el modelo COPERT III cubre. Grupo 1	39
Tabla 11. Contaminantes que el modelo COPERT III cubre. Grupo 2.....	40
Tabla 12. Insumos mínimos necesarios para estimar el factor de emisión (FE) mediante el modelo COPERT.....	41
Tabla 13. Insumos complementarios a los datos mínimos de entrada.	42
Tabla 14. Insumos requeridos para estimar las emisiones de la categoría de vehículos pesados	42
Tabla 15. Insumos necesarios según la fuente de emisión del vehículo	43
Tabla 16. Contaminantes estimados mediante el modelo IVE.....	45
Tabla 17. Insumos necesarios que requiere el modelo IVE	45
Tabla 18. Clasificación Vehicular inventario de emisiones Cuenca	48

Tabla 19. Conformación del parque automotor de la ciudad de Cuenca. Vehículos a Gasolina.....	49
Tabla 20. Conformación del parque automotor de la ciudad de Cuenca. Vehículos a Diésel.....	50
Tabla 21. Resumen de la conformación del parque automotor de la ciudad de Cuenca. Gasolina.....	51
Tabla 22. . Resumen de la conformación del parque automotor de la ciudad de Cuenca. Diésel.....	51
Tabla 23. Distribución Vehicularpor sistema de alimentación en función del año.....	52
Tabla 24.Criterios para clasificación Vehicularsegún el modelo IVE	53
Tabla 25. Configuración Vehicular de Cuenca para la categoría automóviles para el ingreso de datos al modelo IVE.....	54
Tabla 26. Configuración Vehicular de Cuenca para Camionetas para el ingreso de datos al modelo IVE.....	55
Tabla 27. Configuración Vehicular de Cuenca para Furgonetas para el ingreso de datos al modelo IVE	55
Tabla 28. Clasificación Vehicularbásica del modelo COPERT.....	56
Tabla 29. Subcategorías de la clasificación Vehicularprincipal.....	56
Tabla 30. Configuración Vehicular de Cuenca para la categoría automóviles para el ingreso de datos al modelo COPERT	58
Tabla 31. Configuración Vehicular de Cuenca de la categoría camionetas para el ingreso de datos al modelo COPERT.....	59
Tabla 32. Configuración Vehicular de la categoría de Furgonetas de Cuenca para el ingreso de datos al modelo COPERT	59
Tabla 33. Características meteorológicas de la ciudad de Cuenca 2017	60

Tabla 34. Características del combustible asignadas por el programa y características reales del combustible utilizado en Cuenca.....	62
Tabla 35. Combustible Vendido en el cantón Cuenca en el año 2014	62
Tabla 36. Combustible Vendido en el cantón Cuenca en el año 2014 para la categoría de automóviles a gasolina.	62
Tabla 37. Indicador de Kilómetros recorridos en la ciudad de Cuenca.....	63
Tabla 38. Indicador de vida útil de los vehículos de la ciudad de Cuenca	66
Tabla 39. Datos de actividad Vehicular	66
Tabla 40. Parámetros característicos del ciclo de conducción de Cuenca.....	67
Tabla 41. Ciclo de conducción Autopista Cuenca- Azogues	68
Tabla 42. Datos de circulación de ingreso al modelo COPERT.	68
Tabla 43. Características del viaje asignadas por COPERT y características reales para la ciudad de Cuenca.....	69
Tabla 44. Datos Meteorológicos de Cuenca al modelo IVE	69
Tabla 45. Datos de entrada de combustible al modelo IVE	69
Tabla 46. Datos de entrada de las características de conducción al modelo IVE.....	70
Tabla 47. Resultados de la estimación del parque automotor de la ciudad de Cuenca correspondiente a la categoría automóviles a gasolina mediante los modelo COPERT e IVE	71
Tabla 48. Resultados de la estimación del parque automotor de la ciudad de Cuenca correspondiente a la categoría Camionetas y furgonetas a gasolina mediante los modelos COPERT e IVE.	71
Tabla 49. Diferencia porcentual entre modelos de emisión. Categoría Automóviles.	72
Tabla 50. Diferencia porcentual entre modelos de emisión. Categoría Camionetas y Furgonetas	72

Tabla 51. Comparación descriptiva entre los modelos de emisión COPERT e IVE.....	75
Tabla 52. Descripción de la calificación.	79
Tabla 53. Matriz de ponderaciones para el modelo IVE	80
Tabla 54. Matriz de ponderaciones para el modelo COPERT	80
Tabla 55. Descripción de los medios de información y obtención de datos de los insumos necesarios para la aplicación de IVE	81

INDICE DE ANEXOS

Tabla A 1. Valores diarios de humedad relativa por mes.....	90
Tabla A 2. Contenido de azufre de los combustibles comerciales de las estaciones de servicio de Cuenca.....	91
Tabla A 3. Datos recolectados de las rutas establecidas para la determinación del patrón de conducción.....	92
Tabla A 4.Resultados del análisis de ponderaciones para las rutas del casco urbano....	93

1 INTRODUCCIÓN

La presencia de vehículos a gran escala causa la emanación de grandes magnitudes de gases, por eso es relevante tomar medidas que permitan mantener los valores de las emisiones dentro un límite tolerable, que depende de la normativa en vigencia de cada país. En Ecuador en el de Medio Ambiente (TULSMA) se establecen leyes, normas de Calidad y reglamentos para regular la contaminación ambiental y contribuir a la tipo efecto invernadero priorizando los sectores con mayor cantidad de emisión. Para tener conocimiento sobre los principales sectores contaminantes es necesario iniciar con el levantamiento de información que permita la medición y evaluación del grado de contaminación de la fuente, notificándose en informes correspondientes a de seguimiento ambiental como monitoreo de emisiones a la atmósfera.

Es indispensable obtener datos y resultados lo más aproximados a la realidad dando una visión clara del estado en el que se encuentra el entorno ambiental de la ciudad de manera que se diseñen estrategias de control & planificación del transporte correctas.

En el cantón Cuenca el monitoreo de emisiones a la atmósfera se realiza desde el 2007, en el que se presentan los resultados de la emisión de contaminantes criterio definidos por la Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire a través del informe “Inventario de Emisiones”. Según este informe con año base 2014, el parque automotor de la ciudad de Cuenca es el responsable principal de la emisiones totales de contaminantes criterio, esta estimación se fundamenta en la metodología EMEP CORINAIR, que fue realizada para estimar inventarios de emisiones de países miembros de la Unión Europea, empleando factores de emisión que fueron estructurados específicamente para sus localidades, como el factor de emisión de diversos factores de la localidad de análisis, la estimación mediante esta metodología genera resultados no totalmente confiables.

Con el desarrollo de este proyecto se reducirán los grados de incertidumbre de los parámetros de emisión obtenidos en los informes de Calidad del aire y del inventario de emisiones del Cantón de Cuenca, ofreciendo una mejor estimación ya que la metodología propuesta irá de acuerdo a la características de esta ciudad, utilizando para ello una metodología personalizada de los factores de emisión en función de la heterogeneidad del parque automotor, estilos de conducción, topografía, posición geográfica y otros indicadores que permitirán obtener la información suficiente para plantear alternativas que mejoren el modelo de estimación, ya que el uso de un modelo de emisiones Vehiculares alimentado con datos pertenecientes al cantón Cuenca, facilitará el desarrollo de políticas ambientales que puedan reducir el impacto potencial de la contaminación generada por este tipo de fuente.

2 PROBLEMA

Según el inventario de emisiones de la ciudad de Cuenca 2014, el clase de incertidumbre que presentan los resultados en la estimación de las emisiones del tráfico Vehicular, corresponden a las categorías C y D, las cuales describen la fiabilidad de los resultados de la siguiente manera, la categoría C define que es una estimación medianamente fiable e indica que se podría mejorar; en tanto que la categoría D describe que la estimación es poco fiable y se recomienda mejorarla; esto es debido a que el modelo utilizado para estimar la contaminación ambiental generada por los vehículos no se apega a la realidad de la ciudad, ya que la metodología utilizada se basa en la guía para inventario de emisiones europea EMEP CORINAIR, que fue diseñado específicamente para estimar emisiones de vehículos fabricados de acuerdo con la legislación europea, asumiendo patrones de conducción, tecnología y estándares de emisión vigentes en la Unión Europea, considerando factores de emisión del modelo internacional MOBILE, el cual es fiel a las características de la flota Vehicular de los Estados Unidos. (Aguilar, 2007).

3 OBJETIVOS

3.1. Objetivo General:

- Desarrollar una propuesta metodológica en base a las características del parque automotor y las condiciones de la ciudad de Cuenca para la estimación del inventario de emisiones de fuentes móviles terrestres.

3.2. Objetivos específicos:

- Analizar mediante el estudio del modelo de emisión vigente, la metodología utilizada en el inventario de emisiones del cantón de Cuenca.
- Determinar mediante el estudio de modelos de emisión, los parámetros principales en el cálculo del inventario de emisiones.
- Categorizar la flota Vehicular en base a las características principales del parque automotor actual y del entorno.
- Proponer alternativas de estimación del inventario de emisiones mediante el estudio de la flota Vehicular y las condiciones de la ciudad.

4 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

4.1. Combustión

Proceso rápido de oxidación, provocado por una combinación del oxígeno con aquellas sustancias capaces de oxidarse, dando como resultado la generación de gases, partículas luz y calor.

4.2. Gases de escape

Son los gases resultantes de la combustión del motor que se emiten a través del tubo de escape, estos gases no vuelven a participar en el proceso de combustión porque después de este proceso se consideran como gases inertes.

4.3. Emisiones provenientes del tráfico Vehicular

Todo proceso de combustión genera emisiones, y en el caso del motor de ciclo Otto estas emisiones dependen de la eficiencia de la combustión, si este proceso es completamente eficiente, es decir, que todo el combustible presente en la mezcla que se inserta dentro de los cilindros del motor durante la fase de compresión, se quema totalmente por la acción de una chispa generada por la bujía, los gases resultantes serán Nitrógeno (N_2), Agua (H_2O) y dióxido de Carbono (CO_2), los cuales pueden ser sintetizados fácilmente por el medio ambiente.

Para que la combustión sea eficiente las condiciones necesarias para que se realice este proceso deben ser totalmente óptimas, y lograr que factores naturales que intervienen en la combustión sean los adecuados no es posible, por lo cual, se provocan ineficiencias en el proceso de combustión, las cuales producen gases perjudiciales para la salud y altamente contaminantes para el medio ambiente, los gases resultantes de una combustión incompleta son: Nitrógeno (N_2), Agua (H_2O) y dióxido de Carbono

(CO_2) más Monóxido de Carbono (CO), Óxido Nitroso (NO_x) e Hidrocarburos (HC) y otros gases como se indica en la figura 1.

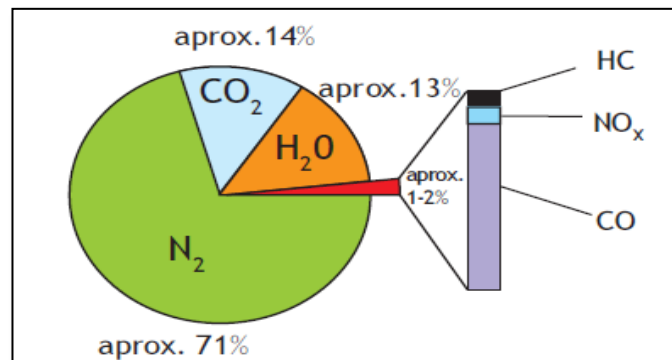


Figura 1. Composición de los gases de escape de Vehículos a Gasolina

Fuente: (Sánchez, 2011)

Para el trancé del motor Diésel, la combustión resulta de la acción del autoencendido del carburante generado por las condiciones de temperatura y presión producidas durante la fase de compresión.

Los gases resultantes de esta reacción serán: nitrógeno (N_2), dióxido de carbono (CO_2), agua (H_2O) y oxígeno (O_2), si la combustión es completamente eficiente, pero al igual que el motor de ciclo Otto, la combustión no es perfecta, causando la formación de otros gases como: Dióxido de azufre (SO_2), material articulado (PM) también conocido como hollín, Hidrocarburos (HC), Óxido nitroso (NO_x) y monóxido de carbono (CO).

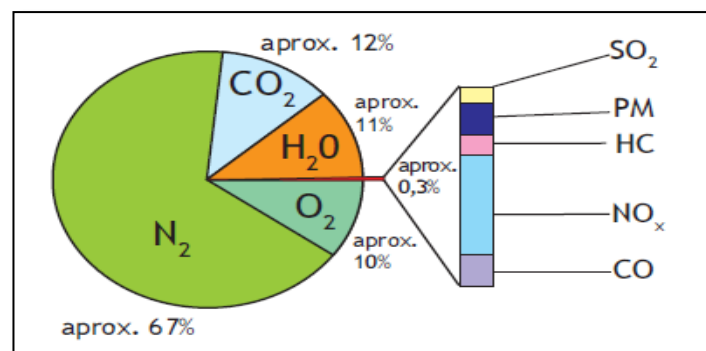


Figura 2. Composición de los gases de escape de Vehículos Diésel.

Fuente: (Sánchez, 2011)

4.4. Conceptos importantes del inventario de emisiones

- Red de Monitoreo:

Conjunto articulado de equipos e instrumentos destinados a la medición de la concentración de contaminantes (Ministerio del Ambiente, 2010)

- Emisión:

Es la descarga directa de sustancias a la atmósfera de gases o partículas por una chimenea, ducto o punto de descarga.

- Factor de emisión

Un factor de emisión es una relación entre la cantidad de un contaminante emitido a la atmósfera en una unidad de tiempo o actividad. Expresado comúnmente como el peso del contaminante dividido para las unidades de producción, volumen, distancia o duración de la actividad asociada.

- Actividad

Es la acción mediante la cual se lleva a cabo el proceso de generación de emisiones contaminantes a la atmósfera, depende del tipo de fuente. En caso del parque automotor la actividad es representada por la distancia recorrida cuya unidad de medida es [Km].

- Contaminantes criterio

Según la normativa ecuatoriana del ambiente se consideran como contaminantes criterio del ambiente los siguientes elementos:

- Material articulado menor a 10 micrones.
- Material articulado menor a 2,5 micrones.- Material sólido o líquido en forma de partículas con facilidad de precipitación.

- Dióxido de Nitrógeno (N02).- Gas altamente tóxico de color pardo rojizo formado por el proceso de combustión de los vehículos.
- Dióxido de azufre (S02)
- Monóxido de Carbono (CO).
- Ozono (O3).- Es un componente natural en la estratósfera, pero altos niveles de concentración a nivel superficial de la atmósfera se considera un contaminante que provoca efecto nocivos en la salud.

- Inventario de emisiones

Se utilizan con el principal objetivo de conocer, vigilar y comprobar el cumplimiento de políticas ambientales como normativas nacionales, convenios o protocolos internacionales como el Protocolo de Kioto.

- Año Base

Es el año de referencia que corresponde al momento en el que se recogen las muestras y datos de las condiciones del entorno o área de estudio.

- Método básico de estimación de emisiones

El modelo básico de estimación de emisiones Atmosféricas desde se basa en el producto de una actividad por un valor promedio de la ración de sustancia contaminante relacionada con la actividad asociada que la genera denominada como Factor de Emisión, por lo tanto el método básico se representa por la fórmula (1) (Ministerio del Ambiente de la República del Ecuador, 2014)

$$E_{i,j} = A_{i,j} * FE_{i,j} \quad (1)$$

Donde:

$E_{i,j}$: Emisión atmosférica

$A_{i,j}$: Actividad

$FE_{i,j}$: Factor de emisión

- Incertidumbre

Es un indicador que permite caracterizar la variabilidad y confiabilidad de los resultados causados por la dispersión de datos, provenientes de la falta de precisión en las medidas, las omisiones y simplificaciones de cálculos.

La incertidumbre presente en los resultados de las emisiones del inventario se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$E_{Real} = E_{inventario} + \bigcup_{i=1}^N Ei \quad (2)$$

Donde:

E_{Real} : Emisión real

$E_{inventario}$: Emisión del inventario

U: Incertidumbre

Debido a que la E_{Real} no se puede conocer o estimar de manera exacta por la falta de datos representativos, la incertidumbre para el inventario de emisiones de la ciudad

de Cuenca, no puede definirse de manera cuantitativa, por lo tanto se recurre a que este indicador sea caracterizado de manera cualitativa, como aparece en la tabla 1.

Tabla 1. Matriz de evaluación de la incertidumbre

Fuente: (Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca de la EMOV EP, 2014)

Actividad	Factor de Emisión				
		B	C	D	E
A	A	A	B	C	C
B	A	B	B	C	D
C	B	B	C	C	D
D	C	C	C	D	D
E	C	D	D	D	E

- Categoría A: Calidad muy alta.
- Categoría B: Calidad alta.
- Categoría C: Calidad media
- Categoría D: Calidad baja.
- Categoría E. Calidad muy baja.

Para que el factor de emisión tenga una incertidumbre de categoría A, es indispensable una gran cantidad de mediciones de todas las posibles variables que influyen en su estimación.

La incertidumbre en la estimación del tráfico Vehicular del inventario de emisiones de Cuenca mayoritariamente describe que la estimación es medianamente fiable, debido a que tanto la actividad Vehicular y el factor de emisión se encuentran en niveles de incertidumbre C.

La incertidumbre aumenta cuando se carece de datos experimentales y específicos propios de la variable de estudio, a esto se aumenta la incertidumbre en la Calidad de los datos de muestreo y la omisión de factores influyentes en el comportamiento de la variable de estudio.

4.5. Influencia de parámetros meteorológicos en la eficiencia del motor de combustión interna.

El rendimiento del motor depende de múltiples factores que describen las características de los tres principales elementos que se necesitan para que exista combustión, que son: Oxígeno, Calor y Carburante.

El oxígeno ingresa previamente al colector de admisión en forma de aire y luego pasa al cilindro en conjunto con el combustible que se inyecta en función de la cantidad de la masa del aire entrante por sección transversal o caudal másico. La cantidad de aire mezclada con el combustible debe ser la adecuada para que todo el carburante se detone. A esta relación se le denomina relación estequiométrica que indica, la proporción ideal de aire/combustible.

Para vehículos a gasolina este valor suele ser de 14,7:1, que indica que se necesitan 14,7 gramos de aire para combustionar un gramo de combustible y para vehículos a diésel la relación es de 14,5:1. Por lo tanto, la eficiencia del proceso de combustión depende de la cantidad de la masa de aire que entra por el colector de admisión.

Cuando la mezcla contiene una masa de aire superior a la cantidad de la masa de aire necesaria para que la combustión sea estequiométrica, es decir $ma > 14,7$, se le atribuye el nombre de mezcla pobre o también se podría describir como la falta de carburante, y cuando la masa de aire es inferior, la mezcla se denomina como mezcla rica, cuya proporción de combustible es mayor a la del aire.

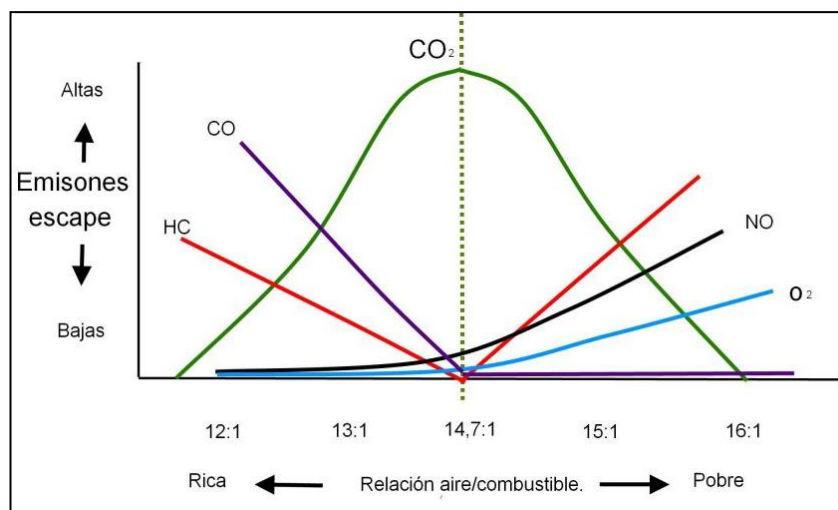


Figura 3. Concentración de Gases en función del AFR o factor lambda.

Fuente: (USEDMOTOPARTS, 2016)

El flujo másico depende de la densidad del aire de cada entorno o localidad y se encuentra sujeto a la influencia de condiciones Atmosféricas descritas por los siguientes parámetros: Temperatura ambiente, Humedad Relativa y Altitud.

- Humedad Relativa

la humedad relativa es la proporción de masa real de agua presente en el aire en forma de vapor, comparada con la cantidad de masa de agua máxima, que puede contener el aire, es decir cuando el aire se encuentra en estado de saturación a la temperatura correspondiente. (Martines, 2007)

De manera que 0% de humedad relativa muestra aire totalmente seco y el 100% indica que aire se encuentra saturado por la masa de agua en forma de vapor.

Por lo tanto, la aspiración de aire bajo condiciones de humedad relativa alta, condicionará el ingreso al colector de emisión y a los cilindros del motor una masa de aire relativamente baja.

- Altitud

La altitud sobre la clase del mar ejerce efectos atmosféricos en la concentración de oxígeno y la composición del mismo, disminuyendo la potencia indicada y por lo tanto la potencia efectiva desarrollada por un motor de aspiración natural. (Lapuerta, Armas, Agudelo, & Sánchez, 2006)

- Temperatura ambiente y Presión atmosférica

Además de que estas características influyen directamente en la humedad relativa, estas condiciones Atmosféricas también se ven involucradas en el proceso térmico del motor de combustión.

El proceso de combustión de motores alternativos con encendido provocado se asocia termodinámicamente al ciclo Otto. Por lo tanto las fases del proceso de combustión real de admisión, compresión y escape, se relacionan con las fases del proceso de combustión del ciclo termodinámico. (Cengel & Boles, 2009)

La potencia del ciclo Otto depende del trabajo realizado durante la fase de adición del calor a volumen constante o fase en la que se realiza la combustión, el trabajo durante esta fase aumenta si la temperatura máxima durante este proceso crece, el cual depende, de la temperatura y presión inicial del ciclo térmico, correspondientes a la temperatura ambiental y presión atmosférica tanto para los motores de Gasolina y Diésel.

5 ESTADO DEL ARTE

En el año 2007 la fundación Natura realiza el primer inventario de emisiones para la ciudad de Cuenca, para el cual se utilizaron factores de emisión propuestos por la agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), (EEA) y por el Panel Intergubernamental por el Cambio Climático (IPCC) ante la falta de factores de emisión nacionales o locales, causando que la precisión de datos y resultados del inventario presenten una incertidumbre de clase C y D, que corresponden a una estimación medianamente fiable y poco fiable. (Natura, Cuencaire, & CGA, 2009)

En el año 2009 se presenta el segundo inventario de emisiones de la ciudad de Cuenca elaborado como iniciativa de EMOV EP y de la red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca y posteriormente en el 2014 se publica un nuevo informe del inventario de emisiones con año base 2011, en el cual la estimación de la emisiones se estructura en 8, los cuales son obtenidos mediante el modelo MOBILE 6 – México (Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca de la EMOV EP, 2014). Este modelo fue aprobado por la EPA y actualmente se encuentra obsoleto, siendo lanzada en el 2004 la última versión de esta serie y por consiguiente es sustituida por el simulador de emisiones de vehículos motorizados (MOVES) (EPA, 2016). Debido a esto la precisión en los resultados de las emisiones estimadas es medianamente fiable a poco fiable concluyendo que es necesario que se promueva la generación de factores de emisión del tráfico Vehicular bajo las condiciones de la ciudad de Cuenca.

En el 2016 se publica el último inventario de emisiones para la ciudad de Cuenca referente al año 2014, las estimaciones se estructuraron en base a los factores de emisión del inventario correspondiente al año base 2011, es decir que dichos factores provienen del modelo MOBILE 6, además en el presente informe se añade una nueva categoría Vehicular que representa a los vehículos híbridos a gasolina y los factores

considerados para dicha categoría provienen del modelo COPERT, al igual que los años anteriores la incertidumbre presente en los resultados continúan permaneciendo dentro de las clases de medianamente a poco fiables debido a que los factores de emisión siguen siendo la realidad de otros países o ciudades y no describen la actividad Vehicular bajo las condiciones de la ciudad de Cuenca. Según las recomendaciones presentes en este informe de modelos de emisiones como el MOBILE de la ciudad de Cuenca.

Pero cabe recalcar que el modelo MOBILE se encuentra fuera de uso desde el año 2004, además la estimación de emisiones mediante este modelo se realiza solo para vehículos construidos bajo estándares estadounidenses y no para vehículos fabricados de acuerdo a las normativas de otros países como Japón y la Unión Europea. Por otro lado, los modelos utilizados en el inventario corresponden a modelos internacionales ya mencionados como MOBILE y COPERT los cuales no permiten establecer una relación entre los factores de emisión y la altura sobre el nivel del mar, característica que debe ser considerada debido a la particular topografía de la ciudad de Cuenca.

6 MARCO METODOLÓGICO

6.1.Fase 1: Análisis de la metodología utilizada en el inventario de emisiones del cantón de Cuenca

6.1.1. Características generales del modelo del inventario de emisiones de Cuenca

El inventario de emisiones de Cuenca estima los contaminantes presentes en la tabla 2 en toneladas por año, priorizando las siguientes fuentes de emisión.

- Tráfico Vehicular
- Vegetación
- Emisiones de procesos
- Central térmica
- Uso de disolventes
- Gasolineras
- Uso de gas licuado de petróleo
- Canteas
- Erosión eólica

- Rellenos Sanitarios

Contaminante	Nomenclatura
Óxidos de nitrógeno	N0x
Monóxido de Carbono	C0
Compuestos Orgánicos Volátiles	C0V
Dióxido de Azufre	S02
Material particulado(diámetro aerodinámico<10 micras)	PM 10
Material particulado(diámetro aerodinámico< 2.5 micras)	PM 2.5
Dióxido de carbono	C02
Metano	CH4
Óxido Nitroso	N20

Tabla 2. Contaminantes que se estiman en el inventario de emisiones de la ciudad de Cuenca

Fuente: (Red de Monitoreo de la Calidad de l Aire de Cuenca de 1a EMOV EP, 2016)

La estimación del inventario correspondiente al tráfico Vehicular se fundamenta en la metodología que sigue el modelo COPERT, que es una guía metodológica para inventario de emisiones europea EMEP/CORINAIR y es coherente con el IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change) para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

6.1.2. Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero

Emisiones tipo efecto invernadero de fuentes antropogénicas que se prepararon en respuesta al Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Estas directrices se detallan para diferentes sectores eliminación y tratamiento de desechos. (IPCC, 2006)

Dentro del sector Energía se describen las directrices enfocadas al transporte terrestre y otras áreas de emisión como: Combustión estacionaria, Combustión móvil, Emisiones fugitivas, Transporte inyección ya almacenamiento geológico de dióxido de Carbono (CO₂).

El transporte terrestre dentro de las directrices IPCC se encuentra clasificado como se indica la tabla 3. Esta es la clasificación que se propone para realizar el estudio y estimación de las emisiones contaminantes.

Tabla 3. Clasificación Vehicular del transporte terrestre según las directrices IPCC

Fuente: (IPCC, 2006)

Categoría	Característica	Subcategoría
Automóviles	Emisiones de automóviles con una capacidad de transporte de 12 personas o menos.	Automóviles con catalizadores tridireccionales
		Automóviles sin catalizadores tridireccionales
Camiones para servicio ligero	Emisiones de vehículos registrados para transporte de carga ligera. Con peso bruto entre 3500 y 3900 kg o menos	Camiones para servicio ligero con catalizadores tridireccionales
		Camiones para servicio ligero sin catalizadores tridireccionales
Camiones para servicio pesado y autobuses	Emisiones de vehículos registrados para transporte de más de 12 pasajeros. Con peso bruto mayor a 3900 kg.	Sin clasificación
Motocicletas	Emisiones de vehículos registrados con 2 o 3 ruedas. Con peso bruto 680 kg o menos	Sin clasificación
Emisiones por evaporación	Emisiones precedentes de la evaporación de combustible	Sin clasificación
Catalizadores en base a urea	Emisiones de CO ₂ , por el uso de aditivos en base urea en conversores catalíticos.	Sin clasificación

Las emisiones de CO₂ dependen de la cantidad de combustible consumido que se considera igual al combustible vendido y se puede calcular de dos formas:

- Método Clase 1

Se calculan las emisiones de CO₂ a partir de la multiplicación del combustible vendido por un factor de emisión de CO₂, como se indica en la ecuación 3:

$$Emision\ CO_2 = \sum_a (combustible_a * EF_a) \quad (3)$$

Donde:

a: Tipo de combustible

Emisión: Emisión

combustible_a: Combustible vendido

EF_a: Factor de emisión (kg/TJ).

- Método Clase 2.

Se calculan las emisiones de CO₂ a partir de la fórmula 1, pero en este método el factor de emisión se calcula tomando en cuenta el valor de carbono específico del país.

Las emisiones de CH₄ y N₂O dependen de la tecnología del vehículo, del combustible y de las condiciones de uso y se pueden calcular de tres formas:

- Método Nivel 1

Las emisiones dependen del combustible consumido mediante la siguiente ecuación:

$$Emision = \sum_a (combustible_a * EF_a) \quad (4)$$

Donde:

a: Tipo de combustible

Emisión: Emisión de CH4 o N02 (kg)

combustible_a: Combustible consumido

EF_a: Factor de emisión por defecto del contaminante. (Kg/TJ).

- Método Clase 2

Se calculan las emisiones a partir de la siguiente ecuación:

$$Emision = \sum_{a,b,c} (combustible_{a,b,c} * EF_{a,b,c}) \quad (5)$$

Donde:

a: clase de combustible

b: clase de vehículo correspondiente a la clasificación de la tabla 5.

c: Tecnología de control de emisiones

Emisión: Emisión de CH4 o N02 (kg)

combustible_a: Combustible consumido igual al combustible vendido para una fuente móvil dada. (TJ)

EF_a: Factor de emisión por defecto del contaminante o emisión específico dependiendo de los datos que se tengan. (kg/TJ)

- Método Nivel 3

Las emisiones se calculan a partir de la siguiente ecuación:

$$Emission = \sum_{a,b,c,d} (Distancia_{a,b,c,d} * EF_{a,b,c,d}) + \sum_{a,b,c,d} C_{a,b,c,d} \quad (6)$$

Donde:

a: Clase de combustible (gasolina)

b: Clase de vehículo correspondiente a la clasificación de la tabla 5.

c: Tecnología de control de emisiones

d: Condiciones de funcionamiento

Emisión: Emisión de CH₄ o N₂O (kg)

Distancia_{a,b,c,d}: Distancia recorrida etapa de funcionamiento térmicamente estabilizado del motor para la condición de funcionamiento d para una fuente móvil tipo b.

EF_{a,b,c,d}: Factor de emisión (kg/km)

La fórmula 6 sirve también para el cálculo de emisiones en frío considerando que el modo de arranque recorrido de 3 km aproximadamente.

6.1.3. METODOLOGÍAEMEP/CORINAIR (COPERT)

Las emisiones resultantes de la combustión de los motores dependen de diferentes etapas y factores de funcionamiento, que hacen que exista mayor o menor concentración de gases tóxicos. Diferenciar entre etapas de calentamiento y operación en caliente es relevante debido a que sistemas de pos tratamiento de gases son completamente diferentes, alterando de manera sustancial la cantidad de emisiones tóxicas emanadas al medio ambiente. También es necesario considerar las emisiones en diferentes modos de conducción, porque diferentes situaciones de conducción imponen distintas formas de operación del motor.

La metodología de EMEP/CORINAIR considera las emisiones en etapas de calentamiento y operación del motor térmicamente estable, más las emisiones que son evaporadas de los combustibles a diferentes modos de conducción.

La emisión total de un contaminante es la suma de las emisiones de tres fuentes del mismo contaminante, estas fuentes corresponden a diferentes etapas de funcionamiento del motor. Primero, cuando el vehículo se encuentra en etapa de calentamiento es de decir arranque en frío, la fuente se describe como “Emisiones en frío”, segundo, cuando el motor se encuentra funcionando a su temperatura estable de trabajo se denomina a la fuente como “Emisiones en caliente” y la última fuente corresponde a las emisiones obtenidas por la evaporación de combustible durante el funcionamiento del vehículo, esta fuente se denomina como “Emisiones Evaporativas”. (Ntziachristos & Samaras, 2000).

Teniendo como resultado la siguiente ecuación:

$$E_{TOTAL} = E_{COLD} + E_{HOT} + E_{EVAP} \quad (7)$$

Donde:

E_{TOTAL} : Emisiones totales para cualquier contaminante.

E_{COLD} : Emisiones en frío

E_{HOT} : Emisiones en caliente

E_{EVAP} : Emisiones evaporativas

Para comprender mejor bajo qué circunstancias se consideran emisiones en frío, emisiones en caliente y evaporativas, estos fenómenos deben cumplir los siguientes conceptos:

Emisiones en Frío: Son aquellas emisiones provenientes del tubo de escape antes de que el refrigerante del motor haya alcanzado los 70°C.

Emisiones en Caliente: Son aquellas emisiones provenientes del tubo, cuando el motor alcanza la estabilidad cuando la temperatura del refrigerante supera los 70 °C.

Emisiones Evaporativas: Son aquellas emisiones que proceden de la evaporación del combustible, provenientes del tanque de almacenamiento de combustible y cárter.

Dentro de la metodología COPERT (Ntziachristos & Samaras, 2000) las emisiones en caliente anuales utilizando factores de emisión obtenidos experimentalmente se calculan mediante la ecuación (8)

$$E_{Hot;i;j;k} = N_j * M_{j,k} * e_{HOT,i,j,k} \quad (9)$$

Donde:

i: Contaminantes pertenecientes al grupo 1 (tabla 2)

j: categoría del vehículo

k: Modo de conducción (Urbana, Rural, En Carretera)

$E_{Hot;i;j;k}$: Emisión en caliente del contaminante i, para la categoría j, para vehículos conducidos bajo el modo de conducción k.

N_j : Número de vehículos de la categoría j.

$M_{j,k}$: Kilometraje recorrido para la categoría de vehículos j, bajo el modo de conducción k.

$e_{HOT,i,j,k}$: Factor de emisión en caliente en (g/km) del contaminante i para la categoría j, para vehículos conducidos bajo el modo de conducción k.

Las emisiones en frío, se introducen en el cálculo como emisiones adicionales por kilómetro, utilizando la siguiente ecuación:

$$E_{COLD:I,J} = \beta_{I,J} * N_J * M_J * e_{HOT I,J} * (e^{COLD} / e^{HOT} l_{I,J} - 1) \quad (10)$$

Donde:

$E_{COLD:I,J}$ Emisión en frío del contaminante i para la categoría Vehicular j

$\beta_{I,J}$: Fracción distancia recorrida con el motor en frío o con el catalizador por debajo de la temperatura de funcionamiento.

N_J : Número de vehículos por categoría Vehicular J.

M_J : Distancia recorrida por el vehículo de categoría J

$e_{HOT I,J}$: Factor de emisión en caliente

$e^{COLD} / e^{HOT} l_{I,J}$: Relación del factor de emisión en frío para el factor de emisión en caliente.

El cálculo de la emisión de contaminantes como: CO₂, SO₂, CH₄, N₂O, depende del consumo de combustible como se indica en la directrices del (IPCC) descritas en el punto 6.1.2. La estimación se realiza en base al consumo estadístico y luego se aplica un factor de corrección q se basa en el consumo real.

Para las emisiones generadas por los vehículos en diferentes modos de conducción, se consideran tres tipos: Conducción urbana, rural y de carretera y los rangos típicos de velocidad para cada situación de manejo se indican en la tabla 4.

Tabla 4. Rango de velocidades típicas para los modos de conducción considerados en COPERT.

Fuente: (Ntziachristos & Samaras, 2000)

Modo de conducción	Rango de velocidad (Km/h)
Urbano	10 – 50
Rural	40 – 80
De Carretera	70 – 130

La ecuación correspondiente al cálculo de las emisiones totales de diferentes modos de conducción es la siguiente.

$$E_{TOTAL} = E_{URBAN} + E_{RURAL} + E_{HIGHWAY} \quad (11)$$

Donde:

E_{URBAN} : Emisión bajo el modo de conducción urbano.

E_{RURAL} : Emisión bajo el modo de conducción rural.

$E_{HIGHWAY}$: Emisión bajo el modo de conducción de carretera.

6.1.4. Metodología del inventario de emisiones Atmosféricas de Cuenca para el tráfico Vehicular.

La metodología utilizada para estimar las emisiones de tráfico Vehicular en el inventario de emisiones de Cuenca, como se ha mencionado anteriormente se basa en la metodología que utiliza el modelo COPERT.

Por lo tanto la ecuación (9) usada para estimar las emisiones en caliente, que se define en la metodología EMEP/CORIANIR (COPERT), se contempla dentro del inventario de Cuenca para estimar las emisiones anuales de NO_x, CO, COV, PM₁₀ y PM_{2.5}, adoptándola de la siguiente manera, definida por la ecuación (12).

$$E_r^{i \text{ caliente}} = Nveh_r * Drec_r * FE_r^i / 1000 \quad (12)$$

Donde:

i: Contaminante

r: Categoría del vehículo según el año modelo

$E_r^{i \text{ caliente}}$: Emisión en (t/a) de la contaminante i producida por los vehículos de categoría r

$Nveh_r$: Número de vehículos según la categoría r

$Drec_r$: Distancia media anual recorrida

FE_r^i : Factor de emisión i, para la categoría r (g/km)

Para las emisiones de CO₂, CH₄, N₂O el inventario de Cuenca contempla la siguiente ecuación:

$$E_r^i = (0.00378 * \frac{Nveh_r}{CC_r} * Den * PCI * FE_r^i) / 1000000000 \quad (13)$$

Donde:

i: Contaminante (CO₂, CH₄, N₂O)

r: Categoría del vehículo según el año modelo

Nveh_r: Número de vehículos de la categoría r

CC_r: Consumo de combustible por distancia recorrida

Den: Densidad del combustible

PCI: Poder calorífico

FE_rⁱ: Factor de emisión

Las emisiones de SO₂ se calculan mediante la ecuación 14:

$$E_r^{SO_2} = (0.00378 * \frac{Nveh_r}{CC_r} * Den * S) / 100000 \quad (14)$$

Donde:

r: Categoría del vehículo

E_r^{SO₂}: Emisión de SO₂ en t/año

Nveh_r: Número de vehículos

CC_r: Consumo de combustible por distancia recorrida

Den: Densidad del combustible

S: Contenido de azufre del combustible

Los factores de emisión considerados en el inventario de Cuenca los cuales se determinaron mediante la aplicación del modelo MOBILE, estos factores fueron creados por año de origen y tipo de vehículo, omitiendo los diferentes sistemas de alimentación y tecnologías de tratamiento de gases. Además el inventario de Cuenca no presenta ninguna ecuación mediante la cual se estimen las emisiones en frío y evaporativas más las características tomadas en cuenta en el cálculo como, patrones de conducción, características del combustible, contenido de azufre y velocidades promedio, por lo tanto se desconoce cómo se realizó el cálculo de la emisión total.

Según el inventario de emisiones representa el 71,2% de NO_x , el 94,9% de CO y 58,4% de CO_2 de las emisiones totales Atmosféricas de la ciudad de Cuenca. En la figura 4 se puede observar el aporte porcentual de cada una de las categorías del tráfico Vehicular a la emisión total y la evaluación de la incertidumbre en la estimación de las emisiones.

Siendo la categoría de automóviles a gasolina la mayor fuente de emisión de CO con el 57% y CO_2 de igual manera con el 57% de las emisiones producidas solamente por el tráfico Vehicular.

	NOx	CO	COV	SO2	PM10	PM2.5	CO2	CH4	N2O	Activi- dad	Factor de emisión	Estima- ción
Automóvil, gasolina	13.5	54.6	22.5	1.1	10.5	1.9	19.9	2.3	33.6	C	C	C
Híbrido, gasolina	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	C	C	C
Camioneta furgoneta, gasolina	6.9	21.8	3.7	0.4	3.1	0.6	7.6	0.9	12.3	C	C	C
Taxi, gasolina	0.8	3.9	0.7	0.2	2.1	0.4	3.7	0.4	7.3	C	C	C
Pesados, gasolina	0.1	1.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	C	D	D
Motos, gasolina	0.3	4.1	1.8	0.1	1.0	0.1	1.4	0.2	2.8	C	D	D
Automóvil, diésel	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.2	0.0	0.2	C	C	C
Camioneta furgoneta, diésel	1.2	0.6	0.6	0.4	3.6	2.8	4.2	0.1	3.7	C	C	C
Buses, diésel	22.2	4.1	4.5	0.5	9.2	9.6	5.6	0.1	5.1	C	C	C
Pesados, diésel	26.3	4.9	5.6	1.3	25.7	26.8	15.6	0.2	14.0	C	C	C
Subtotal tráfico vehicular:	71.2	94.9	39.6	4.0	55.6	42.4	58.4	4.2	79.2			

Figura 4. Representación porcentual y clases de incertidumbre en la estimación de emisiones del tráfico Vehicular de la ciudad de Cuenca.

Fuente: (Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca de la EMOV EP, 2016)

6.1.5. Características geográficas y meteorológicas de la ciudad de Cuenca.

La ciudad de Cuenca se encuentra ubicada en el valle interandino de la sierra sur ecuatoriana, cuyas. La superficie del área urbana es de 72 Km². Se distinguen tres terrazas, la primera con altura que van desde los 2560 hasta los 2620 msnm, llamada loma de Cullca, la segunda que involucra al centro histórico con alturas entre los 2560 y 2520 msnm y la tercera terraza se considera curvas de clase de 2500 a 2520msnm. (Moscoso, Astudillo, & Vázquez, 2015), teniendo como resultado una altitud media de 2550 msnm.

la humedad relativa en la ciudad de Cuenca varía considerablemente en el tiempo de un mes, para observar claramente esta situación se indica el comportamiento de este parámetro durante los meses en los que existe mayor variación mediante las figuras 5,6,7 y 8.

En la figura 5 se indica el comportamiento de la humedad relativa durante el mes de Enero, cuyo punto máximo corresponde a la humedad máxima alcanzada durante este periodo siendo el valor de 82% y el punto mínimo corresponde a la humedad mínima que es de 49%, obteniendo una diferencia del 33%.

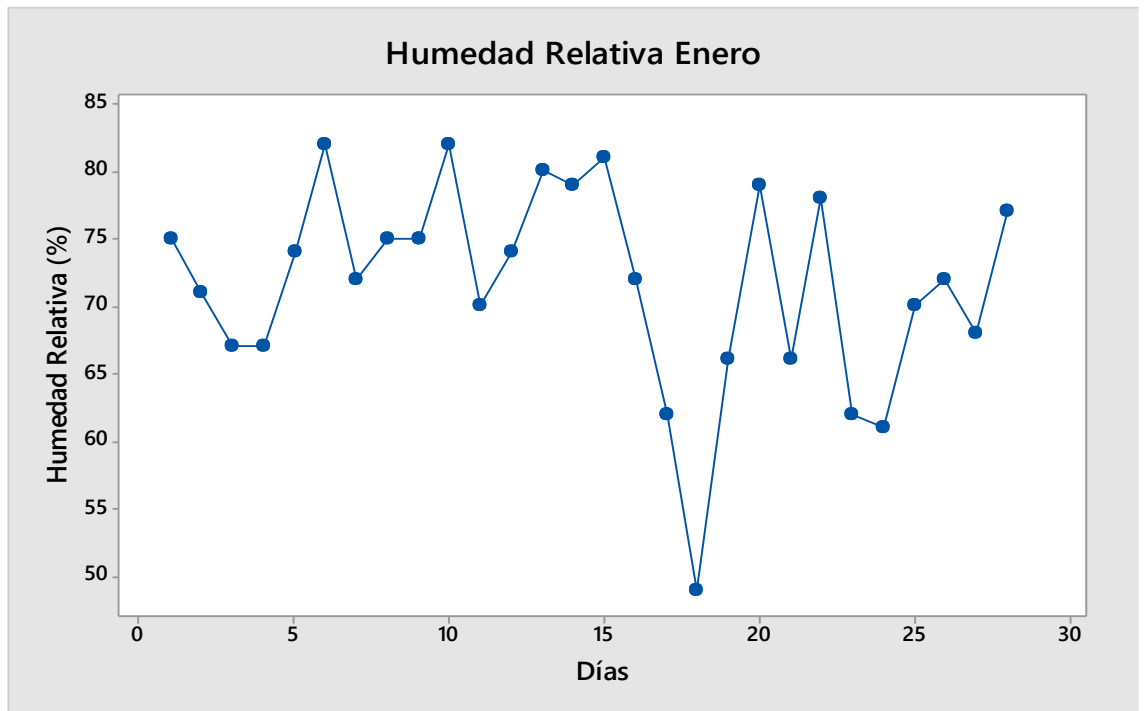


Figura 5. Humedad Relativa del mes de Enero

Fuente: (Autor)

En la figura 6 se indica el comportamiento de la humedad relativa durante el mes de Agosto, donde la humedad máxima alcanzada durante este período es de 88% y la humedad mínima es de 49%, obteniendo una diferencia del 39%.

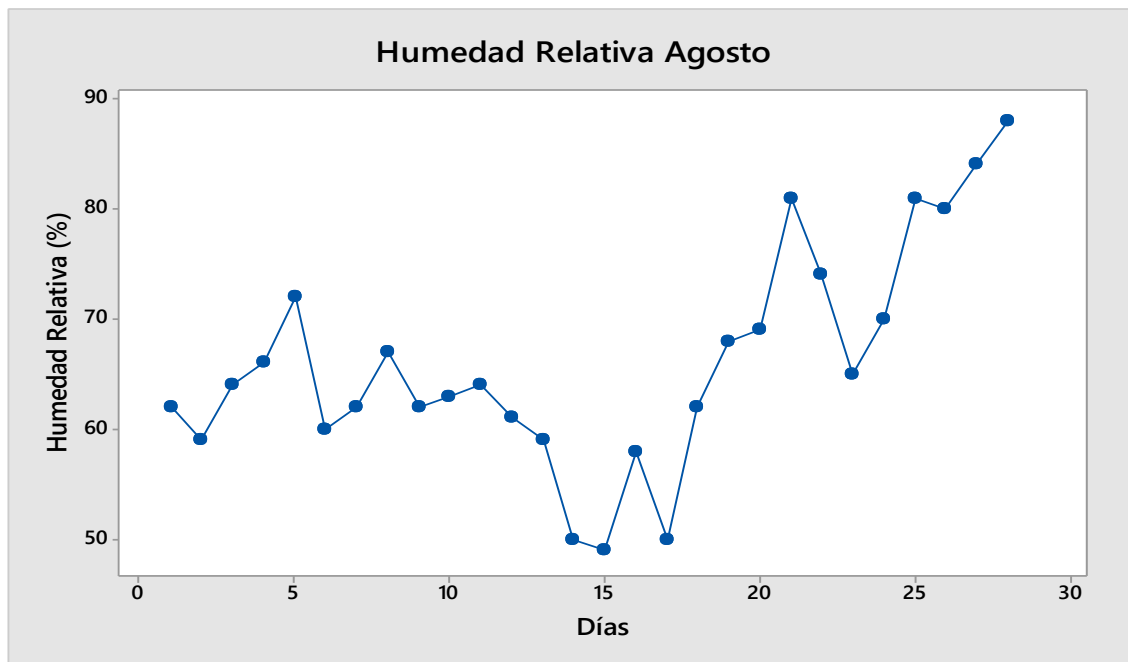


Figura 6. Humedad Relativa del Mes de Agosto

Fuente: Autor

En la figura 7, se indica el comportamiento de la humedad relativa durante el mes de Septiembre, donde la humedad máxima es de 81% y la humedad mínima es de 41%, obteniendo una diferencia del 40%.

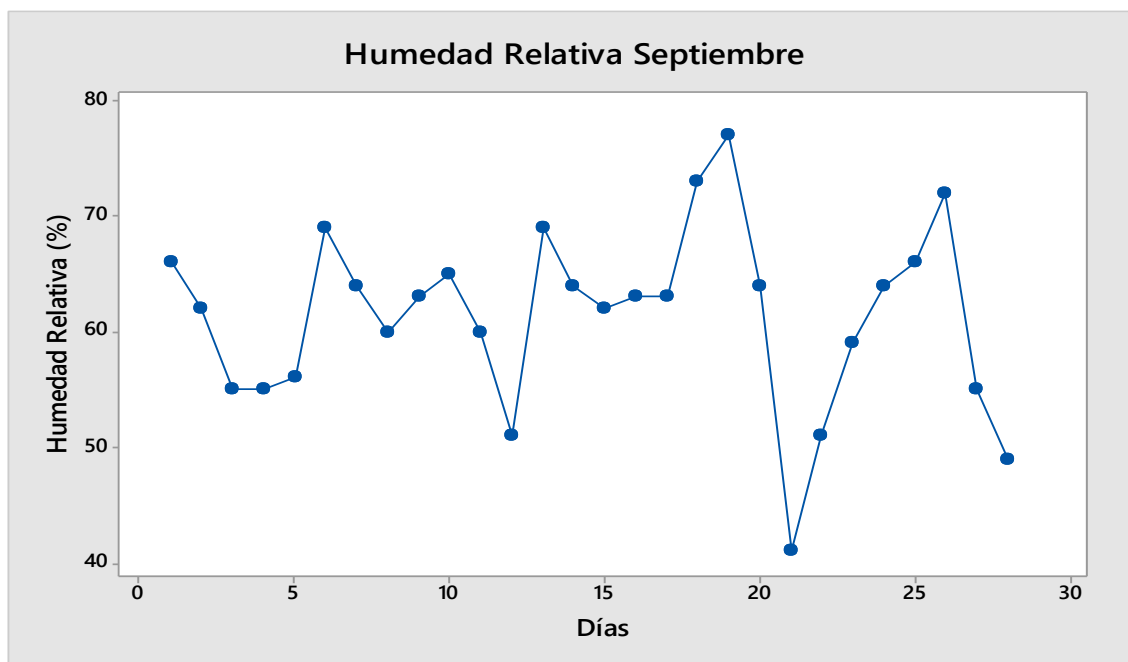


Figura 7. Humedad Relativa del Mes de Septiembre

Fuente: (Autor)

En la figura 8, se indica el comportamiento de la humedad relativa durante el mes de Noviembre, donde la humedad máxima es de 78% y la humedad mínima es de 37%, obteniendo una diferencia del 41%.

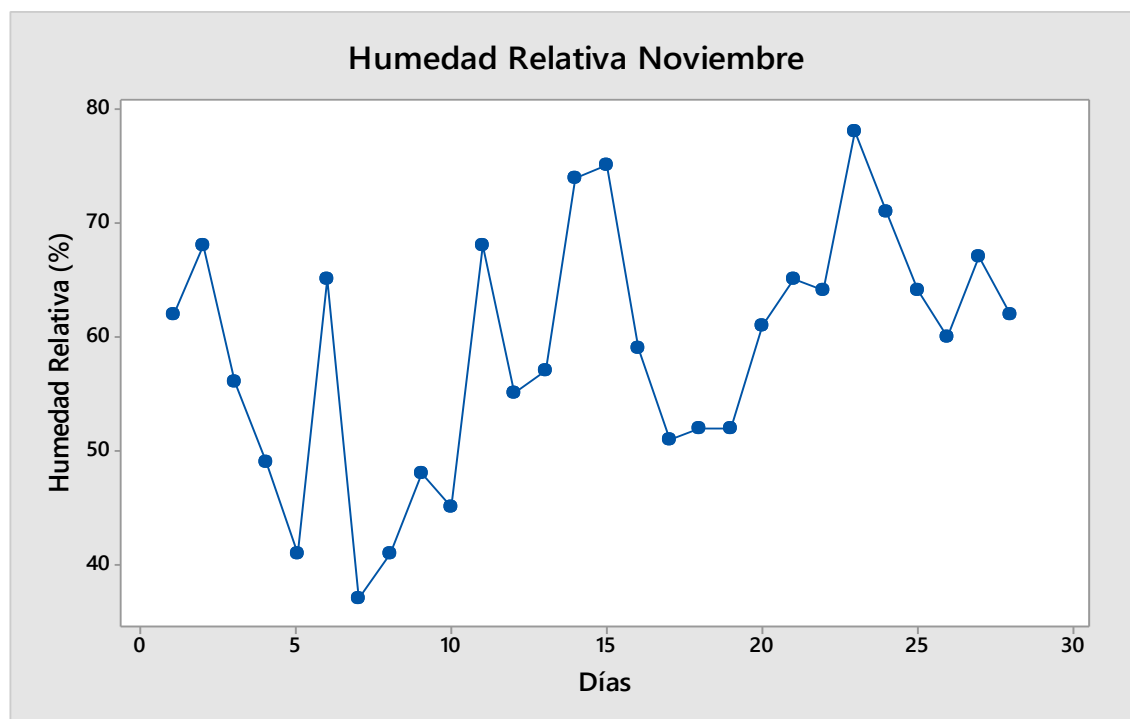


Figura 8. Humedad Relativa del mes de Noviembre.

Fuente:(Autor)

En la tabla 5 se muestra la desviación estándar de la humedad relativa por mes y el porcentaje de variación. Este porcentaje de variación indica cuanto varía la humedad relativa durante el periodo estimado, obteniéndose a partir de la diferencia de la humedad relativa máxima y la humedad relativa mínima. En consecuencia a esta dispersión de datos, se observa que el comportamiento de la humedad relativa en la ciudad de Cuenca, no se puede describir en base a un valor promedio mensual.

Tabla 5. Desviación Estándar de la humedad relativa

Fuente: (Autor)

Mes	H. Relativa Mín. (%)	H. Relativa Máx. (%)	Desviación Estándar	Media	Variación (%)
Enero	49	82	7,53	71,64	33
Febrero	60	87	7,42	71,5	27
Marzo	63	91	6,46	78,36	28
Abril	65	84	4,81	74,607	19
Mayo	59	87	5,75	76,18	28
Junio	49	82	7,85	68,29	33
Julio	50	86	9,84	67,57	36
Agosto	49	88	9,98	66,07	39
Septiembre	41	81	7,8	61,36	40
Octubre	52	78	6,21	67,82	26
Noviembre	37	78	10,71	58,82	41
Diciembre	54	76	6,12	63,29	22

6.1.6. Características del combustible

Dentro del país se comercializan tres tipos de combustible para el sector automotriz, los cuales son: Eco país, Súper y Diésel Premium, estos combustibles se diferencian por diversas características físico-químicas, que se encuentran reguladas por normas de Calidad como la NTE INEN 1489 y NTE INEN 935.

En la tabla 6, se muestran algunas características de los combustibles comercializados, como el contenido de azufre, poder calorífico y densidad. El valor del contenido de azufre resulta del promedio de las cantidades medidas en todas las estaciones de servicio de la ciudad de Cuenca indicadas en la tabla A1. Anexo 1. (EMOV, 2018). Y la densidad del combustible corresponde a valores obtenidos experimentalmente en laboratorio mediante una bomba calorimétrica adiabática por (Maurat & Galarza, 2017) para el combustible Eco país y por (Gallegos, 2005) para el combustible Súper.

Tabla 6. Características de los combustibles comercializados en Ecuador

Fuente: (Maurat & Galarza, 2017), (Gallegos, 2005), (EMOV, 2018)

Descripción	ECOPAÍS	SÚPER	DIESEL
P. calorífico (MJ/Kg)	42,792	48,373	43
Densidad(Kg/m3)	739,007	739,280	850
Contenido de Azufre (ppm)	97	32	88,28

6.1.7. Características generales de la flota Vehicular de la ciudad de Cuenca

En el Ecuador el parque automotor presenta una gran variedad de vehículos de diferentes marcas y vehículos de diferente país de origen que pueden ser importados o ensamblados en el país. Por lo tanto el parque automotor se ve caracterizado por diversas variables que dependen del mercado automotriz.

La edad promedio del parque automotor circulante en el Ecuador es de 12,2 años. Dentro del periodo de ventas (2001 -2017) existen 668 936 vehículos ensamblados en el país y 925 367 vehículos importados. En la figura 8, se puede observar la cantidad de unidades de vehículos importados y ensamblados en el país por año (CINAE, 2018).

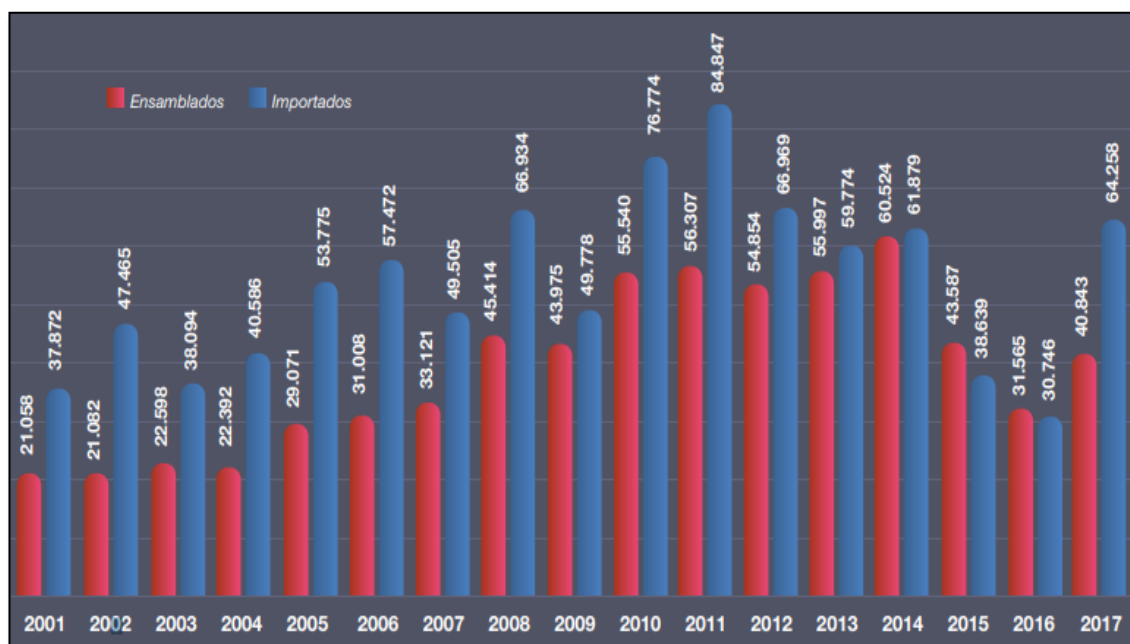


Figura 9. Cantidad de vehículos vendidos por origen por año periodo (2001-2017)

Fuente: (CINAE, 2018)

Entonces el parque automotor del Ecuador está formado por el 61% de vehículos importados y el 39% de vehículos ensamblados en el país. Donde los vehículos importados provienen de diferentes países de origen, siendo los más representativos de Corea del Sur y China y otros, que se indican en la figura 9 y en la Tabla 7.

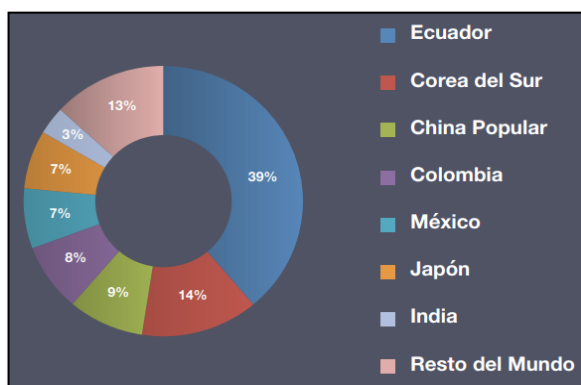


Figura 10. Cantidad porcentual de vehículos vendidos por país de origen en el año 2017

Fuente: (CINAE, 2018)

Tabla 7. Ventas de vehículos por país de Origen

Fuente: (CINAE, 2018)

País	2015	2016	2017
Ecuador	43587	31565	40843
Corea del Sur	8807	8344	14284
China Popular	6194	3601	9245
Colombia	3919	4269	8502
México	3719	1985	7546
Japón	7018	5004	7347
India	671	751	3489
Tailandia	1685	1323	2431
Argentina	195	239	2274
Estados Unidos	2026	1597	2032
Hungría	7	10	1461
España	214	267	1068
Indonesia	996	1042	1028
Brasil	1057	502	959
Reino Unido	514	561	658
Alemania	761	544	550
Francia	474	315	398
Canadá	152	176	376
Eslovaquia	9	20	174
Polonia	0	0	152
Resto del mundo	221	196	284

Siendo las marcas más representativas del parque automotor de las categorías automóviles, camionetas y furgonetas, las que se indican en la tabla 8.

Tabla 8. Marcas representativas del parque automotor de Cuenca para vehículos de categorías M1

Fuente: (Escobar Torres & Gordillo Ochoa, 2018)

Marca	Porcentaje
CHEVROLET	46,3
HYUNDAI	10,8
TOYOTA	9,1
SUZUKI	6,3
MAZDA	5,6
NISSAN	5,4
MITSUBISHI	3,7
FORD	3,5
KIA	2,4
VOLKSWAGEN	1,9
RENAULT	1,2
DAEWOO	1,0
PEUGEOT	0,5
HONDA	0,5
Otros	1,5

6.1.8. Características de la actividad Vehicular en Cuenca

Se estima que la movilidad que se produce en Cuenca consta de alrededor de 600.000 viajes diarios, un 60% es de carácter local y un 40% de carácter cantonal con el 69% en modos de transporte motorizados y un 31% en modos de transporte no motorizados. Con un patrón de movilidad radial, atribuyéndose a la zona centro como la zona de mayor concentración Vehicular con aproximadamente la mitad de todos los viajes urbanos. EL 78% de las vías tienen una capacidad de 1500 a 3000 vehículos/hora. (I. Municipalidad de Cuenca, 2015)

6.2.Fase 2: Variables necesarias para estimar las emisiones consideradas en el inventario mediante modelos de emisión internacionales.

En esta fase se analizan diferentes modelos de emisión como MOBILE, MOVES, COPERT e IVE para identificar las variables mínimas que se necesitan para estimar las emisiones del parque automotor.

6.2.1. Modelo de emisiones Mobile

El modelo de emisiones Mobile se creó con la finalidad de estimar las emisiones provenientes de las fuentes móviles de los Estados Unidos. Este modelo permite estructurar factores de emisión en función del año de fabricación del vehículo caracterizando el parque automotor en base a tipo de vehículo, peso bruto, tipo de combustible sin hacer distinción de sistemas de alimentación y tecnología de tratamiento de gases. El modelo MOBILE no incluye dentro de su categorización Vehiculara vehículos fabricados en otros países, sino solo a vehículos fabricados bajo normativas estadounidenses. Además este modelo, es un modelo obsoleto dentro de la comunidad estadounidense del que ya no se ha realizado ninguna actualización del sistema, por eso se ha cambiado por el actual modelo MOVES, sin embargo este modelo se sigue utilizando en algunos países de Latinoamérica, pero cada vez su uso va disminuyendo.

El factor de emisión depende la categorización Vehicular, por lo tanto del año de fabricación del vehículo y de la clase de vehículo, a esto se le añade un factor de corrección que depende de los siguientes insumos:

- Temperatura horaria
- Humedad Relativa horaria
- Altura

- Características de combustible
- Programa de Inspección/mantenición

6.2.2. Modelo de emisiones MOVES

MOVES es un simulador de emisión de vehículos motorizados creado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos para el análisis de emisiones Vehiculares, considerando factores de emisión para vehículos que circulan en carretera y para vehículos que circulan afuera de la ciudad, además también toma en cuenta emisiones evaporativas y emisiones de partículas generadas por el desgaste. Este modelo reemplazó al modelo MOBILE, con el objetivo de mejorar la estimación añadiendo a la categorización Vehicular la opción de tecnología del motor, que predispone las opciones de: Combustión interna convencional, Combustión interna avanzada, Híbrido combustión interna y celda de combustible eléctrica, sin embargo sigue manteniendo su diseño solo para vehículos que han sido fabricados bajo estándares estadounidenses (Tolvett Caro, 2009)

6.2.3. Modelo de emisiones COPERT

COPERT es una calculadora de emisiones de vehículos estándar que se ha desarrollado con la finalidad de preparar el inventario oficial de emisiones de transporte por carretera de los países miembros del espacio económico europeo (EEE) y otros, que se pueden observar en la tabla 10. Los cuales cuentan con una base de datos de actividad y flota Vehicular (emisia, 2019).

Mediante esta herramienta computacional es posible estimar todos los principales contaminantes del tipo efecto invernadero, contaminantes del aire y especies tóxicas, además COPERT presenta varias versiones que se han venido actualizando con el fin de mejorar las estimaciones.

Tabla 9. Países para los que se desarrolló el modelo COPERT

Fuente: (emisias, 2019)

País	País
Alemania	Irlanda
Austria	Islandia
Bélgica	Italia
Bulgaria	Letonia
Chipre	Lituania
Croacia	Luxemburgo
Dinamarca	Macedonia
Eslovenia	Malta
Eslovaquia	Noruega
España	Polonia
Estonia	Portugal
Finlandia	Reino Unido
Francia	República Checa
Grecia	Rumania
Holanda	Suecia
Hungría	Suiza Turquía

Los contaminantes que cubre COPERT, se dividen en cuatro grupos, por motivos de estudio del inventario de emisiones de Cuenca solo especifican dos de ellos, que se indican en la tabla 10 y 11.

Tabla 10 . Contaminantes que el modelo COPERT III cubre. Grupo 1

Fuente: (EEA, 2007)

Contaminantes	Nomenclatura
Monóxido de Carbono	CO
Oxidos de nitrógeno	NOx (NO,N02)
Compuestos orgánicos volátiles	VOC
Metano	CH4
Compuestos orgánicos volátiles sin metano	NMVOC
Óxido Nitroso	N2O
Amoniaco	NH3
Material articulado	PM10, PM2,5

Tabla 11. Contaminantes que el modelo COPERT III cubre. Grupo 2

Fuente: (EEA, 2007)

Contaminante	Nomenclatura
Dióxido Carbono	C02
Dióxido Azufre	S02
Plomo	Pb
Cadmio	Cd
Cromo	Cr
Cobre	Cu
Níquel	Ni
Selenio	Se
Zinc	Zn

De los contaminantes especificados en la tabla 10 y 11, nueve de ellos se estiman en el inventario de emisiones de Cuenca, los cuales se indican en la tabla 2.

Los insumos necesarios para estimar la emisión total mediante COPERT, son los siguientes:

- Clasificación Vehicular
- Número de Vehículos por clase
- Distancia anual media recorrida por clasificación Vehicular(km)
- Factor de emisión (g/km)
- Tipo de combustible

El programa COPERT presenta la opción de Create with Wizard, la cual permite ingresar los datos mínimos para estimar el factor de emisión y la emisión total.

Los insumos que se requieren mediante esta opción se presentan en la tabla 12.

Tabla 12. Insumos mínimos necesarios para estimar el factor de emisión (FE) mediante el modelo COPERT.

Fuente: (Kouridis , Ntziachristos, & Samaras, 2000)

Clasificación	Insumos
Datos meteorológicos	Temperatura Máxima por mes
	Temperatura Mínima por mes
	Humedad Relativa por mes (%)
Características del combustible	Poder calorífico (MJ/Kg)
	Relación O:C (-)
	Relación H:C
	Densidad (Kg/m ³)
	Contenido de Azufre (S) [ppm wt]
	Contenido de Plomo (Pb)
	Contenido de Cadmio (Cd)
	Contenido de Cobre (Cu)
	Contenido de Níquel (Ni)
	Contenido de Cromo (Cr)
	Contenido de Selenio (Se)
	Contenido de Zinc (Zn)
	Contenido de Mercurio (Hg)
Contenido de Arsénico (As)	
Características del lubricante	Relación H:C
	Relación O:C
	Contenido de Plomo (Pb)
	Contenido de Cadmio (Cd)
	Contenido de Cobre (Cu)
	Contenido de Níquel (Ni)
	Contenido de Cromo (Cr)
	Contenido de Selenio (Se)
	Contenido de Zinc (Zn)
Contenido de Mercurio (Hg)	
Contenido de Arsénico (As)	
Actividad Vehicular	Kilometraje medio recorrido por clase (Km)
	Kilometraje acumulativo de por vida por clase (Km)
	Consumo de combustible = Combustible vendido
	% de vehículos que recorren dentro de la ciudad
	%de vehículos que recorren fuera de la ciudad
	% de vehículos bajo el modo de conducción rural
	% de vehículos bajo el modo de conducción en carretera
	Velocidad promedio de los vehículos que recorren dentro de la ciudad.
	Velocidad promedio de los vehículos que recorren dentro de la ciudad (modo de conducción urbano) (Km/h)
	Velocidad promedio de los vehículos en zonas rurales (Km/h)
	Velocidad promedio de los vehículos en carretera (Km/h)
Velocidad máxima y velocidad mínima (Km/h) (Rango de velocidad)	

En caso de que se requiera brindar mayor información para el cálculo del factor de emisión, los insumos que se pueden añadir son los que se presentan en la tabla 13. Estos datos se proveen como información complementaria a los insumos mínimos para mejorar las predicciones en los resultados.

Tabla 13. Insumos complementarios a los datos mínimos de entrada.

Fuente: (Kouridis , Ntziachristos, & Samaras, 2000)

Clasificación	Insumos
Características del viaje	Duración del viaje en (Km) Duración del viaje en (h)
Características del combustible	Contenido ETBE (%) Presión de vapor de combustible (Kpa/mes)
Características de la flota Vehicular	Capacidad del tanque de combustible (lt) Capacidad del cánister en (lt) % De vehículos equipados con sistema de inyección % De vehículos equipados con control de evaporación
Tecnologías de pos tratamiento	GDI GDI + GPF DPF EGR SCR

Los datos correspondientes a las características del combustible, características del lubricante y características del viaje presentados en la tabla 12 y 13, se encuentran como valores por defecto en el programa, pero estos valores pueden ser cambiados si así lo requiere el usuario.

Para la categoría de vehículos pesados además de los insumos presentados en la tabla 12 y 13, se puede añadir la siguiente información, que se indica en la tabla 15.

Tabla 14. Insumos requeridos para estimar las emisiones de la categoría de vehículos pesados

Fuente: (Ntziachristos & Samaras, 2000)

Clasificación	Insumos
Condiciones de Carga	Carga en los diferentes modos de conducción (%) Pendiente del camino (%)
Características del Vehículo	Número de ejes Uso del aire acondicionado (%)

Los factores de carga se calculan y aplican durante el cálculo de los factores de emisión en caliente.

Los insumos necesarios para estimar las emisiones según las condiciones de funcionamiento del vehículo, es decir si son emisiones en caliente, en frío o evaporativas se indican en la siguiente tabla 15.

Tabla 15. Insumos necesarios según la fuente de emisión del vehículo

Fuente: (Kouridis , Ntziachristos, & Samaras, 2000)

Emisión en caliente	Emisión en Frío	Emisiones Evaporativas
<ul style="list-style-type: none"> • Distancia anual media recorrida por clasificación Vehicular(km) • Distancia media recorrida para los diferentes modos de conducción • Velocidad media recorrida para los diferentes modos de conducción • Tipo de combustible • Condiciones de carga (vehículos pesados) 	<ul style="list-style-type: none"> • Características del combustible • Características meteorológicas • Duración media del viaje 	<ul style="list-style-type: none"> • Volatilidad del combustible • Características meteorológicas • Duración media del viaje • Capacidad del tanque de combustible • Capacidad del cánister

Los factores de emisión que se encuentran por defecto en el modelo COPERT se originaron de manera experimental mediante los proyectos, los cuales dieron origen a los factores de emisión correspondientes a las categorías de vehículos de pasajeros

Diésel, vehículos pesados Diésel y para vehículos equipados con catalizadores de gasolina. El proyecto MEET dio origen a los factores de emisión de la categoría de vehículos livianos y los estudios de la empresa DG Enterprise sobre la regulación de la potencia de dos ruedas originó los factores de emisión de vehículos de dos ruedas (EEA, 2007). En fin, todos los proyectos destinados a establecer el factor de emisión del transporte terrestre se encuentran dentro del marco de referencia del proyecto ARTEMIS.

6.2.4. Modelo de emisiones IVE

EL modelo internacional de emisiones IVE fue financiada por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y desarrollada por el centro de Investigación de Sistemas Sustentables Internacionales (ISSRC), el centro de Investigación de Sistemas Sustentables Globales (GSSR) y la escuela de Ingeniería (UCR), con el objetivo de ofrecer a los países en desarrollo una herramienta confiable que permita estimar las emisiones de contaminantes criterio, de gases de tipo efecto invernadero y tóxicos que se indican en la tabla 16.

El modelo estima un solo valor de material articulado (PM), que incluye la emisión de PM_{2.5} y la emisión de PM₁₀, también estima por separado la emisión de VOC y VOCevap. Los resultados de la estimación se obtienen en gramos, kilogramos o toneladas métricas por día

Es posible ingresar los factores de emisión para cada categoría Vehicular en caso de que se disponga de esa información, caso contrario el modelo estima el factor de emisión en función de las características de la localidad como, altura sobre el nivel del mar, temperatura, humedad relativa, características de conducción, caracterización de la flota Vehicular y de otros parámetros que se indican en la tabla 17.

Tabla 16. Contaminantes estimados mediante el modelo IVE

Fuente: (IVE)

Tipo	Contaminantes	Nomenclatura
Contaminantes Criterio	Monóxido de Carbono	C0
	Compuestos volátiles	V0C
	Compuestos volátiles por evaporación	V0C Evap
	Oxidos de Nitrógeno	N0x
	Óxido de azufre	S0x
	Material articulado	PM
Tóxicos	Plomo	Pb
	Acetaldehídos	C2H4O
	Formaldehídos	CH2O
	Benceno	C6H6
	Amoniaco	CH3
Efecto Invernadero	Dióxido de Carbono	C02
	Oxido Nitroso	N20
	Metano	CH4

Tabla 17. Insumos necesarios que requiere el modelo IVE

Fuente: (IVE Software)

Característica	Insumo
Datos meteorológicos	Humedad Relativa
	Temperatura
	Altitud
Características del Combustible	Contenido de Azufre
	Contenido de Plomo
	Contenido de Benceno
	Contenido de Oxigenados
Características de Conducción	Distancia o tiempo recorrido/día
	Número de partidas/día
	Velocidad Promedio
	Potencia Específica (Bines)

Flota Vehicular	% de vehículos por categoría Vehicular
-----------------	--

EL proceso de estimación mediante el modelo IVE consiste en el producto de la distancia recorrida (KRV) por el factor de emisión (B) como se indica en la ecuación 15 (IVE Model, 2008).

$$E = KRV * B(t) \quad (15)$$

El factor de emisión base depende solo de la configuración Vehicular, por lo tanto para obtener un factor de emisión correspondiente a la localidad de análisis, se estima un factor de emisión corregido (Q) que resulta del producto del factor de emisión base (B) por una serie de factores de corrección (K1, K2, etc.) como se indica en la ecuación 16. Los factores de corrección dependen de los insumos correspondientes a datos meteorológicos, características de combustible, programa de inspección, y potencia específica Vehicular bajo patrones de conducción.

$$Q = B * K1 * K2 * K3 * \dots * Kx \quad (16)$$

Uno de los principales insumos necesarios para calcular el factor de emisión corregido es la potencia específica (VSP), que es la razón de la potencia instantánea de un vehículo y su masa, que permite asociar cada grado de exigencia del motor a un clase de emisión, mediante la ecuación 17, cuyos datos de entrada se adquieren de características tomadas en tiempo real como velocidad, altura y aceleración de los diferentes modos de conducción.

$$VSP \text{ (kW/ton)} = v[1.1a + 9.81 (\text{atan}(\sin(\text{grade}))) + 0.132] + 0.000302v^3 \quad (17)$$

Donde:

VSP: Potencia específica

V: velocidad

a: aceleración

$$\text{grade} = (h_{t=0} - h_{t=-1}) / v_{(t=-1 \text{ to } 0)}$$

h: Altura

El segundo parámetro que interviene en la aproximación y corrección del factor de emisión depende del estrés del motor (ES) que indica la precarga en función de la potencia específica, para lo cual el modelo utiliza la ecuación 18.

$$\text{ES} = \text{RPM} + (0.08 \text{ ton/kW}) * \text{VSP} \quad (18)$$

Para ingresar esta información en el modelo IVE, primero se determina por medio del programa Speed Emissions Evaluation los BINS de potencia que son datos que relacionan la potencia específica (VSP) con el estrés del motor (ES). Teniendo en total una entrada de datos de 20 bins VSP por cada categoría. La primera categoría describe la potencia negativa (desaceleración), la segunda corresponde a una clase de potencia nula o muy baja (Vehículo detenido o ralentí) y la tercera categoría indica potencia positiva (Velocidad constante, Aceleración y subida de pendiente), dando en total una entrada de 60 Bines VSP (García, 217).

Para determinar los bins es necesario considerar tres modos de conducción que representan generalmente las actitudes de manejo en zonas residenciales, vías arteriales y de tipo autopista, por lo tanto se obtendrán tres fichas de localidad cada una correspondiente a un modo de conducción.

6.3.Fase 3: Caracterización de la flota vehicular de la ciudad de Cuenca en función de las características del parque automotor.

En esta fase, se analizan las características del parque automotor de la ciudad de Cuenca, para establecer las consideraciones que deben tener en cuenta los modelos de emisión para poder configurar correctamente la flota Vehicular, para lo cual se ha caracterizado el parque automotor de Cuenca correspondiente a la categoría de automóviles y camionetas y furgonetas a gasolina del año 2014, presentado en la tabla 19, en función de la clasificación Vehicular de los Modelos COPERT e IVE.

6.3.1. Caracterización de la flota Vehicular de Cuenca según el inventario de emisiones 2014.

El parque automotor del cantón Cuenca del año 2014, está conformado en total por 147 484 vehículos, de los cuales 131 488 son a gasolina y 15 996 corresponden a vehículos Diésel.

Para la estimación del inventario, el parque automotor se encuentra clasificado de la siguiente manera:

Tabla 18. Clasificación Vehicular inventario de emisiones Cuenca

Fuente: (Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca de la EMOV EP, 2016)

Tipo de Combustible	Categoría
Gasolina	Automóvil
	Híbrido
	Camioneta, furgoneta
	Taxi
	Pesados
	Motos
Diésel	Automóvil
	Camioneta furgoneta

Buses

Pesados

De la clasificación indicada en la tabla 18, las categorías de Automóviles, híbridos, camionetas y furgonetas y taxis presentan un subcategorización basada en el cilindraje y en el año de origen, como se indica en la tabla 19.

Tabla 19. Conformación del parque automotor de la ciudad de Cuenca. Vehículos a Gasolina.

Año	Automóviles			Híbridos			Camionetas y furgonetas			Taxis			Pesados	Motos
	<1,4 lt	1,4-2 l	>2l	< 1,4 l	1,4-2 lt	>2lt	<1,4 lt	1,4-2 lt	>2lt	<1,4 lt	1,4-2 lt	>2 lt		
>1989	1909	1654	502	0	0	0	572	2114	251	0	0	0	75	134
1990	723	126	66	0	0	0	54	37	142	0	0	0	7	9
1991	822	311	94	0	0	0	67	70	164	0	0	0	4	12
1992	750	810	277	0	0	0	69	84	211	0	0	0	3	10
1993	499	851	336	0	0	0	95	131	387	0	0	0	4	22
1994	622	1571	314	0	0	0	166	192	662	0	0	0	4	26
1995	480	954	245	0	0	0	144	109	615	0	0	0	6	7
1996	615	1032	189	0	0	0	100	103	531	0	0	0	7	21
1997	468	1084	254	0	0	0	62	67	527	0	0	0	0	13
1998	649	1855	533	0	0	0	66	107	882	0	0	0	4	15
1999	453	1303	423	0	0	0	101	59	882	0	7	0	1	1
2000	84	371	51	0	0	0	0	18	88	1	1	0	0	15
2001	892	2273	587	0	0	0	25	35	760	4	164	0	6	53
2002	750	3364	657	0	0	0	38	41	1326	1	273	0	6	106
2003	424	2967	490	0	0	0	43	25	1250	1	229	0	7	116
2004	317	2610	423	0	0	0	26	22	1084	1	169	0	4	182
2005	452	3309	434	0	0	0	66	31	1215	1	464	0	13	182
2006	665	3411	641	0	0	0	48	31	1329	4	358	1	3	307
2007	695	3614	880	0	0	0	51	16	1416	0	373	1	9	258
2008	486	2977	763	0	1	1	6	9	1193	6	307	0	1	288
2009	632	4114	588	0	1	109	34	4	1197	4	468	0	1	423
2010	367	3357	534	0	51	349	16	16	1076	6	436	0	1	527
2011	706	4751	565	0	3	94	78	9	1026	0	525	0	0	748
2012	710	3532	450	0	63	21	204	23	698	1	327	0	4	1362

2013	480	3133	647	0	141	0	169	9	803	0	428	3	7	1715
2014	1259	3885	1368	0	41	44	120	35	1169	7	247	1	23	3858
Total	16909	59219	12311	0	301	618	2420	3397	20884	37	4776	6	200	10410

Fuente: (Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca de la EMOV EP, 2016)

Para vehículos a diésel la clasificación principal se encuentra subdividida solamente por el año de origen, como se indica en la tabla 20.

Tabla 20. Conformación del parque automotor de la ciudad de Cuenca. Vehículos a Diésel.

Fuente: (Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca de la EMOV EP, 2016)

Año	Automóviles	Camionetas y furgonetas	Buses	Pesados
>1989	7	0	3	243
1990	1	0	0	96
1991	0	0	0	64
1992	0	1	0	74
1993	1	1	0	31
1994	0	5	10	76
1995	1	19	16	79
1996	0	1	23	40
1997	0	3	11	38
1998	1	5	25	98
1999	0	15	29	123
2000	3	1	4	23
2001	1	42	68	205
2002	5	100	248	375
2003	4	190	285	259
2004	8	197	251	176
2005	85	203	168	221
2006	109	186	205	266
2007	126	188	153	411
2008	79	262	85	399
2009	102	697	112	513

2010	57	618	105	336
2011	15	845	161	553
2012	3	584	106	491
2013	15	717	82	639
2014	7	1339	154	1014
Total	630	6219	2304	6843

Resumiendo la tabla 20, se obtienen los siguientes resultados, que indican la cantidad total de vehículos a gasolina por categoría de la ciudad de Cuenca.

Tabla 21. Resumen de la conformación del parque automotor de la ciudad de Cuenca. Gasolina

Fuente: (Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca de 1a EMOV EP, 2016)

Tipo	Cantidad	%
Automóviles	88439	67,3
Híbridos	919	0,7
Camionetas y furgonetas	26701	20,3
Taxis	4819	3,6
Pesados	200	0,2
Motocicletas	10410	7,9

Y partiendo de la tabla 21, se resume la cantidad de vehículos a diésel del parque automotor circulante en la ciudad.

Tabla 22. . Resumen de la conformación del parque automotor de la ciudad de Cuenca. Diésel

Fuente: (Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca de 1a EMOV EP, 2016)

Tipo	Cantidad	%
Automóviles	630	3,9%
Camionetas y furgonetas	6219	38,9
Buses	2304	14,4%
Pesados	6843	42,8%

Como se indica en la tabla 19, el parque automotor está conformado por vehículos de diversas edades (año de origen), lo que involucra múltiples tecnologías de sistemas de alimentación. la relación entre la edad del vehículo y el sistema de alimentación se da de manera que los vehículos con año de origen menores a 1992 vienen incorporados con sistema a carburador y los vehículos a partir de 1992 se les atribuye el sistema de inyección, debido a que desde el año 1992 se incorpora en los mercados el sistema de inyección, pero desde 1992 hasta 1997 la flota Vehicular no está conformada totalmente de vehículos con sistemas de alimentación a inyección, la presencia de vehículos a carburador todavía persiste como se indica en la tabla 23, cuyos datos se obtuvieron de los concesionarios que manejan las marcas más vendidas. (Valdivieso, 2010).

Tabla 23. Distribución Vehicular por sistema de alimentación en función del año.

Fuente: (Valdivieso, 2010)

Año de fabricación	N° de Vehículos	Sistema de alimentación
<=1990	15478	Carburador
1991	1784	Carburador
1992	2494	Carburador e Inyección
1993	2666	Carburador e Inyección
1994	4217	Carburador e Inyección
1995	3021	Carburador e Inyección
1996	2579	Carburador e Inyección
1997	2255	Carburador e Inyección
1998	3660	Inyección
1999	2722	Inyección
2000	555	Inyección
2001	4077	Inyección
2002	5550	Inyección
2003	4293	Inyección
2004	3917	Inyección

2005	4395	Inyección
2006	4551	Inyección
2007	4424	Inyección
2008	3297	Inyección
2009	1998	Inyección
2010	346	Inyección
2011	1	Inyección

6.3.2. Caracterización de la flota Vehicular de Cuenca en base a la clasificación del modelo IVE

La caracterización Vehicular de IVE, primero parte del tipo de vehículo y se presentan tres opciones:

- Auto / Sn Truck (Auto/Camioneta).- Vehículos de pasajeros (automóviles, camioneta, VAN o SUV) de peso bruto Vehicular menor a 900lb.
- TK/ BUS (Camión / Bus) .-Vehículos de peso bruto mayor a 900lb
- Sm1Eng (Motor pequeño) .- motocicletas o vehículos de 3 ruedas

Y a partir de esta clasificación se continúa de forma más detallada caracterizando la flota Vehicular en función en los parámetros presentados en la tabla 24.

Tabla 24. Criterios para clasificación Vehicular según el modelo IVE

Fuente: (IVE Software)

Criterio	Característica
Tipo de combustible	Gasolina
	Gas Natural
	Propano
	Etanol
	Diésel
Sistema de alimentación	GNC/GLP
	Carburador
	Inyección Monopunto
	Inyección Multi punto
	Inyección Pre cámara
Peso	Inyección Diésel
	Liviano (vehículos con motor <1,5 lt)
	Mediano (vehículos con motor de 1,5 a 3 lt)
	Pesado (vehículos con motor >3lt)

Sistema de tratamiento de gases	Ninguno
	Ninguno/EGR
	Catalizador de 2 vías
	Catalizador de 2 vías / EGR
	Catalizador de 3 vías
	Catalizador de 3 vías/EGR
Edad por kilometraje acumulativo	<79K km
	80-161K km
	>161K km

Siendo la configuración Vehicular de la categoría automóviles a gasolina ingresada en el modelo IVE la que se indica en la tabla 25.

Tabla 25. Configuración Vehicular Cuenca categoría automóviles para el ingreso de datos al modelo IVE

Fuente: Autor

Código	Tamaño	Sistema de alimentación	Tecnología	Vida		Cantidad	%
				útil	(Km)		
2	Liviano	Carburador	NON	PCV	>161	1096	1,24%
5	Mediano	Carburador	NON	PCV	>161	2764	3,12%
8	Pesado	Carburador	NON	PCV	>161	205	0,23%
11	Liviano	Carburador	2way	PCV	>161	578	0,65%
14	Mediano	Carburador	2way	PCV	>161	1456	1,65%
17	Pesado	Carburador	2way	PCV	>161	108	0,12%
74	Liviano	Monopunto	2way/EGR	PCV	>161	950	1,07%
77	Mediano	Monopunto	2way/EGR	PCV	>161	2395	2,71%
110	Liviano	Multipunto	NON/EGR	PCV	>161	3517	3,98%
113	Mediano	Multipunto	NON/EGR	PCV	>161	8868	10,03%
116	Pesado	Multipunto	NON/EGR	PCV	>161	837	0,95%
119	Liviano	Multipunto	3way	PCV	>161	5515	6,24%
122	Mediano	Multipunto	3way	PCV	>161	13907	15,72%
125	Pesado	Multipunto	3way	PCV	>161	1033	1,17%
128	Liviano	Multipunto	3way/EGR	PCV	>161	12190	13,78%
131	Mediano	Multipunto	3way/EGR	PCV	>161	30737	34,76%
134	Pesado	Multipunto	3way/EGR	PCV	>161	2283	2,58%
Total						88439	100,0%

La categoría de camionetas y furgonetas se ha analizado de forma separada, debido a que el kilometraje recorrido de las furgonetas según el promedio de la base de datos de la EMOV es de 22300km anuales y las camionetas tienen un recorrido de 17600km. Por lo tanto la configuración Vehicular de camionetas y furgonetas a gasolina ingresada en el modelo IVE se indican en las tabla 26 y 27 respectivamente.

Tabla 26. Configuración Vehicular de Cuenca para Camionetas para el ingreso de datos al modelo IVE

Fuente: Autor

Código	Tamaño	Sistema de alimentación	Tecnología	Vida Útil	Cantidad	%
2	Liviano	Carburador	NON	PCV	>161	120 0,48%
5	Mediano	Carburador	NON	PCV	>161	2711 10,81%
8	Pesado	Carburador	NON	PCV	>161	169 0,67%
122	Mediano	Multipunto	3way	PCV	>161	1492 5,95%
125	Pesado	Multipunto	3way	PCV	>161	98 0,39%
128	Liviano	Multipunto	3way/EGR	PCV	>161	125 0,50%
131	Mediano	Multipunto	3way/EGR	PCV	>161	16637 66,33%
134	Pesado	Multipunto	3way/EGR	PCV	>161	3729 14,87%
Total					25081	100%

Tabla 27. Configuración Vehicular de Cuenca para Furgonetas para el ingreso de datos al modelo IVE

Fuente: Autor

Código	Tamaño	Sistema de alimentación	Tecnología	Vida Útil	Cantidad	%
5	Mediano	Carburador	NON	PCV	>161	149 9,2%
8	Pesado	Carburador	NON	PCV	>161	53 3,3%
122	Mediano	Multipunto	3way	PCV	>161	21 1,3%
128	Liviano	Multipunto	3way/EGR	PCV	>161	975 60,2%
131	Mediano	Multipunto	3way/EGR	PCV	>161	410 25,3%
134	Pesado	Multipunto	3way/EGR	PCV	>161	12 0,7%
Total					1620	100%

6.3.3. Caracterización de la flota Vehicular de Cuenca en base a la clasificación del modelo COPERT

COPERT determina las emisiones generadas de 5 categorías principales de vehículos las cuales se pueden observar en la tabla 26, a partir de estas categorías se generan subcategorías que dependen de diferentes factores como: tipo de combustible, cilindrada, peso del vehículo y legislación como se indica en la tabla 28.

Tabla 28. Clasificación Vehicular básica del modelo COPERT.

Fuente: (Ntziachristos & Samaras, 2000), (INEN, 2016)

Categoría	Característica
Vehículos de pasajeros	Vehículos utilizados para el transporte de pasajeros que comprenden menos de 8 asientos.
Vehículos livianos	Vehículos utilizados para el transporte de mercancía, con un peso máximo de 3500 Kg.
Vehículos pesados	Vehículos utilizados para el transporte de mercancía, con un peso mayor a 3500 Kg.
Buses	Vehículos utilizados para el transporte de pasajeros que comprende más de 8 asientos.
Ciclomotores	Vehículos motorizados con menos de 4 ruedas

Tabla 29. Subcategorías de la clasificación Vehicular principal

Fuente: (EEA, 2007)

Tipo de Combustible	Cilindrada	Peso del vehículo	Legislación
Gasolina	(< 50) cc		PRE ECE ECE 15100 – 01
Diésel	(50 - 250) cc	(<3,5) t	ECE 151 02

LPG (Gas licuado de petróleo)	(250-750) cc	(>3,5) t	ECE 15103
CNG	(>750) cc	(<7,5) t	ECE 104
Biodiesel	(<1,4) lt	(7,5 -16) t	Improved Conv.
Bioetanol	(1,4 – 2)lt	(16 - 32) t	Open loop
H2	(>2)lt	(>32) t	EURO
ETBE			1,2,3,4,5,6

La legislación hace referencia al tipo de tecnología del vehículo, debido a que mediante el establecimiento de normas de emisión para mejorar la Calidad del aire los fabricantes vehículos mejoran o desarrollan nuevas tecnologías para cumplir con estas normativas.

La metodología CORINAIR sigue las enmiendas del Reglamento 15 de la CEPE respecto a las emisiones de contaminantes procedentes de vehículos de menos de 3,5 toneladas de peso bruto. De acuerdo con las Directivas CE pertinentes, las fechas aproximadas de implementación son las siguientes:

- PRE ECE <=1971
- PRE ECE 1500-01 1972-1977
- PRE ECE 1502 1978-1980
- PRE ECE 1503 1981-1985
- PRE ECE 1504 >=1985
- Configuración de la flota Vehicular

Para la configuración de la flota Vehicular de la categoría automóviles y camionetas y furgonetas del inventario, se clasifico en función del cilindraje y la tecnología según el año de fabricación del vehículo según como se establece en la metodología CORINAIR.

Siendo la configuración Vehicular de la categoría automóviles a gasolina ingresada en el modelo COPERT la que se indica en la tabla 30.

Tabla 30. Configuración Vehicular de Cuenca para la categoría automóviles para el ingreso de datos al modelo COPERT

Fuente: (Autor)

Categoría COPERT	Tamaño	Cilindraje	Tecnología	Nº Vehículos
Passenger cars	SMALL	<1400 cc	PRE ECE	47
Passenger cars	MEDIUM	1400-2000 cc	PRE ECE	49
Passenger cars	SUV	>2000cc	PRE ECE	13
Passenger cars	SMALL	<1400 cc	PRE ECE1500-01	306
Passenger cars	MEDIUM	1400-2000 cc	PRE ECE1500-01	153
Passenger cars	SUV	>2000cc	PRE ECE1500-01	43
Passenger cars	SMALL	<1400 cc	PRE ECE1502	123
Passenger cars	MEDIUM	1400-2000 cc	PRE ECE1502	229
Passenger cars	SUV	>2000cc	PRE ECE1502	71
Passenger cars	SMALL	<1400 cc	PRE ECE1503	56
Passenger cars	MEDIUM	1400-2000 cc	PRE ECE1503	183
Passenger cars	SUV	>2000cc	PRE ECE1503	272
Passenger cars	SMALL	<1400 cc	PRE ECE1504	13800
Passenger cars	MEDIUM	1400-2000 cc	PRE ECE1504	60614
Passenger cars	SUV	>2000cc	PRE ECE1504	12481
Total				88439

Y para camionetas y furgonetas a gasolina, la configuración Vehicular ingresada en el modelo COPERT se indican en la tabla 31 y 32 respectivamente.

De igual manera que en el modelo IVE las camionetas se analizan por separado de las furgonetas debido a diferencias que se presentan en la actividad Vehicular o kilometraje recorrido, ver tabla 37.

Tabla 31. Configuración Vehicular de Cuenca de la categoría camionetas para el ingreso de datos al modelo COPERT

Fuente: (Autor)

Categoría COPERT	Tamaño	Cilindraje	Tecnología	N° Vehículos
Passenger cars	SMALL	<1400 cc	PRE ECE	21
Passenger cars	MEDIUM	1400-2000 cc	PRE ECE	21
Passenger cars	SUV	>2000cc	PRE ECE	27
Passenger cars	SMALL	<1400 cc	PRE ECE 1500-01	27
Passenger cars	MEDIUM	1400-2000 cc	PRE ECE 1500-01	223
Passenger cars	SUV	>2000cc	PRE ECE 1500-01	74
Passenger cars	MEDIUM	1400-2000 cc	PRE ECE 1502	282
Passenger cars	SUV	>2000cc	PRE ECE1502	250
Passenger cars	SMALL	<1400 cm	PRE ECE 1503	5
Passenger cars	MEDIUM	1400-2000 cc	PRE ECE1503	154
Passenger cars	SUV	>2000cc	PRE ECE 1503	197
Passenger cars	SMALL	<1400 cc	PRE ECE 1504	143
Passenger cars	MEDIUM	1400-2000 cc	PRE ECE1504	1285
Passenger cars	SUV	>2000cc	PRE ECE1504	22372
Total				25081

Tabla 32. Configuración Vehicular de la categoría de Furgonetas de Cuenca para el ingreso de datos al modelo COPERT

Fuente: (Autor)

Categoría COPERT	Tamaño	Cilindraje	Tecnología	N° Vehículos
Passenger cars	MEDIUM	1400-2000 cc	PRE ECE1502	11
Passenger cars	SUV	>2000cc	PRE ECE1502	21
Passenger cars	SUV	>2000cc	PRE ECE1503	16
Passenger cars	SMALL	<1400 cc	PRE ECE1504	972

Passenger cars	MED1UM	1400-2000 cc	PRE ECE1504	69
Passenger cars	SUV	>2000cc	PRE ECE1504	531
Total				1620

6.3.4. Datos de entrada correspondientes a la ciudad de Cuenca para estimar las emisiones mediante el modelo COPERT.

A continuación se describen los datos de ingreso de la ciudad de Cuenca respondiendo a los insumos mínimos que se necesitan para estimar las emisiones mediante el modelo COPERT, los cuales se observan en la tabla 13.

- Parámetros Meteorológicos

En la tabla 29 se observa los datos meteorológicos de la ciudad de Cuenca, que el programa COPERT requiere para estimar las emisiones, estos datos tratan de establecer bajo qué condiciones ambientales se encuentra funcionando el parque automotor de la ciudad. El valor humedad relativa ingresado en el programa corresponde al valor promedio de los valores diarios, los cuales se encuentran descritos en la tabla A2 del Anexo1.

Tabla 33. Características meteorológicas de la ciudad de Cuenca 2017

Fuente: (Datos reportados por la estación meteorológica 842390)

Mes	T. Media (°C)	T. Máx. (°C)	T. Min (°C)	Humedad Relativa (%)
Enero	15,4	22,3	11	71,64
Febrero	15,7	22,9	11,5	71,5
Marzo	15,3	22,3	12	78,36
Abril	15,9	22,1	12	74,607
Mayo	15,7	22,4	11,5	76,18
Junio	15,8	23,9	10,4	68,29
Julio	14,5	20,3	9,4	67,57
Agosto	15,9	21	9,6	66,07

Septiembre	16	24	10	61,36
Octubre	16	24,7	10,7	67,82
Noviembre	16,8	25,8	10,5	58,82
Diciembre	16,9	25,3	11,1	63,29

- Características del combustible

Según la interfaz del modelo, como se indica en la figura 11, se pueden ingresar características a los siguientes combustibles:

- Petrol Grade 1 y Petrol Grade 2 que es igual a Gasolina
- Diesel Grade 1 y Diesel grade 2 que es igual a Diésel
- LPG Grade 1 y LPG que corresponde a Gas licuado de petróleo
- Biodiesel y otros que se indican en la figura 12.

Primary Fuel	Energy Content [MJ/kg]	H:C Ratio [-]	O:C Ratio [-]	Density [kg/m3]	S [ppm wt]
Petrol Grade 1	48.653	1.86	0	739.28	32
Petrol Grade 2	42.792	1.86	0	739	97
Diesel Grade 1	42.695	1.86	0	840	0
Diesel Grade 2	42.695	1.86	0	840	0
LPG Grade 1	46.564	2.525	0	520	0
LPG Grade 2	46.564	2.525	0	520	0
CNG	48	4	0	175	0
Biodiesel	37.3	1.95	0.11	890	0
Bioethanol	28.8	3	0.5	794	0
H2	43.774	0	0	0	0
ETBE	36.2	2.33	0.167	736	0

Figura 11. Entrada de datos para características de combustible

Fuente: (Programa COPERT)

Por lo tanto al tipo de combustible Petrol Grade 1 se le asignan las características del combustible Súper y a Petrol Grade 2 las características del combustible Ecopaís, las cuales se encuentran descritas en la tabla 30.

Tabla 34. Características del combustible asignadas por el programa y características reales del combustible utilizado en Cuenca.

Fuente: (Gallegos, 2005), (EMOV, 2018)

	Tipo de combustible	P. Calorífico (MJ/Kg)	H:C	O:C	Densidad (Kg/m3)	S (ppm)	Pb (ppm)	Cd (ppm)
Copert	Petrol 1	43,774	1,86	0	750	0	0,0016	0,0002
	Petrol 2	43,774	1,86	0	750	0	0,0016	0,0002
	Diesel 1	42,695	1,86	0	840	0	0,0005	0,00005
Cuenca	Súper	48,653	*1,86	*0	739,28	32	*0,0016	*0,0002
	Ecopaís	42,792	*1,86	*0	739	97	*0,0016	*0,0002
	Diésel Premium	*42,605	*1,86	*0	*840	88,28	*0,0005	*0,00005

* Se mantiene el valor por defecto del programa por falta de datos.

- Características del lubricante

Se mantienen los valores por defecto del programa.

- Consumo de combustible

En la metodología CORINAIR el consumo de combustible es igual a la cantidad de combustible vendido, y el combustible vendido en la ciudad de Cuenca se indica en la tabla 35.

Tabla 35. Combustible Vendido en el cantón Cuenca en el año 2014

Fuente: (Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca de la EMOV EP, 2016)

Tipo	Combustible Vendido (Galones)
Súper	6.264.329,00
Ecopaís	46.607.289,00
Diésel Premium	36.768.707,00

La categoría de vehículos a gasolina representa el 67,3% del parque automotor siendo el consumo utilizado para esta categoría los datos representados en la tabla 36.

Tabla 36. Combustible Vendido en el cantón Cuenca en el año 2014 para la categoría de automóviles a gasolina.

Fuente: Autor

Tipo	Combustible Vendido (Galones)
Súper	4.215.893,42
Ecopaís	31.366.705,5

Para el ingreso de estos datos, en el modelo es necesario expresar el consumo de combustible en [TJ], como se indica en la figura 12.

Primary Fuel	Total Fuel sales [TJ]
Petrol Grade 1	689.35
Petrol Grade 2	4,509.26

Figura 12. Ingreso de consumo de combustible. COPERT
Fuente: Autor

El dato de consumo de combustible sirve para efectuar una corrección al consumo calculado mediante el balance energético que realiza el programa.

Debido a la falta de datos la estimación del consumo de las categorías de camionetas y furgonetas no se corrige en función del combustible vendido.

- Datos de actividad Vehicular

Los datos de actividad Vehicular, hacen referencia al kilometraje recorrido de cada categoría en el periodo de un año y a la vida útil del vehículo expresada en kilometraje acumulativo.

En la tabla 37 se indica el kilometraje recorrido anual por categoría Vehicular que se obtuvo a partir de la media recortada de la base de datos de vehículos matriculados de la EMOV.

Tabla 37. Indicador de Kilómetros recorridos en la ciudad de Cuenca

Fuente: (Autor)

Categoría	Kilometraje (Km)
Automóviles	13300
Camionetas	16500
Furgonetas	22300

El kilometraje promedio anual de los vehículos circulantes en la ciudad omitiendo los vehículos dedicados al transporte comercial (taxis) es de 13300km, en la figura 13 se puede observar que la actividad Vehicular oscila con mayor frecuencia entre los 7150 y 16150km.

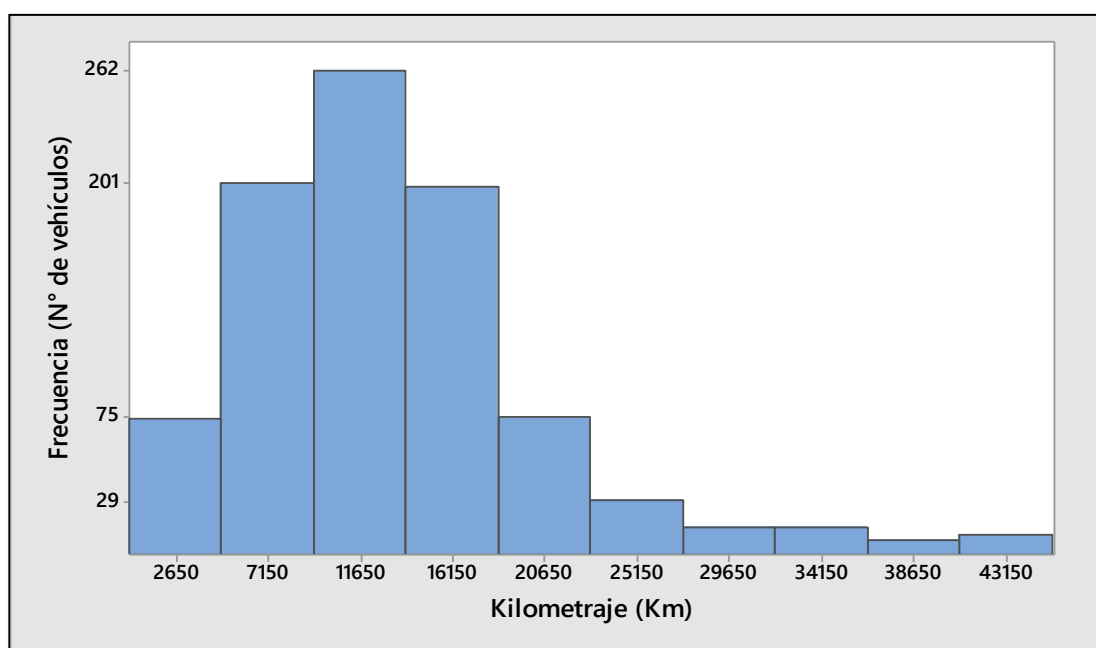


Figura 13. Histograma de frecuencias de actividad Vehicular para la categoría de vehículos de la ciudad de Cuenca

Fuente: Autor

En la figura 14. Se indica el histograma de frecuencias de la actividad Vehicular de la categoría de camionetas y en la figura 15. El histograma de frecuencias de la categoría de furgonetas.

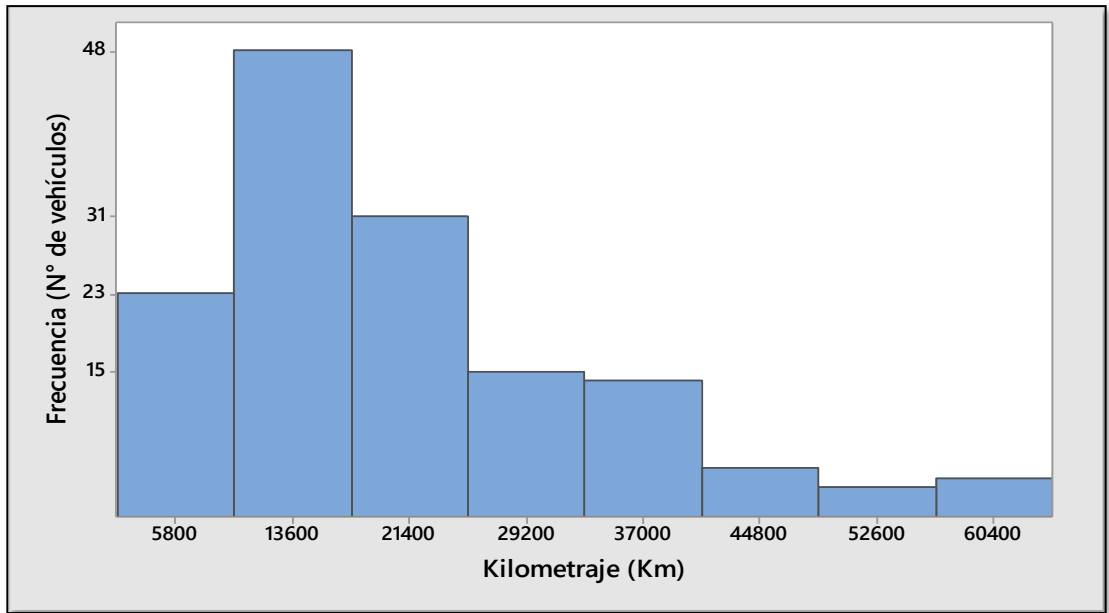


Figura 14. . Histograma de frecuencias de actividad Vehicular para la categoría de camionetas de la ciudad de Cuenca

Fuente: Autor

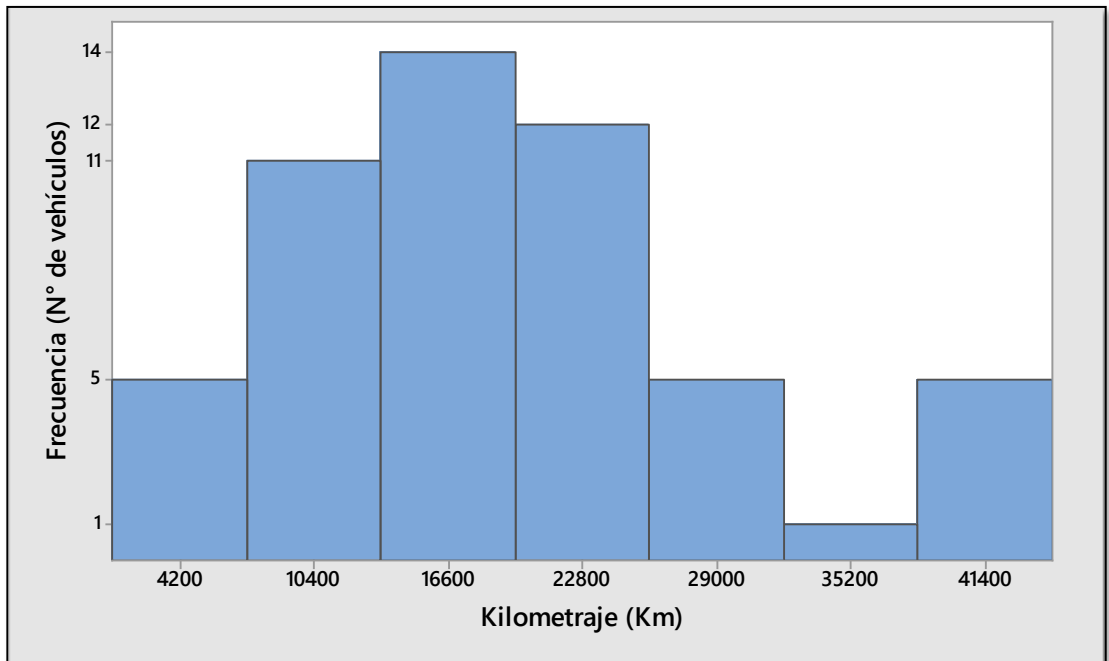


Figura 15. Histograma de frecuencias de actividad Vehicular para la categoría de furgonetas de la ciudad de Cuenca

Fuente: Autor

Según la (CINAE, 2018) la vida útil del parque automotor del Ecuador es de 12,2 años, sin embargo los datos de vida útil ingresados en el programa se indican en la

tabla 38, cuyos valores corresponden al promedio de la edad del parque automotor, de los vehículos que se encuentra registrados dentro de la base de datos de la EMOV.

Tabla 38. Indicador de vida útil de los vehículos de la ciudad de Cuenca

Fuente: (Autor)

Categoría	Vida útil (años)
Automóviles	11
Camionetas	14
Furgonetas	11

Partiendo de estos datos se obtiene el kilometraje acumulativo como resultado del producto del kilometraje recorrido promedio (Tabla 37) por la vida útil del parque automotor en años (Tabla 38). Siendo los valores que se indican en la tabla 39, los datos a ingresar en el modelo COPERT.

Tabla 39. Datos de actividad Vehicular

Fuente: Autor

Categoría	Actividad media (Km/día)	Actividad media (Km/año)	Actividad acumulada (Km)
Automóviles	36	13300	146300
Camionetas	45	16500	231000
Furgonetas	61	22300	245300

- Datos de circulación

El ciclo de conducción representativo de la ciudad de Cuenca de un vehículo de categoría M1 según (Pérez & Quito, 2018) corresponde a los parámetros que se indican en la tabla 34. Los cuales se obtuvieron mediante el criterio de ponderaciones, de 10 rutas establecidas analizadas en horas pico y en horas valle.

Tabla 40. Parámetros característicos del ciclo de conducción de Cuenca

Fuente: (Pérez & Quito, 2018)

Parámetro	Valor	Unidad
Velocidad Promedio (Vl)	26,09	Km/h
Velocidad Máxima (Vmáx)	61	Km/h
Número de Paradas (N)	12	~
Tiempo Total de manejo (Tmanejo)	1168	s
Tiempo en ralentí (Tralentí)	280	s
Distancia recorrida (Drecorrida)	10494	m
Aceleración promedio (a)	0,88	m/s ²
Aceleración máxima (a máx)	4,72	m/s ²
Tiempo de aceleración (Taceleración)	530	s
Proporción del tiempo de manejo en ralentí (Pi)	81	%
Proporción del tiempo de manejo en aceleración (Pa)	36,6	%

El ciclo de conducción de la Ruta 3 (Autopista Cuenca- Azogues) analizada por (Pérez & Quito, 2018), que se indica en la tabla 41, se ha tomado como referencia para el ciclo de conducción del modo Autopista y mediante los datos de las 9 rutas restantes correspondientes al casco urbano de la ciudad de Cuenca (revisar Tabla A3. Anexo 1) se ha determinado la velocidad promedio y velocidad máxima para los modos de conducción Urbana (Urban peak y Urban Off peak) mediante el método utilizado por Pérez y Quito (Revisar Tabla A4. Anexo1), obteniendo los resultados que se indican en la tabla 42.

Tabla 41. Ciclo de conducción Autopista Cuenca- Azogues

Fuente: (Pérez & Quito, 2018)

Parámetro	Valor	Unidad
Velocidad Promedio (VI)	62,84	Km/h
Velocidad Máxima (Vmáx)	83	Km/h
Número de Paradas (N)	1	~
Tiempo Total de manejo (Tmanejo)	1189	s
Tiempo en ralentí (Tralentí)	37	s
Distancia recorrida (Drecorrida)	21399	m
Aceleración promedio (a)	0,49	m/s ²
Aceleración máxima (a máx)	4,17	m/s ²
Tiempo de aceleración (Taceleración)	632	s
Proporción del tiempo de manejo en ralentí (Pi)	97	%
Proporción del tiempo de manejo en aceleración (Pa)	51,55	%

Tabla 42. Datos de circulación de ingreso al modelo COPERT.

Fuente: (Pérez & Quito, 2018)

Insumo	Modo Urbano		Modo Rural	Modo Autopista
	Urban	Urban Off		
	Peak	Peak		
% Vehicular	30	30	20	20
Velocidad promedio (Km/h)	21,38	22,43	*40	62,84
Velocidad Máxima (Km/h)	55	61	*70	83
* Por Defecto				

- Características del viaje

Los datos correspondientes a Cuenca se obtuvieron del ciclo de conducción que se muestra en la tabla 40, que indica la distancia de 10 494 m recorridos en 1168s, cuyos datos se encuentran transformados en las unidades de medida que requiere el programa en la tabla 43.

Tabla 43. Características del viaje asignadas por COPERT y características reales para la ciudad de Cuenca

Fuente: (Software modelo de emisión COPERT) (Pérez & Quito, 2018)

Parámetro	COPERT	Cuenca
Distancia recorrida (Km)	12	10,494
Distancia recorrida (h)	0,25	0,324

6.3.5. Datos correspondientes a la ciudad de Cuenca para estimar las emisiones mediante el modelo IVE.

En el modelo IVE, los datos se pueden ingresar por horas o por día, en este análisis los datos corresponden a un valor diario.

- Datos Meteorológicos

Tabla 44. Datos Meteorológicos de Cuenca al modelo IVE

Fuente: (Datos reportados por la estación meteorológica 842390)

Insumo	Valor
Humedad Relativa	69%
Temperatura	16°C
Altitud	2550

- Características del combustible

Tabla 45. Datos de entrada de combustible al modelo IVE

Fuente: Autor

Insumo	Valor
Contenido de Azufre	Bajo (50ppm)
Contenido de Plomo	Ninguno
Contenido de Benceno	Moderado (1,5%)
Contenido de Oxigenados	0%

- Características de Conducción

Tabla 46. Datos de entrada de las características de conducción al modelo IVE

Elaborado por: Autor

Parámetro	Residencial	Arterial	Highway
Velocidad Promedio (Km/h)	22,4	40	62,8
N° Vehículos	53063,4	17688	17688
N° Partidas/día	636760,8	212253,6	0
Kilometraje/día (Km)	1931507,76	643835,92	643835,92

6.3.6. Resultados de la estimación de emisiones mediante el modelo COPERT e IVE

Los resultados obtenidos mediante el modelo IVE, se expresan en toneladas por día, por lo tanto los valores presentados en las figuras 13 y 14 se multiplican por 365 obteniendo las emisiones en toneladas por año como se indica en la tabla 47.

		Mostrar Hora		Mostrar Unidades		Distancia/Tiempo		Partidas	
		0:00/día...		toneladas métricas		3219179.6 km		849014.4	
Resultados		CO	VOC	VOC evap.	NO _x	SO _x	PM		
Partidas Hora		26.17	2.11	1.31	1.46	0.0	0.03		
En Ruta Hora		44.03	4.0	1.77	2.77	0.01	0.03		
Total Hora		70.2	6.11	3.08	4.24	0.01	0.06		
Partidas Dia		26.17	2.11	1.31	1.46	0.0	0.03		
En Ruta Dia		44.03	4.0	1.77	2.77	0.01	0.03		
Total Dia		70.2	6.11	3.08	4.24	0.01	0.06		

Figura 16. Contaminantes criterio para la categoría automóviles a gasolina. Modelo IVE

Fuente: Autor

		Mostrar Hora		Mostrar Unidades		Distancia/Tiempo		Partidas	
		0:00/día...		toneladas métricas		3219179.6 km		849014.4	
Resultados		CO ₂	N ₂ O	CH ₄					
Partidas Hora		19.6	0.01	0.42					
En Ruta Hora		709.25	0.03	0.81					
Total Hora		728.84	0.04	1.23					
Partidas Dia		19.6	0.01	0.42					
En Ruta Dia		709.25	0.03	0.81					
Total Dia		728.84	0.04	1.23					

Figura 17. Contaminantes de efecto invernadero para la categoría automóviles a gasolina. Modelo IVE

Fuente: Autor

En la tabla 47, se muestran los resultados de las emisiones estimadas mediante los Modelos COPERT e IVE para la categoría de automóviles a gasolina de la flota Vehicular de Cuenca. En la sección de anexos a partir de la tabla A5 y A6 se pueden encontrar los resultados a detalle de las emisiones de CO y CO₂ mediante el modelo COPERT.

Tabla 47. Resultados de la estimación del parque automotor de la ciudad de Cuenca correspondiente a la categoría automóviles a gasolina mediante los modelo COPERT e IVE

Fuente: Autor

Contaminante	Inv. Cuenca 2014 (Ton/año)	COPERT (Ton/año)	IVE (Ton/año)
CO	33.523,31	21.232,04	25.623,00
CO ₂	273.114,37	294.038,60	266.026,60
COV	3.444,75	3.047,56	3.354,35
CH ₄	105,46	346,85	448,95
NO _x	1.134,27	2.387,99	1.547,60
N ₂ O	26,88	10,11	14,60
PM	168,33	51,38	23,73
SO ₂	18,67	15,86	5,11

En la tabla 48, se muestran los resultados de las emisiones estimadas mediante los modelos COPERT e IVE para la categoría de camionetas y furgonetas de la flota Vehicular de Cuenca.

Tabla 48. Resultados de la estimación del parque automotor de la ciudad de Cuenca correspondiente a la categoría Camionetas y furgonetas a gasolina mediante los modelos COPERT e IVE.

Fuente: Autor

Contaminante	Inv. Cuenca 2014 (Ton/año)	COPERT (Ton/año)	IVE (Ton/año)
CO	13.384,76	8.318,40	8.968,05
CO ₂	104.304,98	130.936,43	113.022,25
COV	566,47	1.182,20	704,45
CH ₄	41,27	132,69	138,70
NO _x	579,74	1.030,22	459,90
N ₂ O	9,84	3,87	7,30
PM	50,05	19,66	14,60
SO ₂	6,79	5,15	3,65

A continuación, en las tablas 49 y 50, se indica el error porcentual que existe entre los resultados obtenidos mediante los modelos COPERT e IVE respecto de los resultados que presenta el inventario de emisiones de la ciudad de Cuenca y el error presentado entre el modelo IVE respecto del modelo COPERT, el cual se calculó con la siguiente fórmula.

$$E = \frac{X2 - X1}{X1} * 100 \quad (19)$$

Tabla 49. Diferencia porcentual entre modelos de emisión. Categoría Automóviles.

Fuente Autor

Contaminante	Copert – Inv. Cuenca (%)	IVE-Inv. Cuenca (%)	IVE-COPERT (%)
CO	-36,66	-23,57	20,68
C02	7,66	-2,60	-9,53
COV	-11,53	-2,62	10,07
CH4	228,91	325,73	29,44
N0x	110,53	36,44	-35,19
N2O	-62,39	-45,68	44,41
PM	-69,48	-85,91	-53,82
SO2	-15,04	-72,63	-67,78

Tabla 50. Diferencia porcentual entre modelos de emisión. Categoría Camionetas y Furgonetas

Fuente Autor

Contaminante	Copert – Inv. Cuenca (%)	IVE-Inv. Cuenca (%)	IVE-COPERT (%)
CO	-37,85	-33,00	7,81
C02	25,53	8,36	-13,68
COV	108,70	24,36	-40,41
CH4	221,56	236,12	4,53
N0x	77,70	-20,67	-55,36
N2O	-60,67	-25,81	88,63
PM	-60,72	-70,83	-25,74
SO2	-24,13	-46,23	-29,13

No se puede establecer, a que se debe la diferencia entre los resultados del inventario de emisiones de Cuenca con los resultados obtenidos mediante los modelos COPERT e IVE, debido a que se desconocen los datos de entrada utilizados en el

cálculo del inventario de emisiones de Cuenca como el contenido de azufre del combustible, velocidad promedio y actividad Vehicular.

la emisión de CO₂ del inventario de emisiones de Cuenca no se ajusta a factores de velocidad, temperatura, patrones de conducción debido a que el factor de emisión fue obtenido mediante el modelo MOBILE el cual no se establece una relación entre la emisión de CO₂ y estos parámetros, dependiendo absolutamente del consumo de combustible y kilometraje recorrido, en tanto que en los modelos COPERT e IVE la emisión de todos los contaminantes dependen de un factor de ajuste estructurado a partir de parámetros meteorológicos, características de combustible y patrones de conducción.

La diferencia de resultados entre modelos también se debe a la configuración Vehicular, ya que en función de esta característica se establece el factor de emisión base. Y los factores de emisión del inventario de emisiones de Cuenca sigue la configuración propuesta por el modelo MOBILE el cual clasifica el parque automotor solo en función del año de fabricación, tipo de vehículo y tipo de combustible, mientras tanto que en los modelos COPERT e IVE la clasificación es más detallada en el que intervienen distintas consideraciones de legislación y sistemas de alimentación que dependen del modelo de emisión de se utilice, cambiando completamente el valor del factor de emisión base. Seguido de la metodología de cálculo que siguen los modelos, COPERT estima las emisiones en frío a partir de la longitud de viaje y tiempo de viaje más parámetros meteorológicos e IVE estima a partir del número de partidas y tiempo SOAK más parámetros meteorológicos, es decir que cada modelo utiliza diferentes insumos de patrones de conducción, características de localidad y de flota Vehicular, por lo tanto el factor de ajuste o corrección, también cambiará respecto al modelo utilizado.

En cuanto a la mayor presencia de N0X estimado por el modelo de emisión COPERT, se debe a que se considera un poder calorífico de 48,653 MJ/Kg y en el modelo IVE el poder calorífico estándar de 43,77 MJ/Kg, y ha mayor poder calorífico, mayor temperatura por lo tanto aumenta la presencia de N0x,

La estimación SO2 en IVE resulta menor que COPERT puesto que en IVE se utiliza un valor de contenido de azufre no característico del combustible de la ciudad, si no, una opción aproximada que presenta el modelo de 50ppm que resulta mucho menor al valor real de ECOPAIS de 97ppm y Súper de 32ppm y en el modelo COPERT es posible ingresar estos valores.

El signo negativo que acompaña al error significa un decremento en las emisiones y el signo positivo un aumento en las emisiones. Partiendo de esto se puede observar en la tabla 49 que las emisiones de CO, N20 y PM existe un error negativo por parte de ambos modelos respecto al inventario, definiéndose como una sobrestimación por parte del inventario de emisiones para la categoría de automóviles.

De igual manera para las emisiones de C02, CH4 y N0x ambos modelos coinciden en un error positivo, lo que representaría una subestimación de este contaminante por parte del inventario de emisiones de Cuenca para la categoría de automóviles.

6.4.Fase 4: Alternativas para mejorar la estimación del inventario de emisiones.

En esta fase, se comparan los modelos de emisión COPERT e IVE, con el objetivo de recomendar el modelo que mejor se apegue a las características de la ciudad y de esta manera mejorar la estimación de las emisiones Atmosféricas producidas por el parque automotor.

6.4.1. Comparación entre el modelo COPERT e IVE

En la tabla 51. Se indica las características de la información solicitada por los modelos.

Tabla 51. Comparación descriptiva entre los modelos de emisión COPERT e IVE
Fuente: Software modelos de emisión IVE y COPERT

Característica	COPERT	IVE
Parámetros Meteorológicos		
Temperatura	Temperatura Mínima y Máxima/mes	Temperatura/hora
Humedad Relativa	Humedad Relativa/Mes	Humedad Relativa/hora
Altura	No Aplica	Altitud propia de la Localidad
Características del Combustible		
Poder Calorífico	Permite ingresar el valor del combustible local	No Aplica
Densidad	Permite ingresar el valor del combustible local	No Aplica
Contenido de Azufre	Permite ingresar el valor del combustible local	Presenta 4 Opciones Súper Bajo (15ppm) Bajo(50ppm) Moderado(300ppm) Alto(600ppm)
Consumo	Combustible Vendido	Consumo calculado en función de la potencia específica
Actividad Vehicular		
Patrones de Conducción	Urbana Rural Autopista	Residencial Arterial Autopista
Kilometraje recorrido	Kilometraje recorrido anual/ por categoría Vehicular y patrón de conducción	Kilometraje recorrido diario u horario/categoría Vehicular y patrón de conducción

Velocidad Promedio	Velocidad promedio/ por categoría Vehicular y patrón de conducción	Velocidad promedio/ por categoría Vehicular y patrón de conducción
N° de arranques	No aplica	N° de arranques/ por categoría Vehicular y patrón de conducción

Caracterización de la flota Vehicular

Configuración de la flota	Vehículos fabricados de acuerdo a la legislación Europea	Vehículos Fabricados bajo estándares Europeos, estadounidenses y otros. (Diversidad de mercado)
Legislación y Tecnologías de tratamiento de gases	Tecnologías correspondientes a la legislación europea	Presenta una gran diversidad de tecnologías combinadas y por separado, más tecnologías correspondientes a la legislación europea y estadounidense.
Sistema de alimentación	No aplica, el sistema de alimentación viene vinculado a la legislación	Permite configurar la flota en función de diversos sistemas de alimentación

Estimación

FC	En función de Velocidad Promedio	En función de Potencia Específica
----	----------------------------------	-----------------------------------

6.4.2. Consideraciones a tomar en cuenta en la selección del modelo.

Mientras mayor sea la posibilidad de que el modelo permita el ingreso de datos característicos de la localidad y flota Vehicular, menor será la incertidumbre en la estimación.

- Parámetros Meteorológicos

Como se puede observar en la figuras 5, 6,7 y 8, el comportamiento de la humedad relativa en la ciudad de Cuenca no se puede describir correctamente en base a un valor promedio mensual, por la variabilidad que este parámetro presenta. Por lo tanto la consideración de un valor horario o diario de la humedad relativa permite describir de mejor manera las condiciones meteorológicas bajo las que se encuentra funcionando el parque automotor de la ciudad, debido a que tanto la humedad relativa como la temperatura son factores que influyen indirectamente en la combustión de los vehículos.

Al ser la altitud sobre la clase del mar uno de los parámetros que ejerce efectos en la presión atmosférica y en la concentración de oxígeno en el aire, disminuyendo notablemente la potencia indicada y por lo tanto la potencia efectiva, es indispensable que los modelos de emisión tomen en cuenta este parámetro en el cálculo de las emisiones.

- Características del combustible

A mayor poder Calorífico del combustible, mayor será la temperatura del entorno, por consiguiente la formación y emisión de óxidos nitrosos aumentará.

- Actividad Vehicular

Diferentes modos de conducción, imponen diferentes condiciones de operación del motor, lo que implica que es necesario estimar las emisiones diferenciando patrones de conducción.

- Configuración Vehicular

En el Ecuador el parque automotor está caracterizado por una gran diversidad de mercado en el cual se puede encontrar vehículos de diferentes marcas, diferentes países de fabricación, vehículos importados, vehículos ensamblados dentro del país, etc., generando una gran variedad de sistemas de alimentación y tecnologías de pos tratamiento de gases.

En el modelo COPERT la configuración Vehicular principal se realiza en función del tipo de vehículo, tipo de combustible, Cilindraje y legislación, por lo cual se omite de diferenciar la flota Vehicularen sistemas de alimentación y tecnologías de tratamiento de gases, debido a que al seleccionar una legislación en este modelo se vincula directamente con un tipo de sistema de alimentación y tecnología. Por ejemplo, en caso de categorizar un grupo de vehículos bajo la legislación EURO1 el cual se aplica para vehículos fabricados entre 1993 - 1996, a este grupo se le atribuye un

sistema de alimentación a inyección con catalizador de oxidación, cuando en realidad en la flota Vehicular de Cuenca se indica que a partir del año 1992 hasta 1997 existen todavía vehículos con sistema de alimentación a carburador que pueden tener o no tener catalizador de cualquier tipo, es decir que esta configuración no se apega a la realidad de la flota Vehicular de la ciudad.

En consecuencia a estas consideraciones, los modelos de emisión deben presentar las siguientes características para que la estimación sea lo más próxima a la realidad de la ciudad.

- Solicitar Temperatura diaria o por hora
- Solicitar Humedad Relativa diaria o por hora
- Solicitar Altura
- Solicitar características propias del combustible
- Estimación por patrones de conducción
- Solicitar Kilometraje recorrido
- Solicitar velocidad Promedio
- Configuración Vehicular en función del sistema de alimentación y tecnología de tratamiento de gases.
- Estimación de emisiones en frío y en caliente

6.4.3. Modelo de emisión recomendado

El modelo de emisión recomendado se seleccionó en base a una matriz de ponderaciones, en la cual se califica a cada uno de los insumos más importantes de cada modelo de emisión en función de la fiabilidad de los datos.

Según la fórmula 15, la estimación de la emisiones del parque automotor depende de la actividad Vehicular que se representa por el kilometraje recorrido, del factor de

emisión que es el resultado de un factor de emisión base que se establece a partir de la clasificación Vehicular por un factor de corrección que resulta de diversos parámetros de localidad y flota Vehicular.

Partiendo de esto, se determina que tanto la actividad Vehicular, factor de emisión base y factor de corrección son los principales factores que intervienen en la estimación de emisiones, de manera que, el peso de estos es representado en la matriz de ponderación por el valor de 33.3%. En tanto que los parámetros que describen las características de localidad y de flota Vehicular utilizados para el cálculo del factor de corrección suman entre sí 33,3%, resultando que cada uno de estos parámetros obtenga un peso del 4.76% para el caso el modelo IVE y del 4.17% para el modelo COPERT.

Para la asignación de la calificación en función de la fiabilidad de los datos, se basa en la caracterización descriptiva del método de evaluación de la incertidumbre, en donde:

Tabla 52. Descripción de la calificación.

Fuente: Autor

Calificación	Descripción	Referencia
5	Datos bastante fiables	Calidad muy alta
4	Datos Fiables pero se pueden mejorar	Calidad alta
3	Datos medianamente fiables	Calidad media
2	Datos Poco fiables	Calidad baja
1	Datos muy poco fiables	Calidad Muy baja

En la tabla 53, se indica la matriz de ponderación del modelo IVE, en donde se obtiene que mediante el uso de este modelo de emisión los resultados de la estimación son fiables pero se pueden mejorar.

Tabla 53. Matriz de ponderaciones para el modelo IVE

Fuente: Autor

Insumos	Formula	Corrección	Peso (%)	Calificación (1-5)	Ponderación
Temperatura		x	4,76%	5	0,24
Humedad Relativa		x	4,76%	5	0,24
Altura sobre el clase del Mar		x	4,76%	5	0,24
Número de partidas		x	4,76%	4	0,19
Velocidad Promedio		x	4,76%	4	0,19
Kilometraje Recorrido	x		33,3%	4	1,33
Contenido de azufre		x	4,76%	3	0,14
Potencia Específica		x	4,76%	3	0,14
Categorización Vehicular	x		33,3%	4	1,33
Total			100%		4,0

En la tabla 54, se indica la matriz de ponderación del modelo COPERT, en donde se obtiene que mediante el uso de este modelo de emisión los resultados de la estimación son medianamente fiables.

Tabla 54. Matriz de ponderaciones para el modelo COPER

Fuente: Autor

Descripción	Formula	Corrección	Peso (%)	Calificación (1-5)	Ponderación
Temperatura		x	4,17%	5	0,21
Humedad Relativa		x	4,17%	5	0,21
Altura sobre el clase del Mar		x	4,17%	5	0,21
Poder Calorífico		x	4,17%	5	0,21
Densidad		x	4,17%	5	0,21
Contenido de azufre		x	4,17%	5	0,21
Kilometraje Recorrido	x		33,33%	4	1,33
Velocidad Media		x	4,17%	4	0,17
Categorización Vehicular	x		33,33%	1	0,33
Total			100,0%		3,1

En la matriz de ponderación del modelo COPERT, la calificación más alarmante corresponde a la categorización Vehicular, esto se debe a que mediante este modelo la flota Vehicularse clasifica en función de la legislación Europea, haciendo que la flota Vehicular de la ciudad de Cuenca se vincule a sistemas de tratamiento de gases y sistemas de alimentación no cercanos a la realidad de la localidad de estudio. En tanto que mediante el modelo IVE, la categorización Vehiculares más flexible, lo que permite describir de mejor manera el parque automotor de la ciudad.

6.4.4. Metodología Propuesta para la estimación del inventario de emisiones del parque automotor de la ciudad de Cuenca.

1. Selección del modelo de emisión

Primero se determina el modelo de emisión más adecuado a la localidad de análisis. Como se ha identificado que para la ciudad de Cuenca el modelo de emisión IVE es el más óptimo para la estimación de emisiones, la metodología se basa en función de los requerimientos del modelo.

2. Recopilación de datos

Recolectar la mayor cantidad de datos característicos de la localidad que describan la realidad del entorno bajo el que se encuentra funcionando el parque automotor. En la tabla 53, se indican las posibles fuentes de información con datos característicos de la ciudad de Cuenca correspondientes a los insumos más importantes que necesita el modelo.

Tabla 55. Descripción de los medios de información y obtención de datos de los insumos necesarios para la aplicación de IVE

Fuente: Autor

Categoría	Descripción	Método de obtención
Datos meteorológicos	Temperatura horaria Humedad Relativa horaria Altura	Datos reportados por estaciones meteorológicas de la ciudad
Características del Combustible	Contenido de azufre Contenido de plomo Contenido de Benceno Oxigenados	Informe de muestreo del combustible Normas de Calidad NTE INEN 1489 y NTE INEN 935
Actividad Vehicular	Kilometraje recorrido Velocidad Promedio N° de partidas Bines VSP	Medición de campo
Características de la flota Vehicular	N° de vehículos por categoría Vehicular	Base de datos de vehículos matriculados EMOV

- Configuración de la Flota Vehicular

La base de datos de vehículos matriculados de la EMOV registra las siguientes características de la flota Vehicular: Marca, modelo, cilindraje, Año de fabricación.

Pero para poder categorizar según las condiciones de IVE, es necesario registrar también el sistema de alimentación y la tecnología de tratamiento de gases, como se indica en la figura 13, de forma que se puedan filtrar los vehículos bajo estas características y se pueda establecer la cantidad exacta de vehículos.

CLAVE_VEHICULO	MARCA	MODELO	CLILINDRAJE	ANO	Sistema de alimentación	Tecnología
66794	AUSTIN	MINI 1000	1000	1981	Carburador	Ninguno
1820376	CHEVROLET	SPARK AC 1.0 5P	1000	2014	Inyección Multipunto	2vías/EGR
1809354	HYUNDAI	ACCENT 1.6 4P 4	1600	2018	Inyección Multipunto	3vías
150559	MAZDA	MAZDA3 SEDAN	1600	2010	Inyección Multipunto	3vías/EGR
64141	VOLKSWAGEN	ESCARABAJO	1300	1967	Carburador	Ninguno/EGR
1794024	CHEVROLET	SWIFT	1600	1992	Inyección Monopunto	2vías

Figura 18. Ejemplo de registro de vehículos matriculados

Fuente: Autor

- Actividad Vehicular

Dentro de la plataforma de IVE, se encuentra la guía Field Data Collection Activities que describe claramente y de manera eficiente la instrumentación, consideraciones, y pasos a ejecutarse para la recopilación confiable de datos específicos de la actividad Vehicular.

3. Creación de la ficha De la flota Vehicular

El número de fichas responde al número de categorías Vehiculares, es decir que para el presente estudio se han analizado tres categorías Vehiculares: automóviles camionetas y furgonetas, por lo tanto se han creado 3 fichas de flota Vehicular.

4. Creación de la ficha de localidad.

De igual manera que para la creación de fichas de flota Vehicular, el número de fichas de localidad depende del número categorías Vehiculares.

5. Estimación de emisiones

Cuando ya se han obtenido e ingresado los insumos necesarios para la estimación, el modelo calcula inmediatamente la emisión de los contaminantes en Ton/día.

6. Validación de datos

La validación de datos se realiza mediante una evaluación de la incertidumbre, que responde a un análisis cualitativo en el que se verifica la confiabilidad de los datos.

Ventajas:

- Permite ingresar el mayor número de datos de actividad Vehicular, y patrones de conducción característicos de la ciudad de estudio, definiendo aproximadamente el comportamiento del vehículo en el ciclo de conducción.
- Es de fácil manejo y comprensión

- Permite ingresar el mayor número de datos correspondientes a características meteorológicas, describiendo aproximadamente el entorno bajo el cual funciona el parque automotor.
- Estima de manera inmediata los resultados de las emisiones de todos los contaminantes criterio considerados en el inventario de emisiones.

Desventajas:

- Estima un solo valor de material articulado, el cual representa la emisión de PM10 más la emisión de PM2, 5 y no permite tener un valor por separado.
- No se pueden ingresar valores exactos o propios de las características de combustible, si no que se deben seleccionar valores aproximados de las opciones que presenta el modelo.

7 Conclusiones

- El principal factor para reducir la incertidumbre en la estimación del factor de emisión es la configuración Vehicular, dado que a partir del tipo de vehículo, tipo de combustible, tamaño, tipo de sistema de alimentación y tipo de tecnología de tratamiento de gases se establece el factor de emisión base.
- Se identificó que en todos los modelos de emisión analizados, el factor de emisión base resulta de la caracterización Vehicular y el ajuste o corrección del factor de emisión se procede a estimar a partir de las características meteorológicas, características del combustible, patrones de conducción.
- Todos los modelos basan la estimación de la emisión total en el producto de la actividad Vehicular (kilometraje recorrido) por el factor de emisión, sin embargo las metodologías se diferencian en la estimación del factor corrección o factor de ajuste, que dependen de las consideraciones propias de cada modelo.

- Los resultados del inventario de emisiones correspondientes al tráfico Vehicular, como se describe en la evaluación de la incertidumbre, son medianamente fiables y se podría mejorar, esto se debe a que la caracterización de la flota Vehicularse encuentra configurada solo en función del tipo de vehículo, tipo de combustible y año de fabricación, omitiendo los sistemas de alimentación y tecnologías de tratamiento de gases, añadiendo a esto que los factores de emisión no son característicos de la flota Vehicular de la ciudad de Cuenca, sino que se basan en los factores de emisión obtenidos por el modelo MOBILE para la Zona Metropolitana del Valle de México del año 2008, de forma que también se omiten las características meteorológicas, características del combustible y patrones de conducción de la localidad de estudio indispensables el en cálculo del factor de corrección.
- El estudio demuestra que el modelo de emisión internacional IVE es el modelo más adecuado para estimar el inventario de emisiones Atmosféricas del parque automotor de la ciudad de Cuenca.

8 Referencias

Cengel, Y., & Boles, M. (2009). *Termodinámica*. México: Mc Graw Hill.

CINAE. (2018). Anuario de la Industria Automotriz Ecuatoriana. Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana.

conservatucoche. (2013). Obtenido de Válvula EGR: Que es, para que sirve, como funciona y que tipos hay.: <https://www.conservatucoche.com/es/motor/valvula-egr-que-es-y-como-funciona-32.html>

EEA. (2007). EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook. Technical Report No 16/2007.

emisía. (2019). *Emisia. Conscious Of Transport impact*. Obtenido de <https://www.emisia.com/utilities/copert-data/>

EMOV. (2018). *Informe del muestreo de combustible año 2018*. Cuenca.

EPA. (2016). *United States Environmental Protection Agency. Description and History of the MOBILE Highway Vehicle Emission Factor Model*. Obtenido de <https://www.epa.gov/moves/description-and-history-mobile-highway-vehicle-emission-factor-model>

Escobar Torres , C. V., & Gordillo Ochoa, J. B. (2018). *Caracterización del parque automotor perteneciente a la categoría MI del cantón Cuenca en función a sus propiedades constructivas y niveles de emisión*. Cuenca.

Gallego, F. J. (2015). *Estudio Bibliográfico del Tratamiento de Gases de Escape en Motores de Combustión Interna Alternativos*. Universidad de Sevilla.

- Gallegos, M. A. (2005). *Análisi Termoquímico de los Motores de Combustión Interna a Gasolina mediante Antidetonante Metil Terbutil Eter (MTBE)*. Latacunga: Universidad Politécnica del Ejército.
- García, L. E. (2017). *Estimación Indirecta de Emisiones Contaminantes de Fuentes Móviles en el Casco Urbano de la Cabecera Cantonal de Cantón Sevilla de Oro*. Cuenca. Universidad Del Azuay.
- I. Municipalidad de Cuenca. (2015). *Plan de Movilidad y Espacios Públicos*. Cuenca.
- INEN. (2016). NTE INEN 2656. Clasificación Vehicular .
- infotaller. (2016). Obtenido de El renacimiento de la gasolina con los sistemas de inyección directa: https://www.infotaller.tv/blogs/indave/renacimiento-gasolina-sistemas-inyeccion-directa_7_1025067484.html
- IPCC. (2006). IPCC Directrices para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Vol 2. Energía. Combustión Móvil.
- IPCC. (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). .
- IVE Model. (2008). *Manual de Usuario del Modelo IVE*.
- Kouridis , C., Ntziachristos, L., & Samaras, Z. (2000). COPERT III. Computer programme to calculate emissions from road transport. User Manual (Version 2.1). Technical report No 50.
- Lapuerta, M., Armas, O., Agudelo, J., & Sánchez, C. (2006). *Estudio del Efecto de la Altitud Sobre el Comportamiento de Motores de Combustión Interna. Parte 1: Funcionamiento*. Información Tecnológica-Vol. 17 N°5.

- Martines, E. (2007). *Definiciones de Humedad y su equivalencia*. México.
- Maurat, W. F., & Galarza, C. P. (2017). Evaluación del Consumo Específico de Combustible y Emisiones de Gases de Escape, con el Uso del Combustible Eco-País en un Motor de Combustión Interna Alternativo. Cuenca: Universidad del Azuay.
- Ministerio del Ambiente de la República del Ecuador. (2014). *Inventario Preliminar de las Emisiones de Contaminantes del Aire, de los Cantones Ambato, Riobamba, Santo Domingo de los Colorados, Latacunga, Ibarra, Manta, Portoviejo, Esmeraldas y Milagro. Proyecto Calidad del Aire III. Año Base 2010*. Quito.
- Ministerio del Ambiente. (2010). *Plan Nacional de la Calidad del Aire. República del Ecuador*. Quito.
- Moscoso, D. L., Astudillo, A. L., & Vázquez, V. E. (2015). *Modelamiento de la calidad del aire en la ciudad de Cuenca-Ecuador*. Cuenca.
- Natura, Cuencaire, & CGA. (2009). Resumen del inventario de emisiones atmosféricas del Cantón Cuenca, año base 2007.
- Ntziachristos, L., & Samaras, Z. (2000). *COPERTIII Computer programme to calculate emissions from road transport. Methodology and emissions factors (Version 2.1)*. European Environment Agency.
- Pérez , P. S., & Quito, C. O. (2018). *Determinación de los Ciclos de Conducción de un Vehículo Categoría M1 para la Ciudad de Cuenca*. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca Ecuador.

Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca de la EMOV EP. (2014). Resumen del Inventario de Emisiones Atmosféricas del Cantón Cuenca, año 2011 Cuenca - Ecuador.

Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca de la EMOV EP. (2016). Inventario de Emisiones Atmosféricas del Cantón Cuenca, año 2014 Cuenca - Ecuador. Cuenca - Ecuador.

Sánchez, E. (2011). *Sistemas Auxiliares del Motor*. MACMILLAN.

Sarango Moncayo, D., & Moncayo Ordoñez, P. A. (2016). *Determinación del Indicador Kilómetros-Vehículo Recorrido (KVR) para la Ciudad de Cuenca*. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca - Ecuador.

Talleres Sta. Eulalia. (2014). Obtenido de Filtro de partículas.

Tolvett Caro, S. (2009). *Análisis de Emisiones en Ruta de Vehículos Diesel en Ciudad México, Santiago y Sao Paulo*. Santiago de Chile.

USEDMOTOPARTS. (2016). Obtenido de Relación aire/combustible idónea: <http://usedmotoparts.es/relacion-airecombustible-idonea/>

Valdivieso, R. A. (2010). *Determinación del Porcentaje de Etanol adecuado a Emulsionarse con la Nafta para el Parque Automotor de la Ciudad de Cuenca*. Cuenca: Universidad del Azuay.

Villamar, C. G., Fygueroa, S. J., & Martín, M. J. (2009). *Influencia de Algunos Parámetros sobre el Ciclo de un Motor de encendido por Compresión*. Chile.

9 Anexos.

A 1. Valores diarios de humedad relativa por mes.

Fuente: Datos reportados por la estación meteorológica 842390.

Días	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	75	69	80	75	83	73	66	62	66	71	62	66
2	71	73	73	73	78	68	69	59	62	65	68	76
3	67	67	70	70	70	65	78	64	55	65	56	75
4	67	60	78	65	78	62	66	66	55	72	49	63
5	74	65	68	71	76	66	62	72	56	70	41	65
6	82	71	72	67	78	49	66	60	69	71	65	63
7	72	68	70	75	82	50	73	62	64	67	37	56
8	75	65	76	77	79	66	63	67	60	61	41	59
9	75	67	82	79	76	71	63	62	63	77	48	65
10	82	71	87	73	80	66	63	63	65	74	45	68
11	70	78	86	71	81	68	57	64	60	63	68	70
12	74	71	86	75	78	73	55	61	51	65	55	54
13	80	65	83	84	74	82	59	59	69	60	57	55
14	79	65	91	82	87	79	53	50	64	61	74	56
15	81	64	82	71	83	78	54	49	62	67	75	58
16	72	60	73	74	79	72	50	58	63	74	59	58
17	62	73	76	74	78	63	73	50	63	78	51	59
18	49	66	78	73	79	70	79	62	73	73	52	60
19	66	66	81	81	79	67	84	68	77	60	52	65
20	79	78	78	83	75	68	68	69	64	52	61	60
21	66	70	72	81	76	82	62	81	41	70	65	63
22	78	87	84	77	76	68	64	74	51	76	64	63
23	62	80	78	72	72	59	69	65	59	72	78	56
24	61	75	84	70	69	62	70	70	64	69	71	60
25	70	80	81	71	59	69	85	81	66	64	64	66
26	72	80	81	78	72	73	86	80	72	63	60	71
27	68	85	81	77	67	67	77	84	55	64	67	72
28	77	83	63	70	69	76	78	88	49	75	62	70
29	75		75	74	68	74	85	84	63	60	68	69
30	75		77	83	68	61	83	84	59	53	66	66
31	70		89		72		75	75	81	52		

A 2. Contenido de azufre de los combustibles comerciales de las estaciones de servicio de Cuenca.
Fuente: (EMOV, 2018)

Estación	Ecopaís (%)	Súper (%)	Diesel (ppm)
ES1	0,011	0,001	68,42
ES2	0,011	0,001	77,7
ES3	0,011	0,001	74,02
ES4	0,012	0,003	732,49
ES5	0,011	0,001	71,56
ES6	0,009	0,001	70,82
ES7	0,009	0,004	79,04
ES8	0,008	0,005	54,87
ES9	0,007	0,004	70,96
ES10	0,008	0,005	69,42
ES11	0,008	0,004	59,98
ES12	0,008	0,005	49,91
ES13	0,007	0,003	73,04
ES14	0,01	0,003	61,93
ES15	0,011	0,003	62,69
ES16	0,011	0,003	55,05
ES17	0,01	0,003	57,72
ES18	0,011	0,003	74,78
ES19	0,01	0,003	70,29
ES20	0,011	0,004	72,78
ES21	0,012	0,003	71,11
ES22	0,008	0,003	77,68
ES23	0,008	0,004	44,58
ES24	0,011	0,004	76,74
ES25	0,01	0,004	56,21
ES26	0,009	0,004	63,62
ES27	0,01	0,004	59,2
ES28	0,01	0,004	66,48
ES29	0,011	0,003	86,89
ES30	0,009	0,003	67,39
ES31	0,01	0,003	59,32
Promedio (ppm)	97	32	88,28

A 3. Datos recolectados de las rutas establecidas para la determinación del patrón de conducción
Fuente: (Pérez & Quito, 2018))

Rutas	Horas Pico			Horas Valle		
	Código	V. promedio	Máx.	Código	V, promedio	Máx.
Ruta 1 (Control Sur - Basílica)	P1	14,9	51	V1	20,4	57
	P2	20,3	47	V2	21,4	52
	P3	18,74	53	V3	17,99	51
	P4	22,4	50	V4	24,88	52
	P5	28,94	52	V5	20,54	49
	P6	19,37	54	V6	21,92	51
Ruta 2 (Narancay - Feria Libre)	P7	25,6	58	V7	21,26	55
	P8	27,84	48	V8	24,55	54
	P9	22,4	55	V9	14,02	53
	P10	22,53	56	V10	23,85	48
	P11	24,44	55	V11	22,91	63
	P12	23,94	47	V12	24,04	63
Ruta 4 (Pumapungo - Miraflores)	P19	17,78	45	V19	19,04	49
	P20	16,92	47	V20	16,5	58
	P21	18,3	51	V21	21,59	45
	P22	15,36	50	V22	17,71	58
	P23	19,57	54	V23	20,19	46
	P24	15,12	51	V24	15,12	56
Ruta 5 (Pumapungo- Feria Libre)	P25	18,87	49	V25	19,21	54
	P26	22,49	54	V26	20,96	51
	P27	19,37	57	V27	18,08	66
	P28	21,28	54	V28	19,3	66
	P29	15,1	54	V29	16,7	66
	P30	14,39	50	V30	21,05	67
Ruta 6 (Américas /Norte - Ricaurte)	P31	20,12	62	V31	26,56	*61
	P32	22,27	51	V32	30,3	70
	P33	21,5	62	V33	*22,43	64
	P34	25,41	56	V34	24,94	63
	P35	29,64	63	V35	24,38	58
	P36	24,96	58	V36	27,89	64
Ruta 7 (Cajas - El Descanso)	P37	26,62	70	V37	27,65	68
	P38	29,44	68	V38	31,35	66
	P39	24,78	70	V39	24,09	64
	P40	29,94	67	V40	30,05	66
	P41	29,64	90	V41	28,65	82
	P42	28,49	74	V42	30,33	74
Ruta 8 (Camino viejo a Baños - Monay)	P43	32,76	69	V43	35,95	69
	P44	6,09	72	V44	30,19	72
	P45	26,43	69	V45	34,28	69
	P46	22,64	69	V46	31,04	69
	P47	30,05	71	V47	36,81	71
	P48	30,05	74	V48	33,34	74

Ruta 9 (Basílica - Yanuncay)	P49	8,8	64	V49	14,48	55
	P50	14,74	53	V50	15,84	60
	P51	16,74	72	V51	14,77	56
	P52	15,27	65	V52	15,1	50
	P53	16,18	*59	V53	11,77	58
	P54	16,18	*59	V54	11,97	55
Ruta 10 (Totoracocha - Parque Industrial)	P55	15,5	54	V55	17,25	56
	P56	17,45	47	V56	21,75	49
	P57	24,72	55	V57	17,18	61
	P58	*21,38	50	V58	21,16	68
	P59	15,46	58	V59	16,11	70
	P60	24,83	83	V60	24,19	88
* Parámetros característicos						

A 4.Resultados del análisis de ponderaciones para las rutas del casco urbano
Fuente: Autor

Datos Recolectados					Desviación estándar respecto a la media					Factor y			
Horas pico			Horas Valle		COD	Horas pico		Horas Valle		Horas pico		Horas Valle	
COD	V. Pro	V máx	V. Prom	V máx		V. Prom	Vmáx	V. Prom	Vmáx	V. Prom	Vmáx	V. Prom	Vmáx
P1	14,9	51	20,4	57	V1	0,3028	0,1329	0,0933	0,0616	0,0367	0,0040	0,0113	0,0019
P2	20,3	47	21,4	52	V2	0,0501	0,2009	0,0489	0,1439	0,0061	0,0061	0,0059	0,0044
P3	18,7	53	18	51	V3	0,1231	0,0989	0,2005	0,1604	0,0149	0,0030	0,0243	0,0049
P4	22,4	50	24,9	52	V4	0,0482	0,1499	0,1058	0,1439	0,0058	0,0045	0,0128	0,0044
P5	28,9	52	20,5	49	V5	0,3542	0,1159	0,0871	0,1933	0,0429	0,0035	0,0106	0,0059
P6	19,4	54	21,9	51	V6	0,0936	0,0819	0,0258	0,1604	0,0113	0,0025	0,0031	0,0049
P19	17,8	45	19	49	V19	0,1680	0,2349	0,1538	0,1933	0,0204	0,0071	0,0186	0,0059
P20	16,9	47	16,5	58	V20	0,2083	0,2009	0,2667	0,0451	0,0252	0,0061	0,0323	0,0014
P21	18,3	51	21,6	45	V21	0,1437	0,1329	0,0405	0,2591	0,0174	0,0040	0,0049	0,0079
P22	15,4	50	17,7	58	V22	0,2813	0,1499	0,2129	0,0451	0,0341	0,0045	0,0258	0,0014
P23	19,6	54	20,2	46	V23	0,0843	0,0819	0,1027	0,2427	0,0102	0,0025	0,0124	0,0074
P24	15,1	51	15,1	56	V24	0,2925	0,1329	0,3280	0,0780	0,0355	0,0040	0,0398	0,0024
P25	18,9	49	19,2	54	V25	0,1170	0,1669	0,1462	0,1110	0,0142	0,0051	0,0177	0,0034
P26	22,5	54	21	51	V26	0,0524	0,0819	0,0685	0,1604	0,0063	0,0025	0,0083	0,0049
P27	19,4	57	18,1	66	V27	0,0936	0,0309	0,1965	0,0866	0,0113	0,0009	0,0238	0,0026
P28	21,3	54	19,3	66	V28	0,0043	0,0819	0,1422	0,0866	0,0005	0,0025	0,0172	0,0026
P29	15,1	54	16,7	66	V29	0,2934	0,0819	0,2578	0,0866	0,0356	0,0025	0,0312	0,0026
P30	14,4	50	21,1	67	V30	0,3267	0,1499	0,0645	0,1030	0,0396	0,0045	0,0078	0,0031
P31	20,1	62	26,6	61	V31	0,0585	0,0542	0,1804	0,0043	0,0071	0,0016	0,0219	0,0001
P32	22,3	51	30,3	70	V32	0,0421	0,1329	0,3467	0,1524	0,0051	0,0040	0,0420	0,0046
P33	21,5	62	22,4	64	V33	0,0060	0,0542	0,0031	0,0537	0,0007	0,0016	0,0004	0,0016
P34	25,4	56	24,9	63	V34	0,1890	0,0479	0,1084	0,0372	0,0229	0,0015	0,0131	0,0011
P35	29,6	63	24,4	58	V35	0,3869	0,0712	0,0835	0,0451	0,0469	0,0022	0,0101	0,0014
P36	25	58	27,9	64	V36	0,1679	0,0139	0,2395	0,0537	0,0204	0,0004	0,0290	0,0016
P49	8,8	64	14,5	55	V49	0,5882	0,0882	0,3564	0,0945	0,0713	0,0027	0,0432	0,0029
P50	14,7	53	15,8	60	V50	0,3103	0,0989	0,2960	0,0122	0,0376	0,0030	0,0359	0,0004
P51	16,7	72	14,8	56	V51	0,2167	0,2242	0,3436	0,0780	0,0263	0,0068	0,0416	0,0024
P52	15,3	65	15,1	50	V52	0,2855	0,1052	0,3289	0,1768	0,0346	0,0032	0,0399	0,0054
P53	16,2	59	11,8	58	V53	0,2429	0,0031	0,4769	0,0451	0,0294	1E-04	0,0578	0,0014

P54	16,2	59	12	55	V54	0,2429	0,0031	0,4680	0,0945	0,0294	1E-04	0,0567	0,0029
P55	15,5	54	17,3	56	V55	0,2747	0,0819	0,2333	0,0780	0,0333	0,00248	0,0283	0,0024
P56	17,5	47	21,8	49	V56	0,1835	0,2009	0,0333	0,1933	0,0222	0,00609	0,0040	0,0059
P57	24,7	55	17,2	61	V57	0,1567	0,0649	0,2365	0,0043	0,0190	0,00197	0,0287	0,0001
P58	21,4	50	21,2	68	V58	0,0004	0,1499	0,0596	0,1195	5,1E-05	0,00454	0,0072	0,0036
P59	15,5	58	16,1	70	V59	0,2766	0,0139	0,2840	0,1524	0,0335	0,00042	0,0344	0,0046
P60	24,8	83	24,2	88	V60	0,1619	0,4112	0,0751	0,4488	0,0196	0,01246	0,0091	0,0136
P7	25,6	58	21,3	55	V7	0,1979	0,0139	0,0551	0,0945	0,0240	0,00042	0,0067	0,0029
P8	27,8	48	24,6	54	V8	0,3027	0,1839	0,0911	0,1110	0,0367	0,00557	0,0110	0,0034
P9	22,4	55	14	53	V9	0,0482	0,0649	0,3769	0,1274	0,0058	0,00197	0,0457	0,0039
P10	22,5	56	23,9	48	V10	0,0542	0,0479	0,0600	0,2098	0,0066	0,00145	0,0073	0,0064
P11	24,4	55	22,9	63	V11	0,1436	0,0649	0,0182	0,0372	0,0174	0,00197	0,0022	0,0011
P12	23,9	47	24	63	V12	0,1202	0,2009	0,0684	0,0372	0,0146	0,00609	0,0083	0,0011
P37	26,6	70	27,7	68	V37	0,2456	0,1902	0,2289	0,1195	0,0298	0,00576	0,0277	0,0036
P38	29,4	68	31,4	66	V38	0,3776	0,1562	0,3933	0,0866	0,0458	0,00473	0,0477	0,0026
P39	24,8	70	24,1	64	V39	0,1595	0,1902	0,0707	0,0537	0,0193	0,00576	0,0086	0,0016
P40	29,9	67	30,1	66	V40	0,4010	0,1392	0,3355	0,0866	0,0486	0,00422	0,0407	0,0026
P41	29,6	90	28,7	82	V41	0,3869	0,5302	0,2733	0,3500	0,0469	0,01607	0,0331	0,0106
P42	28,5	74	30,3	74	V42	0,3331	0,2582	0,3480	0,2183	0,0404	0,00782	0,0422	0,0066
P43	32,8	69	36	69	V43	0,5329	0,1732	0,5978	0,1360	0,0646	0,00525	0,0725	0,0041
P44	6,09	72	30,2	72	V44	0,7150	0,2242	0,3418	0,1854	0,0867	0,00679	0,0414	0,0056
P45	26,4	69	34,3	69	V45	0,2367	0,1732	0,5235	0,1360	0,0287	0,00525	0,0635	0,0041
P46	22,6	69	31	69	V46	0,0594	0,1732	0,3795	0,1360	0,0072	0,00525	0,0460	0,0041
P47	30,1	71	36,8	71	V47	0,4061	0,2072	0,6360	0,1689	0,0492	0,00628	0,0771	0,0051
P48	30,1	74	33,3	74	V48	0,4061	0,2582	0,4818	0,2183	0,0492	0,00782	0,0584	0,0066
Pro	21,4	59	22,5	60,7					Min	5,1E-05	1E-04	0,0004	0,0001