



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

Análisis de concentración de emisiones gaseosas vehiculares mediante el modelo IVE en el cantón Chambo.

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Ambiental

Autor:

Luis Vicente Sánchez Chasipanta

Tutor:

MgSc. Marco Marcel Paredes

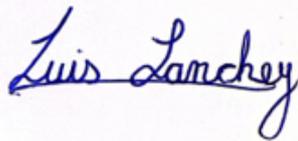
Riobamba, Ecuador. *2024*

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Luis Vicente Sánchez Chasipanta, con cédula de ciudadanía 1550163537, autores del trabajo de investigación titulado: **Análisis de concentración de emisiones gaseosas vehiculares mediante el modelo IVE en el cantón Chambo**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, a los 08 días del mes de mayo de 2024.

A handwritten signature in blue ink that reads "Luis Sánchez". The signature is written in a cursive style and is centered on a light-colored rectangular background.

Luis Vicente Sánchez Chasipanta

C.I: 1550163537

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, **Msg. Marco Macel Paredes Herrera** catedrático adscrito a la **Facultad de Ingeniería**, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: **“Análisis de concentración de emisiones gaseosas vehiculares mediante el modelo IVE en el cantón Chambo”**, bajo la autoría de **Luis Vicente Sánchez Chasipanta**; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 15 días del mes de abril de 2024.



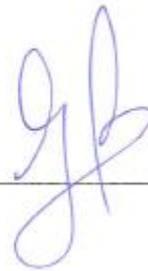
Msg. Marco Macel Paredes Herrera
C.I: 0603783184

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Análisis de concentración de emisiones gaseosas vehiculares mediante el modelo IVE en el cantón Chambo, presentado por Luis Vicente Sánchez Chasipanta, con cédula de identidad número 1550163537, bajo la tutoría de Mgs. Marco Marcel Paredes Herrera; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a los 08 días del mes de mayo de 2024.

Guido Patricio Santillán Lima, Mgs.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



José Gregorio Prato Moreno, PhD.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Carla Fernanda Silva Padilla, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO



CERTIFICACIÓN

Que, **Luis Vicente Sánchez Chasipanta** con CC: **1550163537**, estudiante de la Carrera de **INGENIERIA AMBIENTAL**, Facultad de **INGENIERIA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**Análisis de concentración de emisiones gaseosas vehiculares mediante el modelo IVE en el cantón Chambo**", cumple con el 1%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente, autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 19 de diciembre de 2023



Mgs. Marcel Paredes
TUTOR

DEDICATORIA

Le dedico el resultado de este trabajo de investigación a mi familia. A mi madre Diocelina mujer fuerte, valiente y luchadora quien me brindo su apoyo incondicional y motivación para cumplir mis objetivos, estuvo en mis mejores y peores momentos con palabras de amor y aliento.

A mis hermanos Valeria, Marcela, Paul, Mónica por su apoyo moral e incondicional en cada etapa de mi vida por demostrarme las amistades y el amor de hermanos más sincero del mundo. A mis pequeños sobrinos Mateo, Ian ya que siempre han estado en una parte de mi corazón. Finalmente, a mi cuñado Miller que a pesar de no ser familia de sangre siempre me estuvo con palabras de apoyo

Gracias por confiar en mí y ayudarme a cumplir mis metas y sueños pues sin ustedes no lo hubiera logrado.

Luis Sánchez Chasipanta

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por brindarme sabiduría y entendimiento, a mi madre quien fue mi principal motivación para culminar la carrera, por apoyarme de forma constante y pilar fundamental en esta fase de mi vida, generando siempre buenos valores. A mis hermanos quienes les agradezco de todo corazón por su apoyo incondicional a lo largo de este arduo camino. Su amor y aliento fueron mi mayor motivación.

Finalmente, mi reconocimiento a todas las fuentes y recursos que contribuyeron a enriquecer este trabajo. Sin la ayuda de todos ustedes, esta tesis no habría sido posible. ¡Gracias de todo corazón!"

Luis Sánchez Chasipanta

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARATORIA DE AUTORÍA.....	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR.....	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL.....	
CERTIFICADO URKUND	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE DE TABLAS.....	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	
ABSTRACT.....	
CAPÍTULO I	
1. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Planteamiento del Problema	14
1.2. Justificación	15
1.3. Objetivos.....	16
1.3.1. Objetivo General	16
1.3.2. Objetivos Específicos	16
CAPÍTULO II.....	17
2. MARCO TEÓRICO	17
2.1. Estado de arte.....	17
2.2. Base conceptual.....	17
CAPÍTULO III	23
3. METODOLOGÍA	23
3.1. Descripción de área de estudio	23
3.2. Técnicas de recolección.....	23
3.3. Selección de rutas primarias y secundarias del cantón Chambo.....	23
3.4. Selección de puntos de conteo en las rutas.....	24
3.5. Caracterización del parque automotor que generan emisiones durante su operación por las vías del cantón Chambo en base a la incidencia de las variables distancia/tiempo .	24
3.5.1. Selección de flota vehicular.....	24
3.5.2. Características de la Localidad	26
3.5.3. Cálculo de la emisión de contaminantes en el Modelo IVE.....	30
3.6. Interpretación del modelo computacional de emisiones (desagregación espacial y temporal)	30
3.6.1. Desagregación espacial	30
3.6.2. Desagregación temporal	31
CAPÍTULO IV	32

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1.	Selección de rutas primarias y secundarias del cantón Chambo.....	32
4.1.1.	Rutas primarias	32
4.2.	Puntos de conteo de las rutas del cantón Chambo	41
4.2.1.	Puntos de conteo vehicular de las rutas primarias	41
4.2.2.	Puntos de conteo vehicular de las rutas secundarias	43
4.3.	Conteo vehicular	46
4.3.1.	Conteo de vehículos en rutas primarias.....	46
4.3.2.	Conteo de vehículos en rutas secundarias	48
4.4.	Caracterización del parque automotor que generan emisiones durante su operación por las vías del cantón Chambo en base a la incidencia de las variables distancia/tiempo. 52	
4.4.1.	Selección de flota vehicular.....	52
4.4.2.	Características de la localidad.....	52
4.5.	Intensidad vehicular	54
4.6.	Aportes de emisiones evaporativas vehiculares.....	56
4.6.1.	Emisiones de las rutas primarias.....	56
4.7.	Inventario de emisiones contaminantes.....	59
4.8.	Interpretación el modelo computacional de emisiones vehiculares	61
4.8.1.	Desagregación espacial	61
4.8.2.	Desagregación temporal	68
	CAPÍTULO V.....	73
5.	CONCLUSIONES	73
6.	RECOMENDACIONES	74
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	75
8.	ANEXOS	78
	Anexo A: Selección de Rutas	78
	Anexo B: Conteo vehicular	78
	Anexo C: Cálculo de emisiones.....	89
	Anexo D: Encuesta	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Abreviaciones utilizadas en el archivo flota y sus definiciones.....	25
Tabla 2. Factores para el estudio de la actividad vehicular	26
Tabla 3. Límites establecidos para los bins VSP	28
Tabla 4. Límites establecidos para los bins de estrés del motor	29
Tabla 5. Categoría de Soak para Patrones de Partida en el modelo IVE	29
Tabla 6. Puntos de conteo vehicular - Rutas principales.....	42
Tabla 7. Puntos de conteo vehicular - Rutas secundarias urbanas.....	43
Tabla 8. Puntos de conteo vehicular - Rutas secundarias rurales	45
Tabla 9. Conteo vehicular en las rutas primarias.....	46
Tabla 10. Conteo vehicular en las rutas secundarias urbanas.....	48
Tabla 11. Conteo de rutas secundaria rurales de Chambo	50
Tabla 12. Categorías Vehiculares	52
Tabla 13. Condiciones climáticas del cantón Chambo	53
Tabla 14. Porcentaje de uso de aire acondicionado	53
Tabla 15. Porcentaje del tiempo Soak.....	54
Tabla 16. Emisiones generadas por cada categoría vehicular en las rutas principales (Ton/año).....	56
Tabla 17. Emisiones generadas por cada categoría vehicular en las rutas secundaria: urbanas (Ton/año).....	57
Tabla 18. Emisiones generadas por cada categoría vehicular en las rutas secundarias rurales (Ton/año).....	58
Tabla 19. Inventario de emisiones vehiculares del cantón Chambo (Ton/año).....	59
Tabla 20. Total de emisiones vehiculares por categoría vehicular	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del Cantón Chambo.....	23
Figura 2. Ruta Chambo- Riobamba	32
Figura 3. Ruta Chambo- Químiag	33
Figura 4. Ruta Moisés Fierro Alvares.....	34
Figura 5. Ruta Mercedes Moncayo.....	35
Figura 6. Ruta 18 de Marzo - Cacique Achamba	36
Figura 7. Ruta Chambo-San Pedro	37
Figura 8. Ruta Chambo-Catequilla-Rocón.....	38
Figura 9. Ruta Chambo- Guayllabamba-San Francisco	39
Figura 10. Ruta Chambo-Ainche.....	40
Figura 11. Ruta Chambo-Santa Rosa-El Vergel.....	41
Figura 12. Puntos de conteo vehicular - Rutas primarias.....	42
Figura 13. Puntos de conteo vehicular - Rutas secundarias urbanas	43
Figura 14. Puntos de conteo vehicular - Rutas secundarias: rurales.....	44
Figura 15. Conteo vehicular en rutas principales de Chambo.....	47
Figura 16. Conteo de flota vehicular de las rutas principales de Chambo	47
Figura 17. Conteo vehicular en rutas secundaria urbanas de Chambo	49
Figura 18. Conteo de flota vehicular de las rutas secundarias urbanas de Chambo	49
Figura 19. Conteo vehicular en rutas secundaria rurales de Chambo.....	51
Figura 20. Conteo de flota vehicular de las rutas secundarias rurales de Chambo	51
Figura 21. Intensidad de tráfico vehicular.....	55
Figura 22. Desagregación espacial de CO en el cantón Chambo.....	61
Figura 23. Desagregación espacial de COV en el cantón Chambo	62
Figura 24. Desagregación espacial de COV evap en el cantón Chambo.....	63
Figura 25. Desagregación espacial de NOx en el cantón Chambo.....	64
Figura 26. Desagregación espacial de SOx en el cantón Chambo	65
Figura 27. Desagregación espacial de MP en el cantón Chambo.....	66
Figura 28. Desagregación espacial de CO ₂ en el cantón Chambo.....	67
Figura 29. Desagregación espacial de CH ₄ en el cantón Chambo.....	68
Figura 30. Desagregación temporal de CO en el cantón Chambo.....	69
Figura 31. Desagregación temporal de COV en el cantón Chambo.....	69
Figura 32. Desagregación temporal de COV evap en el cantón Chambo.....	70
Figura 33. Desagregación temporal de NOx en el cantón Chambo	70
Figura 34. Desagregación temporal de SOx en el cantón Chambo	71
Figura 35. Desagregación temporal de MP en el cantón Chambo	71
Figura 36. Desagregación temporal de CO ₂ en el cantón Chambo	72
Figura 37. Desagregación temporal de CH ₄ en el cantón Chambo	72

RESUMEN

Con el crecimiento de la población, se evidencia un aumento en la cantidad de vehículos en circulación. Estudios científicos destacan que las emisiones originadas por el parque automotor son una de las principales fuentes de contaminación del aire lo que lo convierte en un desafío de los últimos años.

Esta investigación ofrece una perspectiva del número de contaminantes liberados en el aire provenientes de los vehículos en el cantón Chambo para el año 2023. Para lograrlo, se utilizó la metodología del Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE) para recopilar datos representativos y calcular las emisiones de contaminantes tales como CO, COV, COV evap, NO_x, SO_x, MP, CO₂ y CH₄.

El proceso inicial consistió en seleccionar rutas principales y secundarias, asignando tres puntos de alto, mediano y bajo flujo vehicular en cada ruta. Se determinaron categorías vehiculares y luego patrones de conducción de estas categorías usando el software *Speed Emission Evaluation*; para luego procesar los datos recopilados, que se utilizaron como entrada para el modelo IVE. Fue importante recopilar datos sobre las condiciones climáticas del cantón y el uso del aire acondicionado de la flota vehicular. Una vez obtenidas las concentraciones de emisiones contaminantes, se creó un inventario de emisiones. Finalmente, se realizó una desagregación espacial y temporal para analizar la distribución de contaminantes en el cantón y su variación en el transcurso del día.

Los resultados obtenidos mediante el cálculo del modelo IVE indicaron que la mayor cantidad de emisiones corresponde a CO₂, representando el 86,48% del total, que equivale a 31558,37 Ton/año. Además, se observó que la zona Norte del cantón presentó mayor concentración de contaminantes, siendo los camiones la principal fuente de emisiones con 18295,79 Ton/año, seguido por la flota de camionetas aportando 8458,48 Ton/año.

Palabras claves: Modelo IVE, emisiones vehiculares, flota vehicular, desagregación espacial y temporal.

ABSTRACT

With population growth, there is an increase in the number of vehicles in circulation. Scientific studies highlight that emissions from the vehicle fleet are one of the primary sources of air pollution, which has become a challenge in recent years.

This research provides an outlook on the number of pollutants released from vehicles in Chambo Canton for 2023. The International Vehicle Emission Model (IVE) methodology was used to collect representative data and calculate emissions of contaminants such as CO, VOC, VOC evap, NO_x, SO_x, PM, CO₂, and CH₄.

The initial process consisted of selecting primary and secondary routes and assigning three points of high, medium, and low vehicular flow on each route. Vehicle categories were determined, and then driving patterns of these categories were determined using the Speed Emission Evaluation software; the collected data were then processed and used as input for the IVE model. Collecting data on the canton's climatic conditions and the use of air conditioning by the vehicle fleet was essential. Once the pollutant emission concentrations were obtained, an emissions inventory was created. Finally, a spatial and temporal disaggregation was performed to analyze the distribution of pollutants in the canton and their variation over the day.

The results obtained by calculating the IVE model indicated that the most significant amount of emissions corresponds to CO₂, representing 86,48% of the total, equivalent to 3155837 Tons/year. In addition, the northern zone of the canton presented the highest concentration of pollutants, with trucks being the primary source of emissions with 18295,79 Tons/year, followed by the fleet of pickup trucks with 8458,48 Tons/year.

Keywords: IVE model, emissions, vehicle fleet, spatial and temporal disaggregation.



Firmado electrónicamente por:
SOFIA FERNANDA
FREIRE CARRILLO

Reviewed by:

Mgs. Sofia Freire Carrillo

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0604257881

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las emisiones de contaminantes atmosféricos deben en gran medida a la combustión de combustibles como el petróleo, el carbón y el gas. El tráfico de vehículos es un aspecto importante a investigar, ya que el funcionamiento de los vehículos está ligado a la combustión de estos combustibles, lo que da lugar a importantes emisiones diarias de compuestos químicos que contribuyen a la contaminación atmosférica (Cardozo et al., 2018).

Debido a los diversos procesos que ocurren en los vehículos, las emisiones consisten en una variedad de contaminantes generados por la combustión del combustible. Principalmente, las emisiones que mayormente son tomadas a consideración son las expulsadas por el escape. Entre los contaminantes importantes presentes en este tipo de emisiones se encuentran el óxido de nitrógeno (NO_x), el monóxido de carbono (CO), los óxidos de azufre (SO_x), los compuestos orgánicos volátiles (COV) y las partículas en suspensión (MP) (Núñez, 2018).

La Organización Mundial de la Salud, estima que cerca del 99% de la población mundial habita en territorios donde no se cumplían las indicaciones estipuladas en cuanto a la Calidad del Aire durante el 2019. Además, la contaminación atmosférica fue responsable de alrededor de 4,2 millones de fallecimientos prematuros a nivel mundial en ese mismo año (OMS, 2022).

Por lo tanto, el principal propósito de esta investigación es realizar un análisis exhaustivo de las emisiones de gases contaminantes asociadas al rendimiento de los vehículos durante el proceso de combustión en el parque automotor de la región de Chambo. De esta manera, se busca estimar la concentración de los compuestos contaminantes en determinadas condiciones de funcionamiento. La metodología de esta investigación incluye el cálculo de las concentraciones de los principales contaminantes liberados a la atmósfera por las fuentes móviles, teniendo en cuenta la composición de la flota vehicular, el flujo de tráfico y los factores de emisión.

El Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE) constituye una herramienta que posibilita la estimación y predicción de las concentraciones de contaminantes emitidos por vehículos automotores. En sus inicios, este modelo fue desarrollado con la finalidad de brindar apoyo a naciones en proceso de desarrollo, con el objetivo de facilitar la reducción de la contaminación generada por fuentes móviles (ISSRC, 2008). Al ser el modelo IVE tan flexible permite generar información sobre las emisiones vehiculares del cantón Chambo.

1.1. Planteamiento del Problema

El problema más crítico alrededor del mundo es la contaminación ambiental, el incremento de sustancias contaminantes en la atmósfera tiene un efecto negativo en la calidad de vida de las personas, generando impactos perjudiciales para su bienestar (Grijalva et al., 2020). Esto se traduce en un aumento de los gases de efecto invernadero, el cambio climático y la

pérdida de especies, lo que genera consecuencias significativas a nivel ambiental (Leal, 2021).

En lugares como el Mediterráneo oriental y el Sudeste asiático se destacan como las regiones con los mayores índices de contaminación del aire, superando ampliamente los límites recomendados por la OMS en aproximadamente cinco veces al año. Por otro lado, el Pacífico Occidental y África presentan niveles moderados y bajos de contaminación atmosférica en comparación (OMS, 2018).

De acuerdo con el informe World Air Quality Report 2022, emitido por la empresa suiza IQAir, especializada en tecnología para la calidad del aire, países latinoamericanos como Chile y Perú, están clasificados en el listado global de naciones con altos niveles de contaminación atmosférica (IQAir, 2022). En el Ecuador la calidad del aire se ve perjudicada debido a la actividad industrial, el crecimiento de las áreas urbanas y el aumento de vehículos en circulación, especialmente en las principales ciudades del país. En ciudades como Cuenca, Quito y Loja, el tráfico vehicular es la principal causa de contaminación, superando los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud para las partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$. Además, estas ciudades están rodeadas de montañas volcánicas y se ubican a grandes altitudes, lo que ocasiona una disminución de oxígeno en la atmósfera. Esta falta de oxígeno contribuye a una ineficiente en la combustión y, como consecuencia, a la contaminación del aire (UNICEF Ecuador, 2020).

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Chambo (2020-2023) consta que las emisiones de gases del parque automotor que ha experimentado un crecimiento desmedido en las últimas tres décadas contribuyendo a la degradación de la calidad de aire (GADM Chambo, 2020).

1.2. Justificación

Con el incremento de vehículos en circulación y la ausencia de medidas efectivas para controlar las emisiones generadas, junto con la escasez de investigaciones sobre este tema en esta área, brindan la oportunidad de iniciar un estudio y establecer un punto de partida (Peñañiel, 2019).

En el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Chambo (2020-2023) consta que la evaluación de la calidad del aire ha sido insuficiente debido a la escasez de información y la falta de estudios para determinar el estado del aire del cantón. Por lo que se presume que la calidad del aire en el cantón Chambo ha sufrido un deterioro en los últimos años (GADM Chambo, 2020).

Es por eso que mediante la utilización del modelo IVE, se puede realizar la estimación de las emisiones de contaminantes criterio, tales como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), óxidos de azufre (SOx), Material particulado (PM), compuestos orgánicos volátiles (COV) y compuestos orgánicos volátiles evaporados (COV evap). Asimismo, estimar las emisiones de gases de efecto invernadero, como dióxido de carbono (CO₂), y metano (CH₄), además de otras sustancias tóxicas (ISSRC, 2008). Estas estimaciones se

llevan a cabo considerando diversas categorías de vehículos, entre las que se incluyen motocicletas, vehículos privados, taxis, camionetas, camiones y buses.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Determinar la concentración de emisiones gaseosas vehiculares mediante el modelo IVE en el cantón Chambo.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Identificar las vías de primer y segundo orden del cantón Chambo para la obtención de datos mediante la aplicación Maps-me.
- Analizar la incidencia de las variables distancia y tiempo en función a las características de los vehículos que generan emisiones durante su recorrido por las vías del cantón Chambo.
- Desarrollar el modelo computacional de emisiones vehiculares con respecto a los protocolos establecidos en el software IVE.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Estado de arte

El modelo IVE ha sido aplicado en diversas ciudades incluyendo Sao Paulo, Santiago de Chile, Pune, Shanghái, Bogotá y Nairobi entre otras (ISSRC, 2008). Los resultados obtenidos han sido excelentes en cuanto a la estimación de diversos compuestos utilizando el modelo IVE siendo aplicado en varias ciudades de Latinoamérica, lo que indica su eficacia.

En Quito, se realizó modelación de emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres que usa el cálculo el software IVE en diferentes zonas de la ciudad mostrando que para el 2015 la ciudad de Quito tuvo un gran grupo de autos particulares, camiones y buses que son una de las principales fuentes de contaminación para la ciudad. Para los resultados de los compuestos contaminantes arrojaron que 1079,022 Ton/día pertenecían al CO, 95,72 Ton/día de NOx, 92,29 Ton/día de COV y 23,25 Ton/día de MP (Guadalupe, 2016).

Para Azogues los resultados del inventario de emisiones empleando el modelo IVE, se evidencia que el dióxido de carbono (CO₂) se presenta una mayor proporción en comparación con otras emisiones contaminantes. En términos generales, las emisiones por año alcanzan las 15970 toneladas, de las cuales el 94% es dióxido de carbono (CO₂), lo que equivale a unas 15000 toneladas (Peñañiel, 2019).

2.2. Base conceptual

Calidad del aire

La calidad del aire hace referencia a las propiedades y condiciones de los elementos presentes en la atmósfera en un lugar y momento específico, además de abarcar los peligros que conlleva para los recursos y la salud humana (Fletes, 2016).

Concentración de contaminantes

Se define a la concentración de contaminantes como la cantidad de agentes contaminantes contenidas en un medio (agua, suelo, aire) estos se determinan mediante los niveles de alerta que están estrechamente ligada a la calidad del aire (Galarza, 2018).

Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica se describe a la modificación de la estructura química o física de la atmósfera por la introducción de agentes nocivos debido a causas tanto humanas como naturales. Estos cambios tienen la capacidad de influir en la calidad del aire, lo que a su vez puede afectar la salud humana y los ecosistemas (Querol, 2022).

Clasificación de los contaminantes

Los contaminantes primarios son aquellos que son desprendidos directamente a la atmósfera, mientras que los contaminantes secundarios surgen en la atmósfera mediante procesos químicos en los cuales interactúan los contaminantes primarios y otros compuestos presentes en el aire (Amable et al., 2017).

Fuentes móviles

Las fuentes móviles abarcan todos los medios de transporte, tanto públicos como privados, que transportan carga y pasajeros, como maquinaria vial utilizada en diversas actividades. Esta categoría también abarca el transporte aéreo y los ferrocarriles (Jorquera, 2018).

Tipos de fuentes móviles

Las fuentes móviles se pueden clasificar en dos grupos según su operación: fuentes móviles fuera de ruta y fuentes móviles en ruta. Las fuentes móviles fuera de ruta incluyen medios de transporte que no operan en carreteras públicas, como aviones, barcos, trenes y equipamiento de construcción. Por otro lado, las fuentes móviles en ruta engloban todos los medios de transporte que operan en vías públicas, incluyendo vehículos de pasajeros, autobuses, camiones y motocicletas (Hilario, 2017).

Emisiones Vehiculares

Los gases emitidos por los automóviles desempeñan un papel significativo en la polución atmosférica y el fenómeno del cambio climático. Las emisiones vehiculares hacen referencia a las partículas o gases contaminantes que son liberadas por los vehículos durante su operación (Park et al., 2019).

Tipos de emisiones evaporativas

- **Emisiones evaporativas en marcha**

Estas pueden ser causadas por fugas de combustible que ocurren durante el funcionamiento del motor (Hilario, 2017).

- **Emisiones evaporativas mientras se recarga de combustible**

Durante el proceso de recarga de combustible en las gasolineras, es común que se generen emisiones debido al desplazamiento del combustible desde el tanque de almacenamiento hasta el vehículo (Calla & Luján, 2018).

- **Emisiones evaporativas diurnas**

Estos vapores son emitidos como resultado de los cambios de temperatura que ocurren a lo largo del día, pueden ocurrir cuando el vehículo está detenido, con el motor apagado, debido a la liberación de vapores del tanque de combustible (Hilario, 2017).

- **Emisiones evaporativas en caliente**

Se producen cuando el calor es esparcido en el sistema de combustible después de que el motor es apagado causando su evaporación (Hilario, 2017).

Contaminantes

- **Contaminantes atmosféricos**

Los gases de atmosféricos emitidos por las fuentes móviles incluyen:

- **Monóxido de carbono (CO)**

El contaminante más prevalente producido por vehículos que funcionan con gasolina o diésel es el resultado de la combustión incompleta generado durante la combustión incompleta del carbono en entornos con bajos niveles de oxígeno o la descomposición del dióxido de carbono (CO₂) a temperaturas elevadas (Hilario, 2017).

- **Óxidos de nitrógeno (NO_x)**

El término "NO_x" se utiliza para referirse a los óxidos de nitrógeno, que son una familia de compuestos que incluyen el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂). Estos compuestos se generan durante el proceso de combustión a altas temperaturas por disociación del nitrógeno gaseoso (N₂) presente en el aire y su posterior oxidación. La inhalación de óxido de nitrógeno en las concentraciones presentes en la atmósfera no es perjudicial. Sin embargo, el dióxido de nitrógeno, un gas de color rojizo, puede tener efectos graves en la salud cuando se inhala a altas (Hilario, 2017).

- **Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)**

Los compuestos orgánicos volátiles son formados a partir de la evaporación de hidrocarburos y combustión incompleta. Estos compuestos son el resultado de la presencia de carbono e hidrógeno en su estructura, siendo conocidos como hidrocarburos (HC). Esta evaporación y combustión incompleta ocurre tanto en depósitos como en el proceso de transporte de los carburantes (García, 2019).

- **Dióxido de azufre (SO₂)**

La emisión de SO₂ provenientes de emisiones vehiculares en movimiento está estrechamente relacionada con la presencia de azufre en el combustible utilizado. Por lo general, todo el azufre contenido en un combustible tiende a ser liberado a la atmósfera durante su proceso de combustión (García, 2019). La concentración de dióxido de azufre (SO₂) en el aire se pueden intensificar durante períodos de calma atmosférica o estabilidad térmica (Hilario, 2017).

- **Material particulado (MP)**

El material particulado abarca diferentes partículas químicas que varían en tamaño, sólidas o líquidas. Estas partículas pueden ser liberadas directamente a la atmósfera o formarse a partir de transformaciones de emisiones gaseosas, como o los óxidos de nitrógeno y dióxido

de azufre. Las partículas de mayor tamaño generalmente contienen materiales provenientes de la tierra, así como polvo (García, 2019).

- **Gases de efecto invernadero**

Los gases de efecto invernaderos emitidos por las fuentes móviles incluyen el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O) (Hilario, 2017). Estos gases desempeñan un papel significativo en el cambio climático y su impacto se describe a continuación:

- **Dióxido de carbono (CO₂)**

El dióxido de carbono es un gas que carece de olor, color y no es inflamable. Aunque no se considera un contaminante que afecte directamente la salud humana, se clasifica como un contaminante de contribución al calentamiento global. Además, se utiliza como gas de referencia para medir y comparar las emisiones de otros gases de efecto invernadero (García, 2019).

- **Metano (CH₄)**

El metano tiene un impacto directo en el cambio climático debido a su capacidad de interactuar con la energía infrarroja. En el caso de las emisiones de vehículos, el metano representa alrededor del 5% al 15% de las emisiones vehiculares que no están equipados con convertidores catalíticos. En cambio, en vehículos con convertidores catalíticos, el metano puede representar hasta el 40% de los hidrocarburos presentes en los gases de escape. Si bien el metano en sí mismo no es considerado tóxico, pero en altas concentraciones el metano en espacios cerrados puede desplazar el oxígeno y causar asfixia (García, 2019).

Red Vial

La red vial abarca todas las infraestructuras que sustentan el sistema de transporte, incluyendo a las personas, los vehículos y las estructuras. Su objetivo es proporcionar un acceso ordenado, adaptado a las necesidades de los usuarios para sus principales medios de transporte terrestre (Benavides & Fiallos, 2019).

Los sistemas viales se establecen según las competencias de los distintos niveles de gobierno encargados de su planificación y mantenimiento en Ecuador. En este sentido, la red vial nacional se compone de la red vial estatal, que incluye las vías primarias y secundarias, la red vial provincial, que abarca vías de tercer orden, y la red vial cantonal, que comprende los caminos vecinales (Betancourt, 2014).

En el cantón Chambo, la red vial se extiende desde el área urbana consolidada hacia las comunidades que la rodean. Desde allí, se establecen conexiones con sectores más distantes o asentamientos dispersos (Villavicencio, 2021). La principal finalidad de esta red vial es asegurar la accesibilidad y la conexión fluida entre el área urbana y las zonas rurales del cantón.

- **Vías primarias**

En Ecuador, se pueden encontrar 12 vías primarias que conforman una red estratégica de carreteras. Estas vías, también conocidas como arteriales, conectan puntos de entrada y salida del país, puertos y capitales provinciales. Su función principal es recibir el tráfico proveniente de las vías secundarias, que son carreteras de menor jerarquía (Betancourt, 2014).

- **Vías secundarias**

Las vías secundarias, también conocidas como vías colectoras, desempeñan un papel importante al recoger el tráfico proveniente de áreas rurales o urbanas y dirigirlo hacia las vías primarias (Betancourt, 2014).

Inventarios de emisiones de fuentes móviles

Un inventario de emisiones de fuentes móviles es un instrumento de recopilación de datos que se relaciona con las fuentes responsables de los problemas de calidad del aire en una determinada área. Estos inventarios son fundamentales para el desarrollo de una gestión efectiva de la calidad del aire, ya que proporcionan información detallada sobre las emisiones de contaminantes generadas por diferentes tipos de vehículos (Gaitán & Cárdenas, 2017).

Factor de Emisión

Un factor de emisión representa la proporción entre la cantidad de contaminantes liberados hacia la atmósfera y una determinada unidad de actividad. La calidad de los datos disponibles y las suposiciones en las que se basa son factores clave que influyen directamente en la precisión de la estimación de un factor de emisión (García, 2019).

Parámetros que influyen en la emisión de contaminantes.

- **Composición del combustible**

La calidad como la composición del combustible tienen un impacto significativo en las emisiones de los vehículos.

- **Estado de mantenimiento del vehículo**

La renovación de los vehículos en circulación se reconoce como una de las estrategias más efectivas para reducir la contaminación, dado que, los motores más antiguos tienden a producir una mayor cantidad de gases perjudiciales para el medio ambiente (García, 2019).

- **Velocidad media de circulación**

Para Lents et al. (2005) la velocidad de circulación influye decisivamente, pues condiciona la temperatura de la combustión y la velocidad del consumo de combustible, lo que a su vez influye en la cantidad de emisiones generadas.

- **Condiciones ambientales**

La combustión se ve afectada por la altitud topográfica debido a los cambios en la presión atmosférica, el contenido de oxígeno y la humedad relativa del aire. No obstante, la temperatura ambiente juega el papel más crucial como factor ambiental, ya que influye en las condiciones de operación del motor hasta que se estabiliza en una temperatura constante (García, 2019).

Modelo IVE o IVEM

El Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE) se trata de una aplicación desarrollada en el lenguaje de programación JAVA que tiene como objetivo principal estimar las emisiones de contaminantes locales y gases de efecto invernadero generados por los vehículos que circulan por carreteras (ISSRC, 2008). El programa considera tanto las emisiones provenientes del escape de los vehículos como las emisiones evaporativas que se generan durante el funcionamiento del motor.

El proceso de predicción de emisiones se inicia a partir de una base de factores de emisión, a la cual se le aplican una serie de factores de corrección. Estos factores de corrección permiten estimar las emisiones de contaminantes para diversos tipos de vehículos. Para desarrollar un inventario de emisiones de fuentes móviles, lo que requiere componentes esenciales: Factores de emisión, Actividad vehicular y Distribución de la flota vehicular (ISSRC, 2008).

Desagregación espacial y temporal

- **Desagregación espacial**

La desagregación espacial de un inventario de emisiones visualiza la distribución de los distintos compuestos emitidos por fuentes móviles. Esta desagregación proporciona información detallada sobre las concentraciones de contaminantes en áreas específicas, lo que resulta útil para identificar las zonas donde se presentan niveles elevados de contaminación (Gómez, 2017).

- **Degradación temporal**

La desagregación temporal implica representar el comportamiento de los compuestos contaminantes en relación al tiempo. Proporciona información valiosa sobre la concentración de un contaminante en momentos específicos. Esta desagregación temporal se puede realizar en determinado tiempo (Calla & Luján, 2018).

CAPÍTULO III

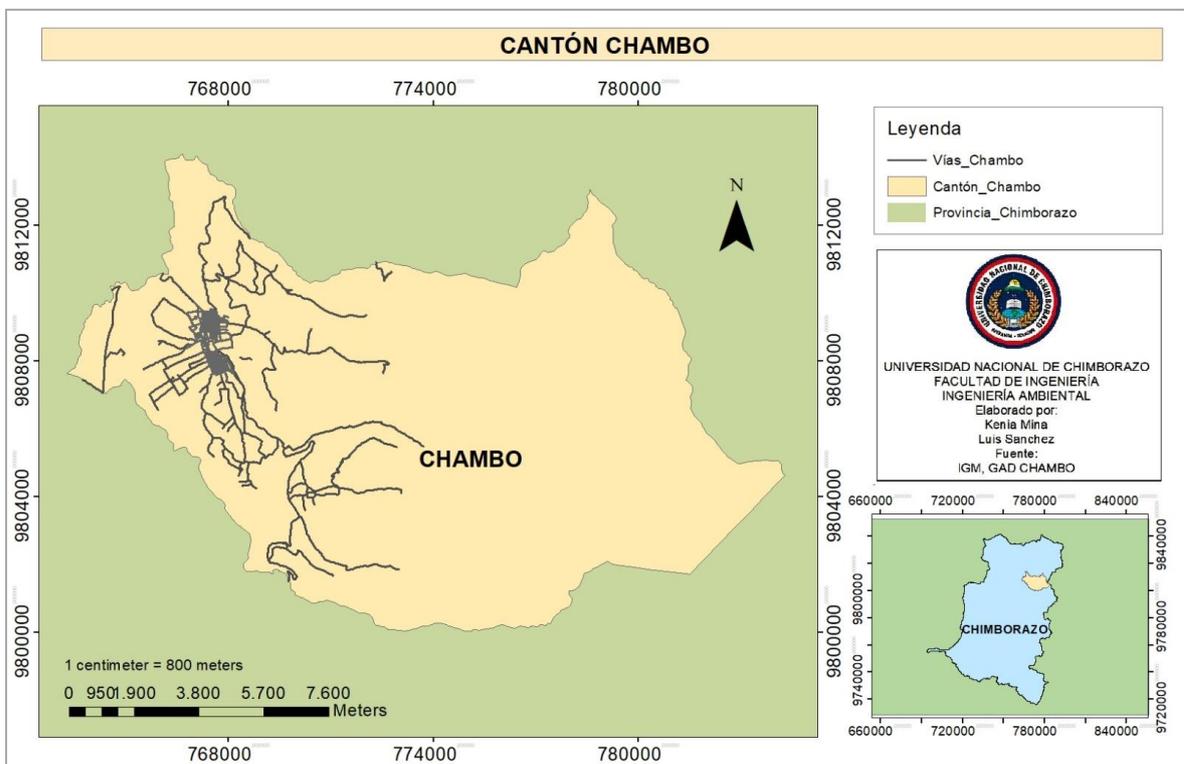
3. METODOLOGÍA

3.1. Descripción de área de estudio

El proyecto se llevó a cabo en el cantón Chambo, el cual está ubicado en la parte noroeste de la Provincia de Chimborazo como se muestra en la Figura 1. Cuenta con una extensión aproximada de 164,54 km², se encuentra situado a una longitud oeste de 78°35'32" y una latitud sur de 1°42'32". Con una altitud promedio de 2780 metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.) y con una temperatura promedio de 14 °C (GADM Chambo, 2020).

Figura 1.

Mapa del Cantón Chambo



Elaborado por: Autores

3.2. Técnicas de recolección

Para llevar a cabo esta investigación, se utilizó la ficha de observación como instrumento clave. Esta ficha permitió recopilar información detallada de la situación y entorno para el desarrollo del proyecto.

3.3. Selección de rutas primarias y secundarias del cantón Chambo

En el cantón Chambo, hay un total de 15 vías que se utilizan para entrar y salir de la ciudad. Estas vías varían en su clasificación y permiten la conexión con diversos asentamientos

humanos, tanto dentro del cantón como a nivel provincial, a través de tres rutas principales de interconectividad (GADM Chambo, 2020).

En esta investigación las vías que facilitan la comunicación entre otros cantones y el cantón Chambo fueron consideradas como rutas primarias. Para las rutas secundarias se estableció que las vías que posibilitan la comunicación entre las distintas localidades del cantón. Aunque el cantón Chambo no posee división parroquial en la actualidad, desde una perspectiva territorial se trazó varias rutas hacia áreas que presentan características rurales.

Para recopilar información sobre las rutas, se utilizó la aplicación de posicionamiento global (GPS) *Maps.me*.

3.4. Selección de puntos de conteo en las rutas

Se determinó que cada ruta debe incluir puntos que representen áreas de alto ingreso, mediano ingreso y bajos ingresos socioeconómicos, siguiendo las directrices establecidas en el *Manual de Usuario del Modelo IVE Versión 2.0*. Esta flexibilidad permite adaptar el enfoque según las características específicas del territorio de estudio.

En las zonas de cada ruta seleccionada, se realizó conteos vehiculares en cada punto en un horario específico. Este tipo de conteo proporcionó datos directos sobre la cantidad de vehículos que pasan por una ubicación determinada durante el día. Para el conteo vehicular nocturno, en cambio, se utilizó un método de interpolación para estimar los valores de los datos faltantes utilizando la información disponible de los conteos en el día realizados en las diferentes ubicaciones.

3.5. Caracterización del parque automotor que generan emisiones durante su operación por las vías del cantón Chambo en base a la incidencia de las variables distancia/tiempo

3.5.1. Selección de flota vehicular

El modelo IVE solicita información para completar los parámetros necesarios, los cuales deben ser determinados para cada categoría específica como: uso de combustible, uso de vehículo, sistema de alimentación de combustible, tecnologías de control de emisiones, estándar de control de escape, tamaño.

Para esta investigación se tomó en cuenta diferentes categorías vehiculares, con el fin de determinar las características y realizar una diferenciación entre las emisiones producidas por las diferentes flotas de vehiculares. En el archivo Flota a cada una de las categorías se incorporó un patrón de conducción como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1.*Abreviaciones utilizadas en el archivo flota y sus definiciones.*

ABREVIATURAS	DESCRIPCIÓN	DEFINICIONES
Pt	Gasolina	Vehículo a gasolina
Ds	Diesel	Vehículo a diésel
SgPt FI	Inyección Monopunto	Vehículo equipado con un sistema de inyección electrónico único al múltiple de admisión.
MPFI	Inyección Multipunto	Vehículo equipado con un sistema de inyección electrónico múltiple
Auto/Sm	Auto/Camioneta	Vehículo de pasajeros (automóviles, camionetas o SUV) de peso menor a 9000 lb.
Truck/Bus	Camión/Bus	Vehículo de peso mayor a 9000 lb.
Lt	Liviano	Vehículo con tamaño de motor menor a 1,5 litros (menor a 5000 lb)
Md	Mediano	Vehículo con motor de tamaño entre 1,5 litros y 3 litros (entre 5000 y 6600 lb.)
Hv	Pesado	Vehículo con motor de tamaño mayor a 3 litros y peso menor a 9000 lb.
PCV	Ventilación positiva del cárter	Control que desvía los gases desde el cárter a la cámara de combustión eliminando las emisiones evaporativas.
EGR	Recirculación de gases de escape	Válvula de control que recircula una porción del escape a la cámara de combustión para bajar la temperatura de combustión y así reducir la formación de NOx.
Particulate	Filtro de Partículas	Filtro en el escape que remueve el material particulado con una eficiencia aproximada de 90%.

Fuente: (ISSRC, 2008)

3.5.2. Características de la Localidad

En esta sección, se generará un archivo individual denominado "Localidad" para cada categoría de vehículo. Fue necesario obtener información detallada sobre los patrones de conducción, los patrones de arranque y parada del motor, las variables ambientales y uso del aire acondicionado. La estimación de la actividad vehicular en la localidad se logró mediante la identificación de parámetros dinámicos específicos. A continuación, se detallan estos parámetros como se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2.

Factores para el estudio de la actividad vehicular

FACTOR	DESCRIPCIÓN	TÉCNICA
Uso del aire acondicionado	Proporción de tiempo durante el cual se utiliza el sistema de aire acondicionado en un vehículo	Encuestas
Condiciones climáticas	Humedad relativa, Altitud, temperatura ambiente.	PDOT cantón del cantón Chambo
Comportamiento de conducción	Distancia/tiempo y partida	GPS Maps.me, distancia del recorrido y conteo de vehículos
Patrones de partida	Cantidad de partidas, Bins Soak	Velocímetro, Speed emissions evaluation.

Fuente: (Peñañiel, 2019)

- ***Uso del aire acondicionado***

Mediante la aplicación de encuestas a usuarios de diferentes categorías vehiculares, se llevó a cabo una medición porcentual del tiempo en el que los vehículos mantienen encendido el sistema de aire acondicionado a lo largo del día. Esta medición permitió determinar la proporción de tiempo en la que se utiliza el aire acondicionado en relación con el tiempo total de funcionamiento del vehículo durante el día.

- ***Condiciones climáticas***

Las condiciones del área de estudio, como altitud, humedad relativa y temperatura, fueron obtenidas del *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Chambo para el periodo 2020-2023*. Este documento proporcionó información relevante sobre las características climáticas y geográficas de la zona de estudio.

- **Características del combustible**

Según la clasificación vehicular, se estableció la identificación del tipo de combustible utilizado por el motor, ya sea diésel o gasolina.

- **Comportamiento de conducción**

Para comprender la dinámica entre la distancia y el tiempo se realizó un conteo el total de vehículos por categoría vehicular y se registró la distancia específica recorrida tanto en las rutas primarias como secundarias.

A través de la ecuación 1, se obtuvo la variable *distancia/tiempo*.

$$\mathbf{distancia/tiempo = N_T^o vehiculos * distancia recorrida} \quad (1)$$

Fuente: (Castro & Proaño, 2023)

En lo que respecta al factor partidas se tomó en consideración la cantidad de vehículos registrados y la frecuencia con que el vehículo se detiene sin apagar el motor durante su trayecto, como se observa en la ecuación 2.

$$\mathbf{Partidas = N_T^o vehiculos * N_T^o veces que se detiene sin apagar el motor} \quad (2)$$

Fuente: (Castro & Proaño, 2023)

- **Patrones de partida**

Se emplearon dos parámetros en el modelo IVE para determinar los patrones de conducción: el estrés del motor y la potencia específica del vehículo (VPS). Estos valores se obtuvieron al considerar el comportamiento del vehículo en segmentos específicos de carreteras seleccionadas y la tecnología, tomando en cuenta la variación de la altitud y velocidad.

El cálculo se realizó utilizando la ecuación 3, que toma en cuenta la aceleración, la velocidad del vehículo y la pendiente del terreno para hallar la potencia vehicular.

$$\mathbf{VSP = v [1,1a + 9,81 (atan(sin(pendiente))) + 0,132] + 0,000302v^3} \quad (3)$$

Fuente: (ISSRC, 2008)

Donde:

Pendiente = $(ht=0 - ht=-1) / v (t=-1 \text{ a } 0 \text{ segundos})$

v = velocidad m/s

a = aceleración m/s²

h = altitud m

La ecuación 4 establece la relación entre el estrés del motor y la combinación de potencia generada por el vehículo y las revoluciones por minuto del motor, lo cual está intrínsecamente vinculado a la VSP.

$$\text{Estrés del motor} = \text{índice RPM} + (0,08) \left(\frac{\text{ton}}{\text{kW}} \right) * \text{Potencia Promedio} \quad (4)$$

Fuente: (ISSRC, 2008)

Donde:

$$\text{Potencia promedio} = \text{Promedio } (VPS_{t=-5 \text{ sec to } -25 \text{ sec}}) \left(\frac{\text{kW}}{\text{ton}} \right)$$

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

$$\text{Mínimo Índice RPM} = 0,9$$

Se generan un total de 20 categorías de VSP y 3 categorías de estrés como se muestra en la Tabla 3 y 4, lo que suma un total de 60 bins como resultado de la proporción de tiempo transcurrido en cada una de las categorías de VSP y estrés del motor (ISSRC, 2008).

Tabla 3.

Límites establecidos para los bins VSP

BIN	VSP (Kw/Ton)	
	Límite máximo	Límite mínimo
0	-44	-80
1	-39,9	-44
2	-35,8	-39,9
3	-31,7	-35,8
4	-27,6	-31,7
5	-23,4	-27,6
6	-19,3	-23,4
7	-15,2	-19,3
8	-11,1	-15,2
9	-7	-11,1
10	-2,9	-7
11	1,2	-2,9
12	5,3	1,2
13	9,4	5,3
14	13,6	9,4
15	17,7	13,6
16	21,8	17,7
17	25,9	21,8
18	30	25,9
19	1000	30

Fuente: (ISSRC, 2008)

Tabla 4.*Límites establecidos para los bins de estrés del motor*

BIN	ESTRÉS DEL MOTOR	
	Límite máximo	Límite mínimo
0-19	3,1	-1,6
20-39	7,8	3,1
40-59	12,6	7,8

Fuentes: (ISSRC, 2008)

Mediante el uso de la aplicación "Velocímetro 55 Start GPS, HUD", se llevó a cabo un registro detallado de las rutas seleccionadas para cada categoría de vehículos de la flota, con lo que se obtuvo información sobre la velocidad, y la altitud en intervalos de un segundo. Para el cálculo de los 60 bins de patrones de conducción y la velocidad media expresada en km/h se utilizó el software "Speed Emission Evaluation".

- **Tiempo Soak**

Para determinar la duración durante la cual un motor de un vehículo permanece apagado antes de iniciar su recorrido, se realizaron una serie de preguntas a los usuarios de cada categoría vehicular como parte de las encuestas.

Los patrones de partida fueron establecidos teniendo en cuenta los intervalos de tiempo (Soak) utilizados en el cálculo de los ajustes por conducción. Estos intervalos se refieren al tiempo en el que un motor caliente se apaga y luego se enciende nuevamente que fueron obtenidos a través de encuestas realizadas a los usuarios.

En la Tabla 5 se presentan los intervalos específicos utilizados en el cálculo de los ajustes por conducción.

Tabla 5.*Categoría de Soak para Patrones de Partida en el modelo IVE*

DESCRIPCIÓN BINS	DISTRIBUCIÓN TIEMPO SOAK	
	Inicio	Final
15 min	0	15
30 min	16	30
1 horas	30	60
2 horas	61	120
3 horas	121	180
4 horas	181	240
6 horas	241	360
8 horas	361	480
12 horas	481	720
18 horas	721	n/a

Fuente: (ISSRC, 2008)

3.5.3. Cálculo de la emisión de contaminantes en el Modelo IVE

Se ingresaron los datos de cada categoría de vehículo, incluyendo el archivo de la localidad y la cantidad de vehículos en su respectiva flota. A continuación, se llevaron a cabo los cálculos de las emisiones atmosféricas en kilogramos por día (kg/d), distinguiendo entre las rutas principales y secundarias de Chambo. Luego, se exportaron las emisiones generadas por los contaminantes criterio (CO, COV, COV evap, NO_x, SO_x, MP) y de calentamiento global (CO₂ y CH₄) expresadas en toneladas por año (Ton/año).

3.6. Interpretación del modelo computacional de emisiones (desagregación espacial y temporal)

Para la comprensión de la distribución de las emisiones atmosféricas en la zona de estudio requiere de una desagregación espacial y temporal. Este proceso de análisis se puede llevar a cabo considerando diferentes factores, como la categoría de vehículos y el tipo de contaminante, entre otros. Para lograr esta desagregación, se emplearon herramientas de geoprocetamiento y estadística. Estas herramientas facilitaron la interpretación de los datos y proporcionarán una visión detallada de cómo las emisiones se distribuyen en el espacio y el tiempo dentro del área de estudio.

3.6.1. Desagregación espacial

Se utilizó la técnica de desagregación espacial para examinar la dispersión de los elementos contaminantes dentro del área de investigación. En este contexto, se aplicó un enfoque de (top-down), metodología aplicada por Gómez et al., (2018). Para llevar a cabo la desagregación, se requirió el uso de ArcGIS (ArcMap) para crear una rejilla geográfica de dimensiones 1 km x 1 km en zona de estudio. Además, se consideró el tipo de vía evaluada y el volumen de tráfico vehicular.

Empleando la ecuación 5 se procedió a obtener los valores correspondientes para cada celda, y el factor de desagregación.

$$DF_{j,i} = \frac{l_j * F_{j,i}}{\sum_j^n n * F_{j,i}} \quad (5)$$

Fuente: (Gómez et al., 2018)

Donde:

$DF_{j,i}$ = Factor de desagregación

l_j = Longitud total de los segmentos contenidos en la celda j

$F_{j,i}$ = Flujo de tráfico en la celda j de la categoría vehicular i

Tal como se presenta en la ecuación 6 luego de obtener el factor de desagregación, se multiplica por el total de emisiones calculadas anuales y obtener la emisión por celda para luego ser representado en mapas de desagregación espacial.

$$E_{n,j} = TE_n * DF_{j,i} \quad (6)$$

Fuente: (Gómez et al., 2018)

Donde:

E_n, j = Emisión por celda

TE_n = Emisión total anual del contaminante n

DF_j = Factor de desagregación para la celda j

3.6.2. Desagregación temporal

La técnica de desagregación temporal se empleó para distribuir los contaminantes a lo largo de las distintas horas del día. Para facilitar su interpretación, esta distribución se representó mediante gráficos.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Selección de rutas primarias y secundarias del cantón Chambo

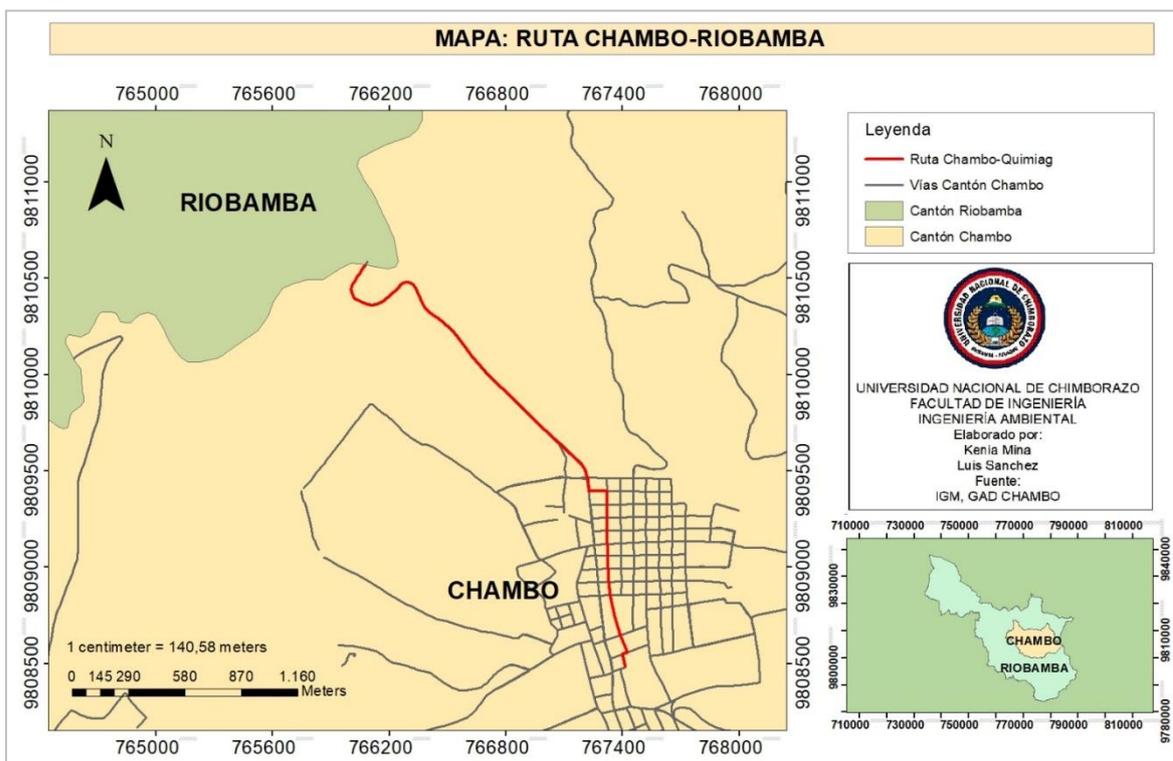
4.1.1. Rutas primarias

Se designaron como rutas principales a las carreteras de gran capacidad que facilitan el movimiento del tráfico vehicular y favorecen la conexión entre el cantón Chambo y otros cantones. Por esta razón, se consideraron únicamente 2 rutas que conducen a Riobamba y a la parroquia Químiag.

La ruta que conecta Chambo con Riobamba tiene una longitud de 3,2 km. Esta vía inicia en el Parque Central de Chambo en la calle Quito y recorre toda la calle Cacique Achamba hasta el cruce con la calle Edelberto Bonilla. Luego, continua por la Av. 18 de Marzo y finaliza en el límite geográfico del cantón Chambo como se presenta en la Figura 2.

Figura 2.

Ruta Chambo- Riobamba

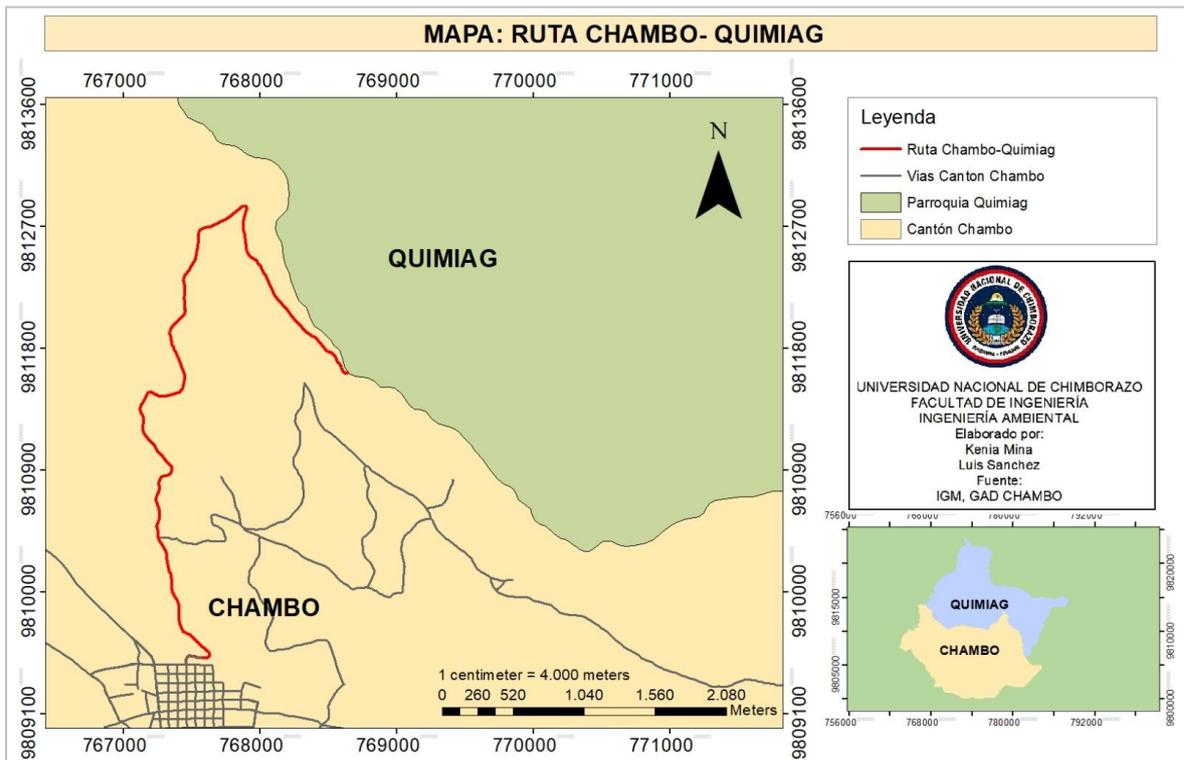


Elaborado por: Autores

Como se muestra en la Figura 3 la ruta Chambo-Químiag inicia su trayecto en el letrero de información y orientación direccional hacia Químiag y recorre todo el tramo de la calle Leopoldo Freire hasta el límite cantonal con la parroquia Químiag. Teniendo una extensión de 5,9 km.

Figura 3.

Ruta Chambo- Químiag



Elaborado por: Autores

4.1.2. Rutas secundarias

Se identificaron las vías secundarias como aquellas que reciben el tráfico de áreas rurales o urbanas dentro de Chambo, teniendo en cuenta que el cantón no cuenta con división parroquial urbana, ni rural.

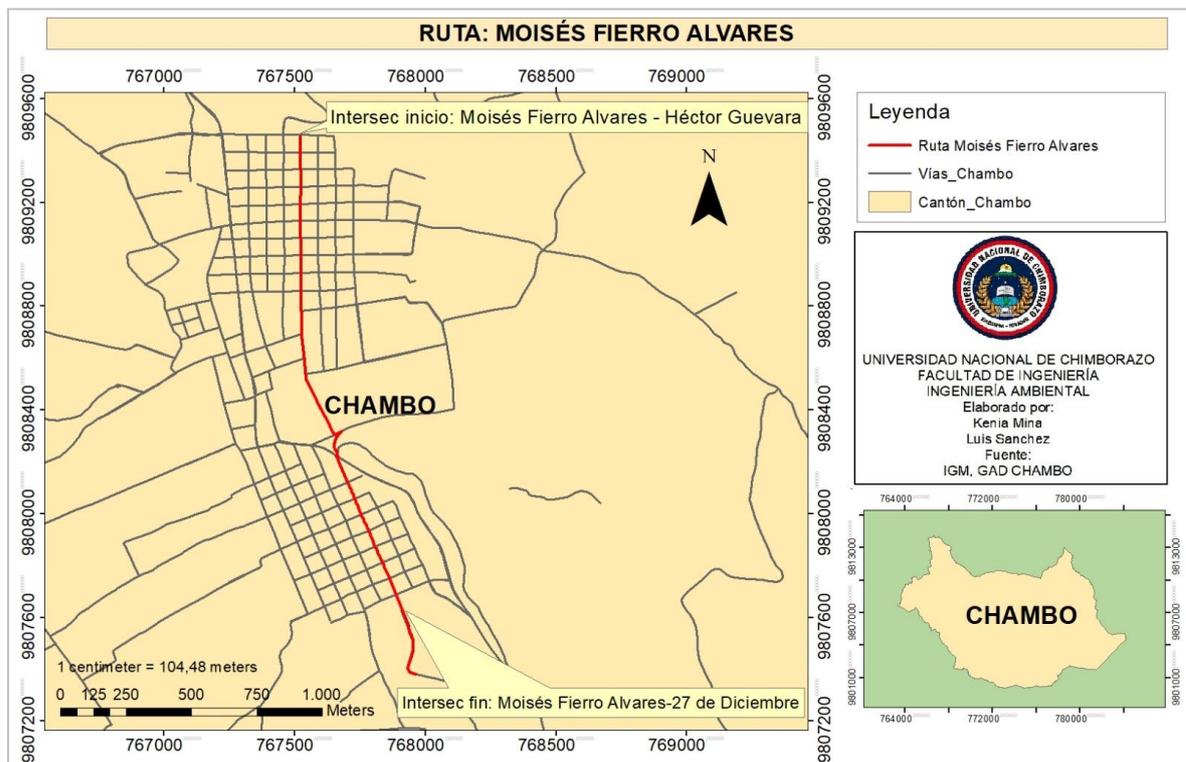
- ***Rutas secundarias urbanas***

En el caso del área urbana del cantón Chambo, se seleccionaron 3 rutas dentro de la cabecera cantonal, las cuales son: Moisés Fierro, Mercedes Moncayo y 18 de Marzo -Cacique Achamba.

El trayecto de la ruta Moisés Fierro Alvares inicia en la intersección con calle Héctor Guevara recorriendo a lo largo de toda la calle Moisés Fierro Alvares cortando la calle Carlos Cuadro y terminando en la intersección con la calle 27 de Diciembre. Esta ruta tiene una distancia de 2,4 km como se muestra en la Figura 4.

Figura 4.

Ruta Moisés Fierro Alvares

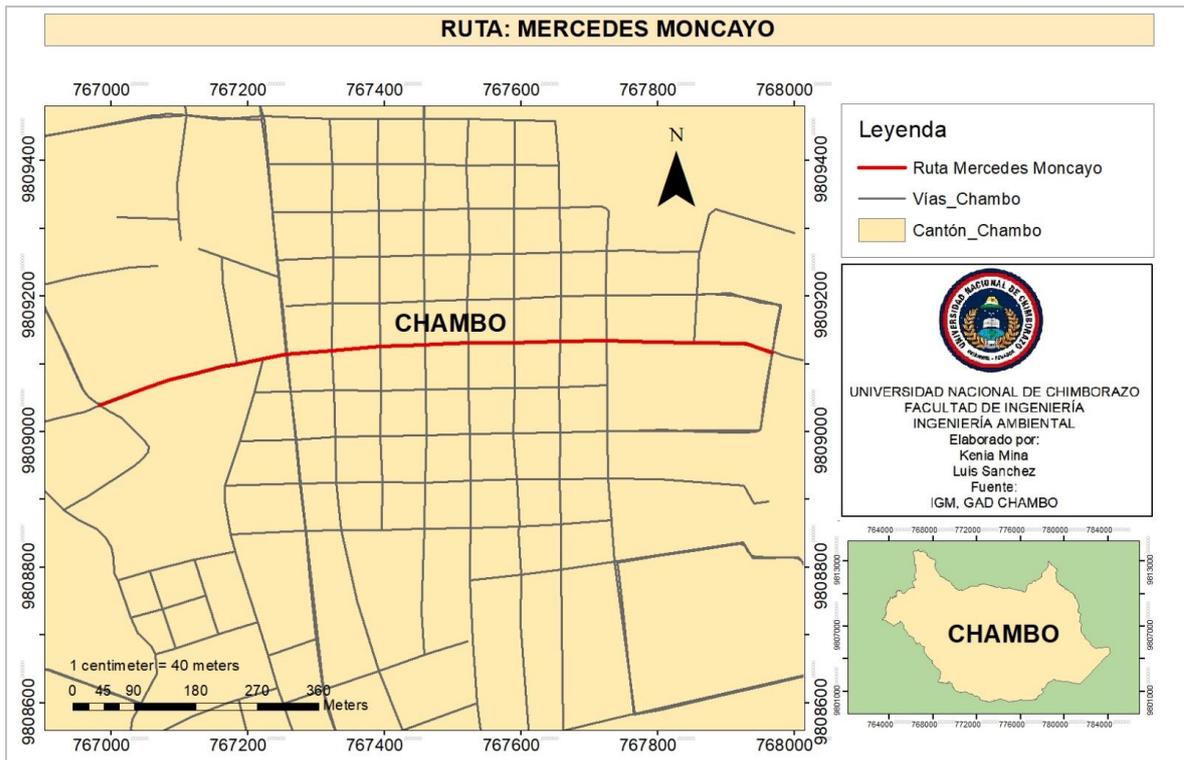


Elaborado por: Autores

La ruta Mercedes Moncayo inicia su trayecto en el barrio “San Cristo” en la intersección de las calles Alejandro Mendoza y Ezequiel Viteri y termina en la intersección de las calles Mercedes Moncayo y Georgina Flores Bayas como se presenta en la Figura 5. La ruta tiene una distancia de 1,1 km.

Figura 5.

Ruta Mercedes Moncayo

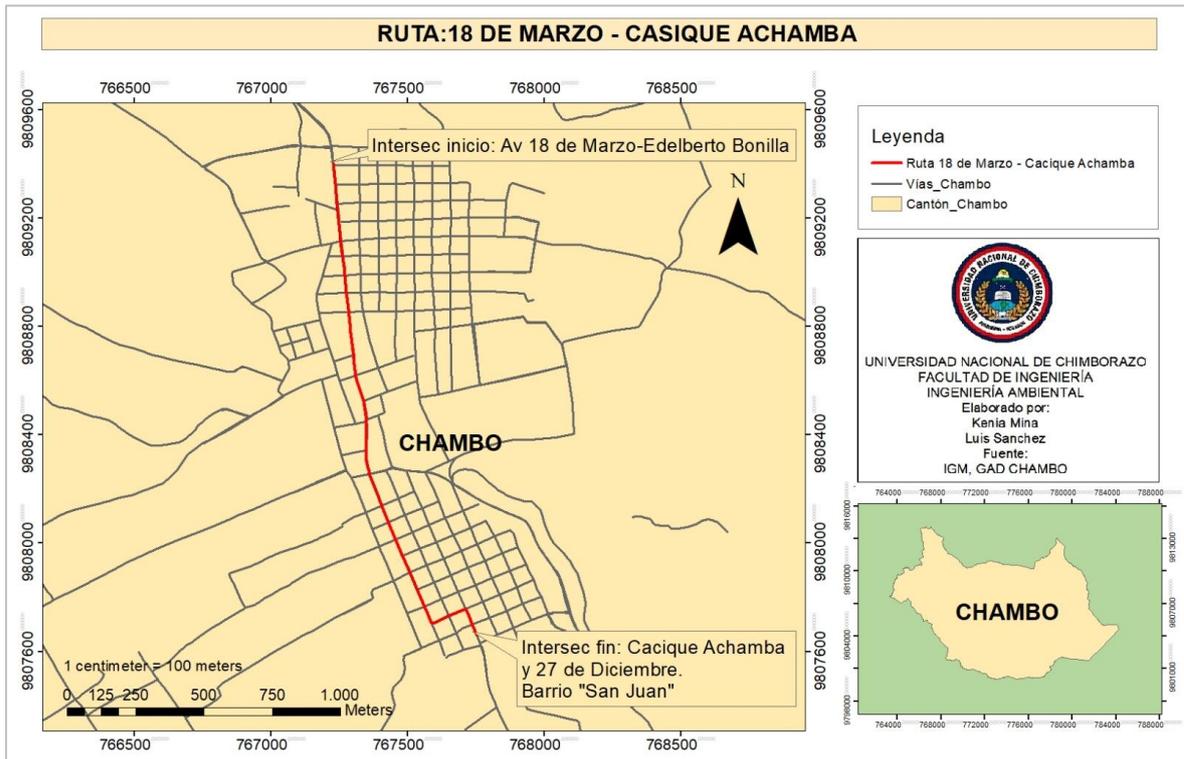


Elaborado por: Autores

De acuerdo con la Figura 6 la ruta inicia su trayecto en la intersección de la Av. 18 de marzo y Edelberto Bonilla en la parada de buses, pasando por el parque central de Chambo hasta la calle paralela Juan Andrade y finalizando en la intersección de las calles Cacique Achamba y 27 de Diciembre en la zona del terminal terrestre de Chambo. La ruta 18 de Marzo-Juan Andrade-Cacique Achamba cuenta con una distancia de 2,3 km.

Figura 6.

Ruta 18 de Marzo - Cacique Achamba



Elaborado por: Autores

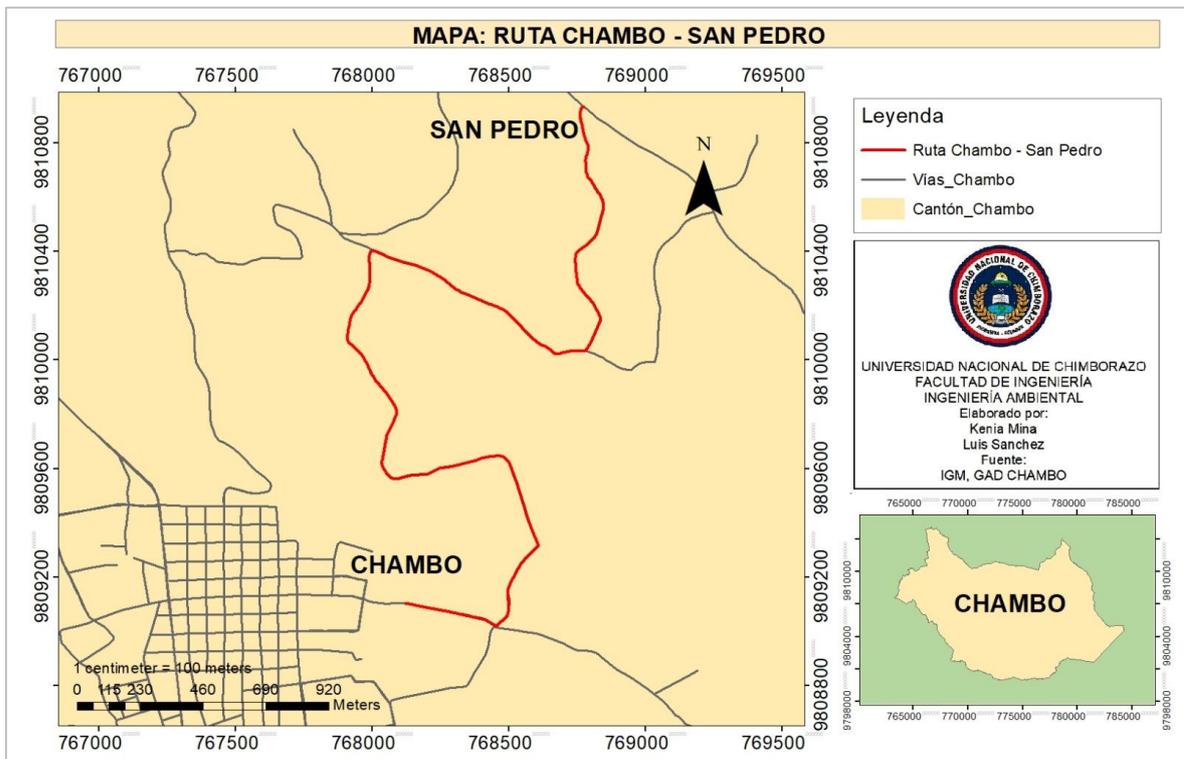
- **Rutas secundarias rurales**

En el caso de las zonas rurales del cantón Chambo, se seleccionaron 5 rutas dentro del cantón, las cuales son: Chambo-San Pedro, Chambo-Catequilla- Rocón, Chambo-Guayllabamba-San Francisco, Chambo-Ainche, Chambo-Santa Rosa-El Vergel.

La ruta Chambo-San Pedro inicia su trayecto 230 metros antes de la intersección de las calles Mercedes Moncayo y Facundo Bayas, pasando por la quinta "Bella Rosa". Posteriormente, se desvía y se une a la vía que se dirige hacia Llucud, pasando por la hacienda "Asactús" y finaliza en la intersección con la calle Leopoldo Freire en el sector "San Pedro de Llucud" como lo indica la Figura 7. La ruta Chambo-San Pedro cuenta con una distancia total de 4,3 km.

Figura 7.

Ruta Chambo-San Pedro

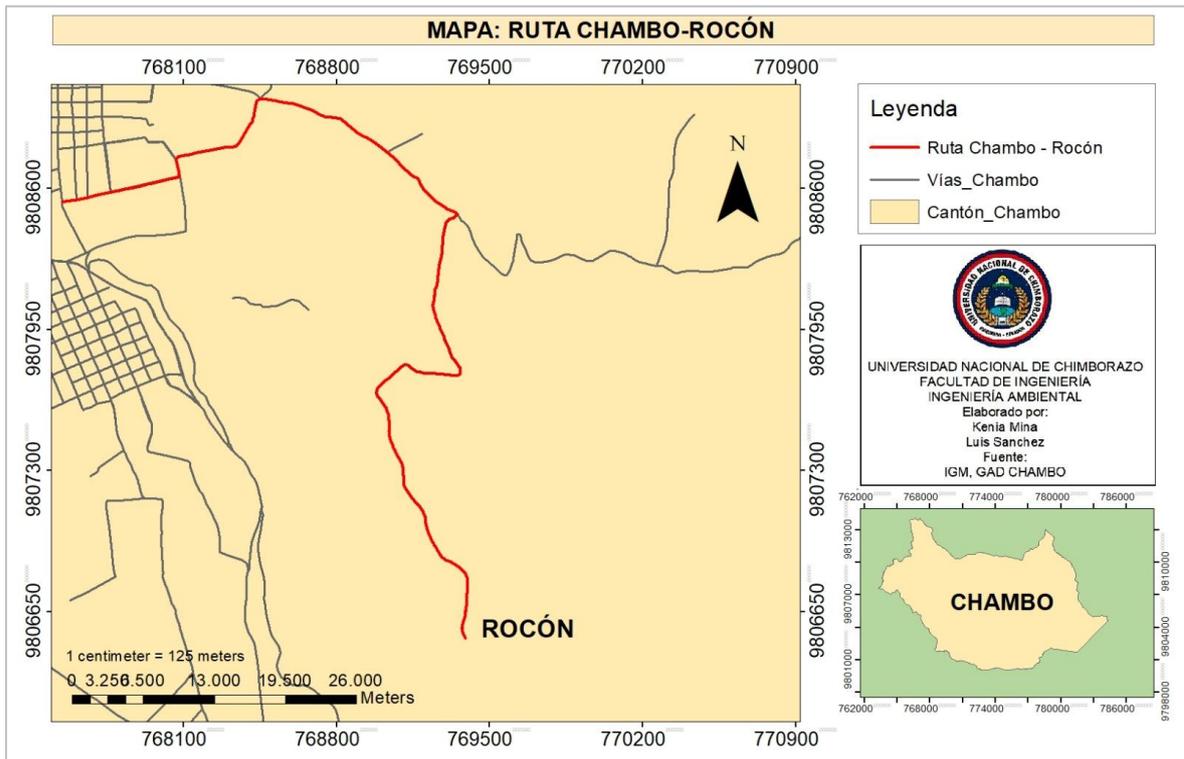


Elaborado por: Autores

La Figura 8 muestra el trayecto de la ruta Chambo-Catequilla-Rocón inicia en la calle Cesar Moncayo, justo antes del Estadio Municipal. A partir de allí, sigue por la calle 11 y continúa por la vía que lleva a Catequilla, pasando por el sector de Catequilla. Luego, atraviesa el sector de Titaycum y finaliza en el sector de Rocón. Esta ruta cuenta con una distancia total de 4,9 km.

Figura 8.

Ruta Chambo-Catequilla-Rocón

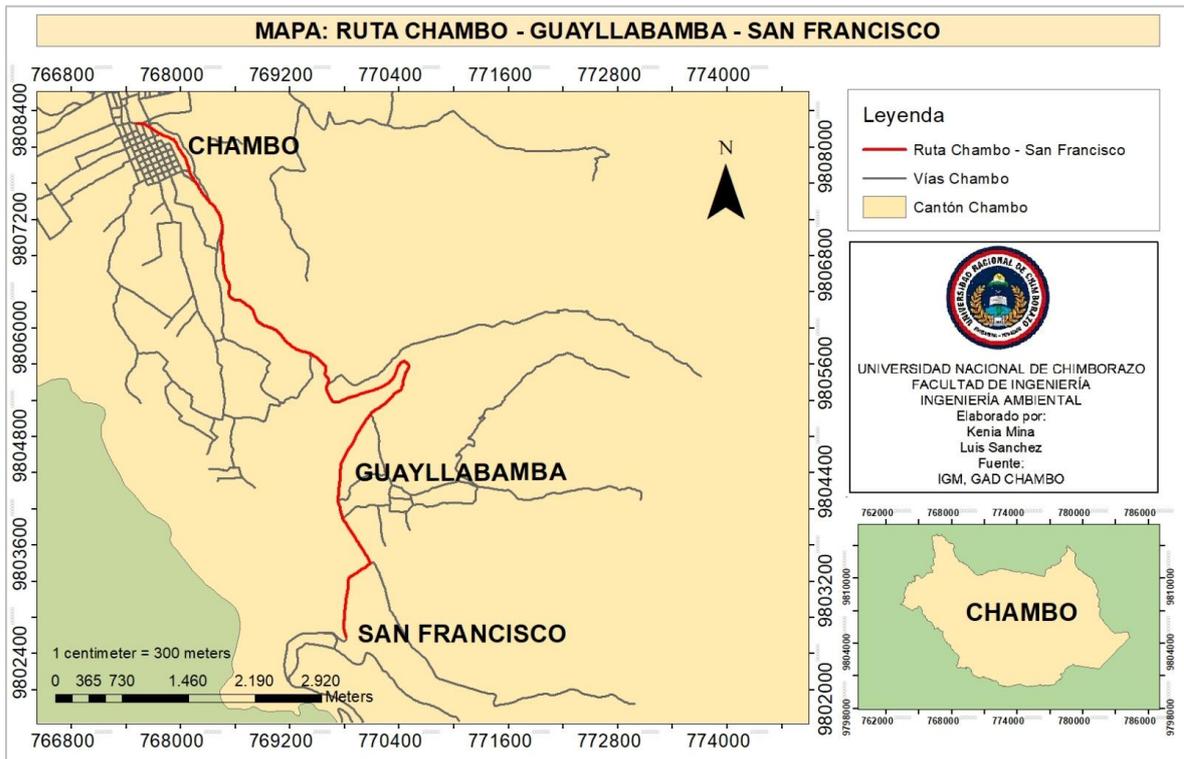


Elaborado por: Autores

La ruta Chambo-Guayllabamba-San Francisco inicia su trayecto en la calle Joaquín Gavilánez, cerca del “Colegio Nacional de Chambo”. Luego, continúa por la calle Carlos Cuadrado y prosigue por la Vía Chambo, pasando por los sectores El Batán, Quilisté y Guayllabamba, para finalizar en la localidad de San Francisco de Chambo como se presenta en la Figura 9. La ruta Chambo-Guayllabamba-San Francisco tiene una distancia de 8,8 km.

Figura 9.

Ruta Chambo- Guayllabamba-San Francisco

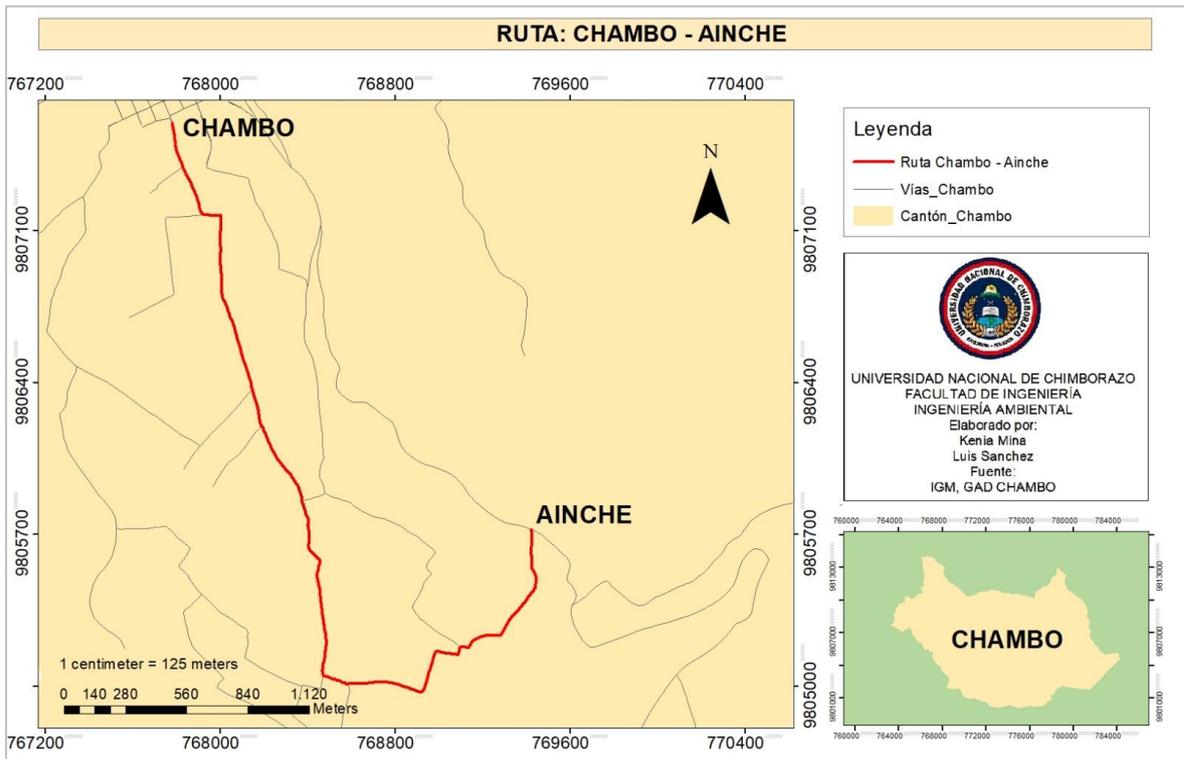


Elaborado por: Autores

La ruta Chambo-Ainche comienza su trayecto en la calle Cacique Achamba, en la entrada principal del terminal terrestre de Chambo. A lo largo de su recorrido, pasa por la finca "La Joya" y el rancho "San Rafael", y luego continúa hasta llegar al sector Ainche. Finalmente, la ruta culmina en la intersección con la Vía Chambo presentado en la Figura 10. La ruta Chambo-Ainche cuenta con una distancia de 3,9 km.

Figura 10.

Ruta Chambo-Ainche

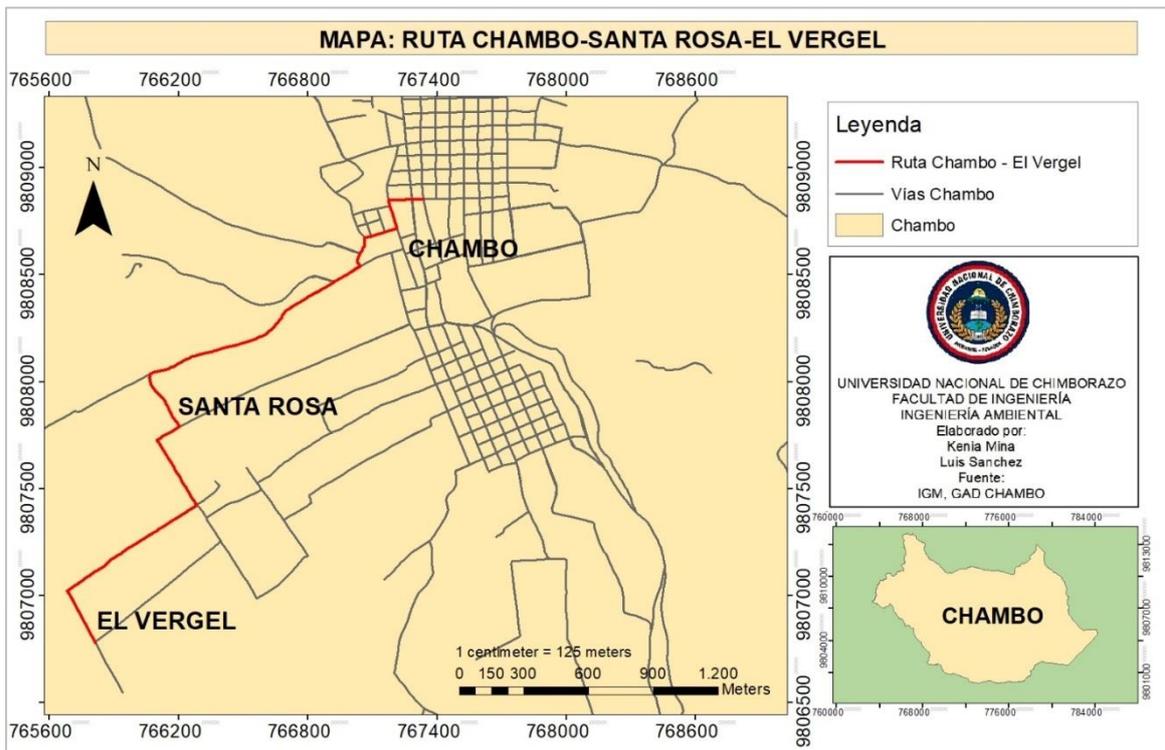


Elaborado por: Autores

La Figura 11 muestra la ruta Chambo-Santa Rosa-El Vergel que comienza en la calle Amelia Gallegos, junto al Centro Geriátrico Municipal del cantón Chambo. A partir de ahí, continúa por la calle José A. Moncayo y Carlos Medina León. Luego, recorre por la calle Manuel Zavala, pasando por la Escuela "Mercedes Amelia Guerrero" hasta el sector de Santa Rosa. Finalmente, la ruta concluye en el sector "El Vergel", a poca distancia del centro turístico que lleva el mismo nombre. La ruta Chambo-Santa Rosa-El Vergel tiene una distancia 3,4 km.

Figura 11.

Ruta Chambo-Santa Rosa-El Vergel



Elaborado por: Autores

4.2. Puntos de conteo de las rutas del cantón Chambo

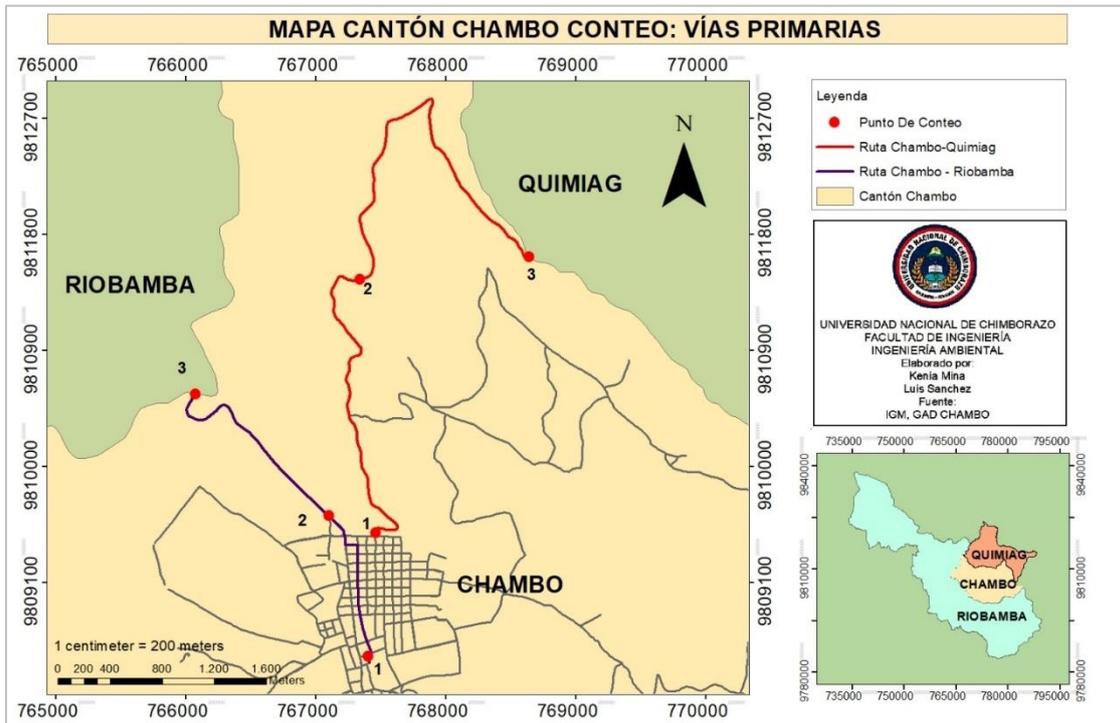
Se plantearon 3 puntos de conteo de vehículos para cada una de las rutas con un nivel socioeconómico bajo, mediano y alto ingreso como lo propone el *Manual de Usuario del Modelo IVE Versión 2.0*.

4.2.1. Puntos de conteo vehicular de las rutas primarias

Para las rutas primarias de Chambo-Riobamba y Chambo-Químiag se identificaron 3 puntos de conteo vehicular para cada ruta dando un total de 6 puntos como lo presenta la Figura 12.

Figura 12.

Puntos de conteo vehicular - Rutas primarias



Elaborado por: Autores

En la Tabla 6 se muestra sitios referenciales de cada punto en las rutas principales, considerando sitios emblemáticos como instituciones educativas, centros de salud y otros establecimientos.

Tabla 6.

Puntos de conteo vehicular - Rutas principales

RUTAS	PUNTOS DE CONTEO
Chambo-Riobamba	<p>Punto 1. En el Parque Central de Chambo frente al restaurante “Leyenda Fast Food” por la calle Quito.</p> <p>Punto 2. En la PyS Estación de servicio Chambo ubicada en la Av. 18 de Marzo.</p> <p>Punto 3. Quinta “San Nicolás” ubicada a 5km, vía Chambo.</p>
Chambo- Químiag	<p>Punto 1. Entrada a la Vía Químiag (<i>letrero de información y orientación direccional hacia Químiag</i>)</p> <p>Punto 2. Guardería “CIBV-Manitos Traviesas”, vía Químiag.</p> <p>Punto 3. En el puente de la quebrada Puculpala</p>

Elaborado por: Autores

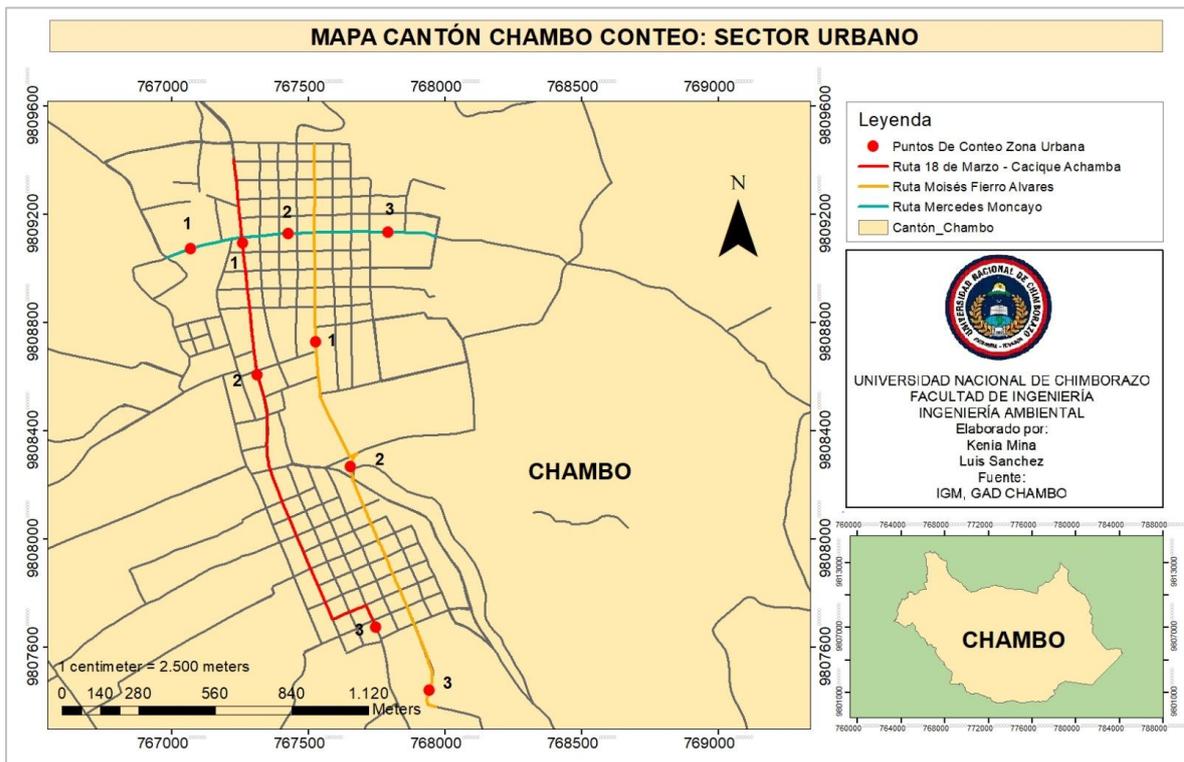
4.2.2. Puntos de conteo vehicular de las rutas secundarias

- *Puntos de conteo vehicular de las rutas secundarias urbanas*

Para las 3 rutas secundarias urbanas se identificaron 3 puntos de conteo vehicular de para cada una dando un total de 9 puntos como se presenta en la Figura 13.

Figura 13.

Puntos de conteo vehicular - Rutas secundarias urbanas



Elaborado por: Autores

En la Tabla 7 se muestra sitios referenciales de cada punto en las rutas secundarias urbanas, considerando sitios emblemáticos como instituciones educativas, centros de salud y otros establecimientos.

Tabla 7.

Puntos de conteo vehicular - Rutas secundarias urbanas

RUTAS	PUNTOS DE CONTEO
Ruta Moisés Fierro Alvares	Punto 1. En la Capilla Católica Divino Niño por la calle Moisés Fierro Alvares. Punto 2. En el complejo turístico “El Mirador la piscina”

	Punto 3. En la quinta “San Juan”
Ruta Mercedes Moncayo	Punto 1. En el taller de revisión de automóviles “VULCANIZADORA FÁTIMITA” Punto 2. En el parque “El Carmen” Punto 3. En la tienda alimentos “ABASTOS PANCHINTA”
Ruta 18 de Marzo-Cacique Achamba	Punto 1. En la entrada principal del Subcentro de Salud Chambo Punto 2. En el GADM de Chambo por la calle 18 de Marzo y Sor Margarita Guerrero Esquina. Punto 3. En el Terminal Terrestre de Chambo

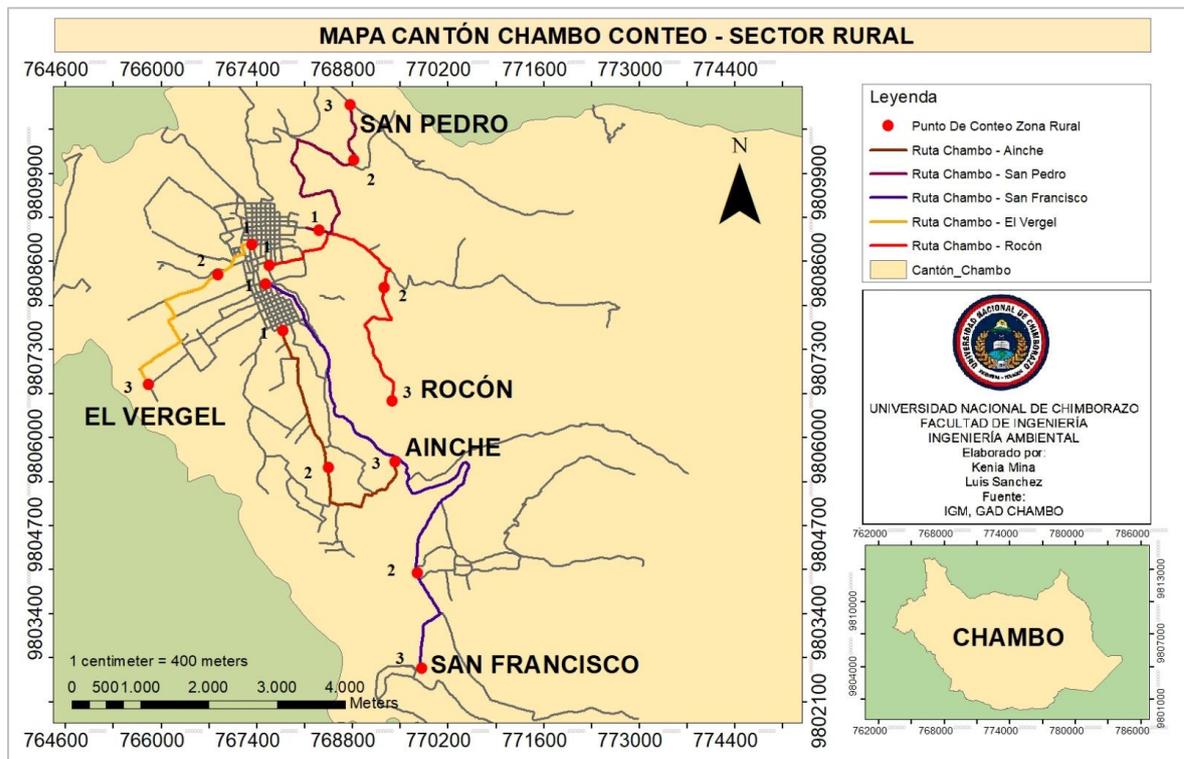
Elaborado por: Autores

- **Puntos de conteo vehicular rutas secundarias rurales**

Para las 5 rutas secundarias rurales se identificaron 3 puntos de conteo vehicular de para cada una siendo un total de 15 puntos como se representa en la Figura 14.

Figura 14.

Puntos de conteo vehicular - Rutas secundarias: rurales



Elaborado por: Autores

En la Tabla 8 se muestra sitios referenciales de cada punto en las rutas secundarias rurales, considerando sitios emblemáticos como instituciones educativas, centros de salud y otros establecimientos.

Tabla 8.

Puntos de conteo vehicular - Rutas secundarias rurales

RUTAS	PUNTOS DE CONTEO
Chambo-San Pedro	<p>Punto 1. En la quinta “Bella Rosa” al final de la calle Mercedes Moncayo y Facundo Bayas.</p> <p>Punto 2. En la entrada de la hacienda “Asactus”, vía Llucud.</p> <p>Punto 3. En el sector “San Pedro” justo en la Granja Experimental INFORGIS.</p>
Chambo-Catequilla-Rocón	<p>Punto 1. En el Estadio Municipal de Chambo por la calle Cesar Moncayo.</p> <p>Punto 2. En el Complejo Hotelero “La Pampa Chambo”, vía a Catequilla Titaycum.</p> <p>Punto 3. En el final de ruta a 2 km del complejo hotelero, sector “Rocón”.</p>
Chambo- Guayllabamba-San Francisco	<p>Punto 1. En el Colegio Nacional de Chambo por la calle Joaquín Gavilánez.</p> <p>Punto 2. En la Escuela “Vacas Galindo”, vía Chambo.</p> <p>Punto 3. En la entra al sector de “San Francisco”.</p>
Chambo-Ainche	<p>Punto 1. En la esquina de la bodega agrícola “Plantines Sulay”, calle Cacique Achamba.</p> <p>Punto 2. En la Ganadería Santa Ana EC, vía Ainche.</p> <p>Punto 3. En la intersección de la vía Ainche y vía Chambo justo en una mecánica de motos.</p>
Chambo-Santa Rosa-El Vergel.	<p>Punto 1. En el Centro geriátrico municipal de Chambo en la calle Amelia Gallegos.</p> <p>Punto 2. En la escuela primaria “EEB. Mercedes Amelia Guerrero” por la calle Manuel Zavala.</p> <p>Punto 3. En el Centro Turístico El Vergel</p>

Elaborado por: Autores

4.3. Conteo vehicular

Durante un período de 90 días, se llevaron a cabo 3 conteos vehiculares diarios en cada uno de los puntos de medición. Estos conteos se realizaron en días laborables, de lunes a viernes, en un horario de 6:00h -12:00h y de 13:00h.- 17:00h. Sin embargo, en los horarios de 12:00h - 13:00h, 17:00h - 00:00h y de 00:00h - 6:00h, en los cuales no se realizaron conteos vehiculares, se utilizó el método de interpolación para estimar los volúmenes de tráfico en esos intervalos de tiempo. Se excluyeron los días festivos.

4.3.1. Conteo de vehículos en rutas primarias

En la Tabla 9 se registraron los datos correspondientes a los conteos diarios de vehículos en todas las rutas principales, clasificados según las distintas flotas de vehículos. Cada dato en la tabla es el resultante del promedio de los tres conteos efectuados en cada uno de los puntos de la ruta.

Tabla 9.

Conteo vehicular en las rutas primarias

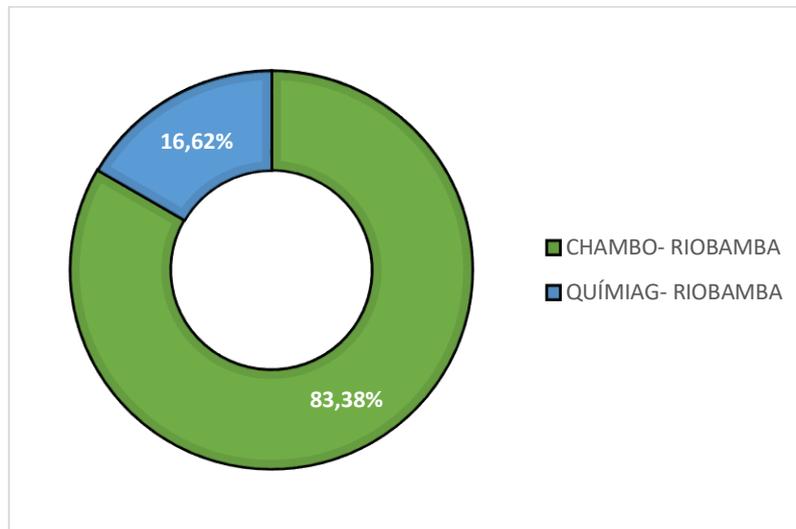
RUTAS DE PRIMER ORDEN			
Categorías	Chambo-Riobamba	Chambo-Químiag	Total
Camiones	5230	998	6228
Camionetas	7322	1981	9303
Jepp/SUV	4629	345	4974
Sedan	3548	630	4179
Taxis	2834	560	3394
Motocicletas	1948	572	2520
TOTAL	25511	5086	30597

Elaborado por: Autores

Tal como se ilustra en la Figura 15, la ruta que presenta el porcentaje más alto de vehículos es la que conecta Chambo-Riobamba con un porcentaje de 83,38%. Esto se debe a que es la vía más frecuentemente utilizada para ingresar y salir del cantón Chambo. Además, la presencia de una estación de gasolina a mitad del trayecto contribuye a su mayor afluencia vehicular.

Figura 15.

Conteo vehicular en rutas principales de Chambo

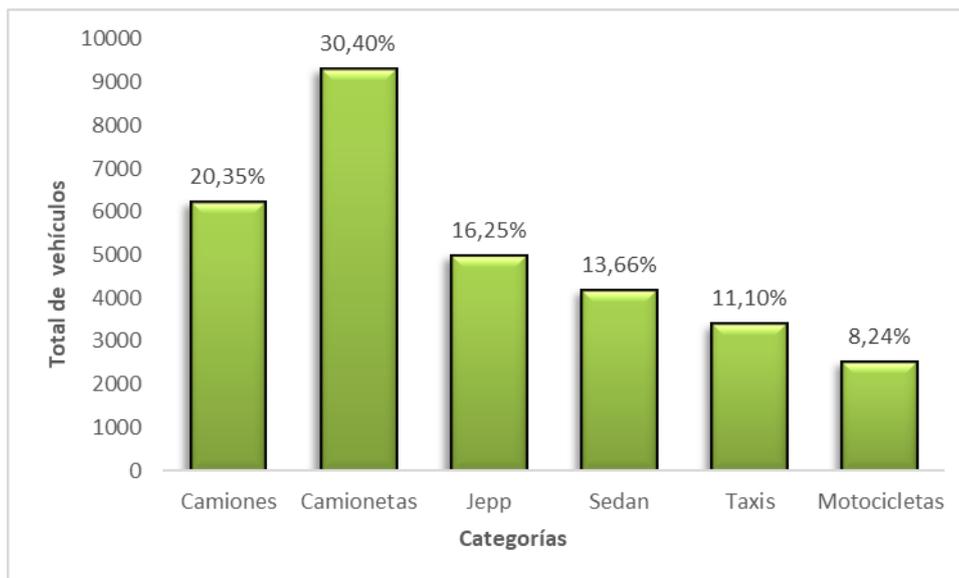


Elaborado por: Autores

Al analizar la Figura 16 el resultado de los conteos efectuados en las rutas principales, se notó que la categoría de vehículos que experimentó el mayor volumen de tráfico en estas vías fue la de "camionetas", contribuyendo con un 30,40% del total, superando a las demás categorías. En contraste, las "Motocicletas" representaron la categoría con la menor proporción, alcanzando únicamente un 8,24%.

Figura 16.

Conteo de flota vehicular de las rutas principales de Chambo



Elaborado por: Autores

4.3.2. Conteo de vehículos en rutas secundarias

- ***Rutas secundarias urbanas***

La Tabla 10 contiene los datos referentes a los conteos diarios de vehículos en las rutas secundarias urbanas, organizados según las diferentes categorías de flotas de vehículos. Cada valor dentro de la tabla es el resultado del promedio de tres conteos realizados en cada punto de la ruta.

Tabla 10.

Conteo vehicular en las rutas secundarias urbanas

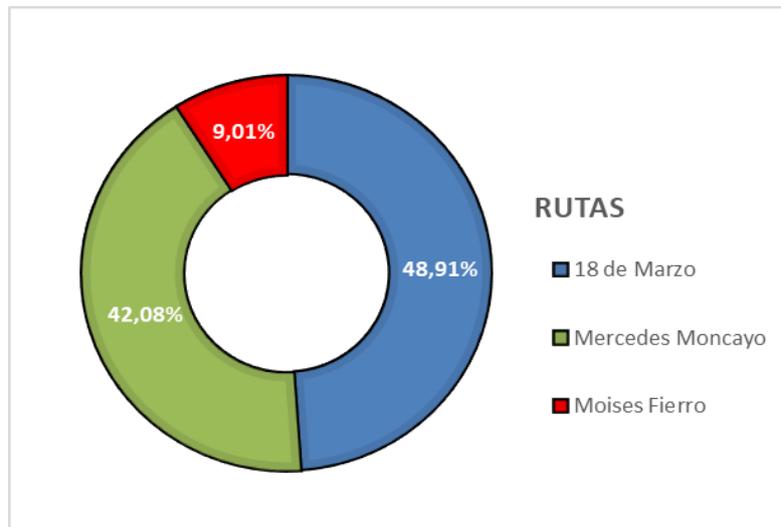
RUTAS DE SEGUNDO ORDEN: URBANAS				
Categorías	Moisés Fierro Alvares	Mercedes Moncayo	18 de Marzo - Cacique Achamba	Total
Camiones	282	1560	1230	3073
Camionetas	560	2440	3535	6535
Jepp /SUV	182	954	1439	2576
Sedan	347	1460	1710	3516
Taxis	230	1275	1185	2690
Motocicletas	221	813	782	1816
TOTAL	1822	8502	9881	20205

Elaborado por: Autores

De acuerdo con lo representado en la Figura 17, la ruta que muestra el mayor porcentaje de tráfico vehicular es la 18 de Marzo-Cacique Achamba 48.91%. Esto se debe a que este trayecto recibe flujo vehicular de la ruta Chambo-Riobamba, además cuenta con la presencia del Subcentro de Salud Chambo, el establecimiento educativo Leopoldo Freire y el Parque Central.

Figura 17.

Conteo vehicular en rutas secundaria urbanas de Chambo

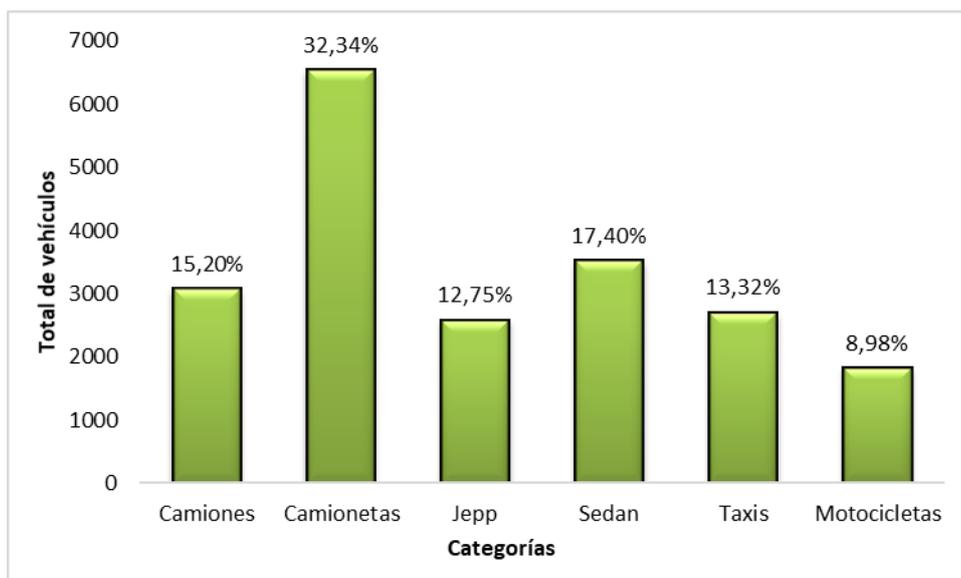


Elaborado por: Autores

Al analizar los conteos realizados en las rutas secundarias urbanas, se pudo observar que la categoría de vehículos que experimentó la mayor cantidad de tráfico en estas vías fue la de "camionetas", contribuyendo con un 32,34% del total, que la posiciona por encima de las otras categorías como se muestra en la Figura 18. En contraste, las "motocicletas" representaron la categoría con la proporción más baja, alcanzando un 8,98%.

Figura 18.

Conteo de flota vehicular de las rutas secundarias urbanas de Chambo



Elaborado por: Autores

- **Rutas secundarias rurales**

La Tabla 11 contiene los datos referentes a los conteos diarios de vehículos en las rutas secundarias rurales, organizados según las diferentes categorías de flotas de vehículos. Cada valor dentro de la tabla es el resultado del promedio de tres conteos realizados en cada punto de la ruta.

Tabla 11.

Conteo de rutas secundaria rurales de Chambo

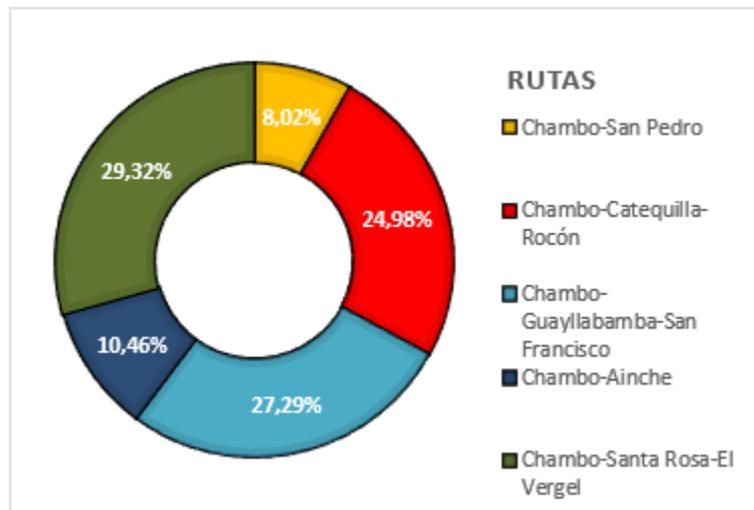
RUTAS DE SEGUNDO ORDEN: RURALES						
Categorías	Chambo- San Pedro	Chambo- Catequilla- Rocón	Chambo- Guayllabamba- San Francisco	Chambo- Ainche	Chambo- Santa Rosa-El Vergel	Total
Camiones	245	569	629	274	807	2524
Camionetas	380	1137	1748	491	1385	5141
Jepp/SUV	95	397	401	317	471	1681
Sedan	227	677	696	249	766	2616
Taxis	127	478	384	153	709	1851
Motocicletas	174	615	388	144	425	1746
TOTAL	1248	3873	4246	1628	4563	15559

Elaborado por: Autores

Basándonos en la información ilustrada en la Figura 19, las rutas que registra el porcentaje más alto de tráfico vehicular es la Chambo-Santa Rosa-El Vergel, Chambo- Guayllabamba-San Francisco y Chambo-Catequilla- Rocón alcanzando el 29,32%, 27,29% y 24,89%. La razón detrás de esto es la presencia de centros y lugares turísticos a lo largo de estas rutas. Además, estas áreas están influenciadas por actividades agrícolas, lo que las convierte en las vías más transitadas.

Figura 19.

Conteo vehicular en rutas secundaria rurales de Chambo

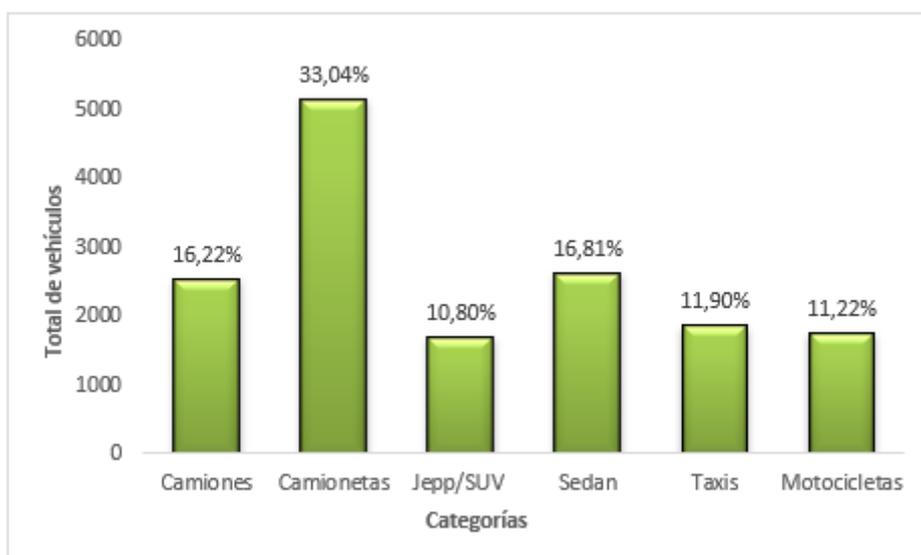


Elaborado por: Autores

Al analizar los conteos efectuados en las rutas secundarias rurales, se pudo notar que la categoría de vehículos que experimentó el mayor volumen de tráfico en estas vías fue la de "camionetas", aportando un 33.04% del total, lo que la coloca por encima de las otras categorías según se ilustra en la Figura 20. A diferencia, de la categoría "Jepp/SUV" que llega apenas al 10.80%.

Figura 20.

Conteo de flota vehicular de las rutas secundarias rurales de Chambo



Elaborado por: Autores

4.4. Caracterización del parque automotor que generan emisiones durante su operación por las vías del cantón Chambo en base a la incidencia de las variables distancia/tiempo.

El modelo IVE opera con dos factores clave: la flota vehicular y la localidad. Dentro de estos factores un parámetro de la localidad a utilizar es la variable "distancia/tiempo" para el cálculo de las emisiones.

4.4.1. Selección de flota vehicular

El modelo IVE realiza cálculos de emisiones utilizando una clasificación vehicular específica. Con el fin de optimizar el procesamiento de la información, se establecieron categorías vehiculares siguiendo la Tabla 12.

Tabla 12.

Categorías Vehiculares

CATEGORÍAS	ABREVIATURAS
Camiones	Cm
Camionetas	Cmt
Jeep/SUV	Jp
Sedan	Sd
Taxis	Tx
Motocicletas	Mt

Elaborado por: Autores

En el contexto de esta investigación, la categoría de buses no se tomó en consideración debido a la inexistencia de transporte público local en el cantón. Además, la presencia de autobuses intercantonales en el área no aporta un valor sustancial a los objetivos de la investigación.

4.4.2. Características de la localidad

- *Condiciones climáticas*

Las condiciones climáticas en el cantón Chambo se describen en detalle en la Tabla 13.

Tabla 13.*Condiciones climáticas del cantón Chambo*

PARÁMETROS	VALOR	UNIDAD
Temperatura promedio	15	°C
Humedad	83	%
Altitud	2780	m.s.n.m

Elaborado por: Autores

- ***Uso de aire acondicionado***

Para calcular el porcentaje de uso diario del aire acondicionado se realizaron 15 encuestas por cada categoría vehicular con el fin de obtener una representación precisa del porcentaje de uso, como se refleja en la Tabla 14.

Tabla 14.*Porcentaje de uso de aire acondicionado*

USO DEL AIRE	
CATEGORÍAS	ACONDICIONADO
	(%).
Camiones	1
Camionetas	2,5
Jeep/SUV	20
Sedan	13
Taxis	2
Motocicletas	0

Elaborado por: Autores

Cabe mencionar que el uso excesivo del aire acondicionado no solo puede aumentar el consumo de combustible, sino que también puede llevar a una pérdida de potencia del motor del vehículo, lo que podría provocar fallos en el motor y, en consecuencia, generar emisiones contaminantes más elevadas, lo que lo convierte en una medida esencial para el factor de la Localidad.

- ***Bin Soak***

En la Tabla 15 se aprecia que las categorías vehiculares que tienen un elevado porcentaje de tiempo SOAK siendo 42% en el período de menos de 15 minutos, son ‘Camionetas’, ‘Jeep/SUV’, ‘Sedan’, ‘Taxis’ y ‘Motocicletas’. A medida que aumenta el rango de tiempo, se observa una disminución en el porcentaje SOAK lo que implica que los últimos períodos

de tiempo se refieren al tiempo en que los vehículos se encuentran apagados durante su etapa de descanso.

Tabla 15.

Porcentaje del tiempo Soak

TIEMPO SOAK	CATEGORÍAS					
	Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas
15 min	25	42	42	42	42	42
30min	-	-	-	-	-	-
1 hora	-	-	-	-	-	-
2 horas	25	25	25	25	25	25
3 horas	-	-	-	-	-	-
4 horas	-	-	-	-	-	-
6 horas	42	25	25	25	25	25
8 horas	-	-	-	-	-	-
12 horas	8	8	8	8	8	8
18 horas	-	-	-	-	-	-
	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Elaborado por: Autores

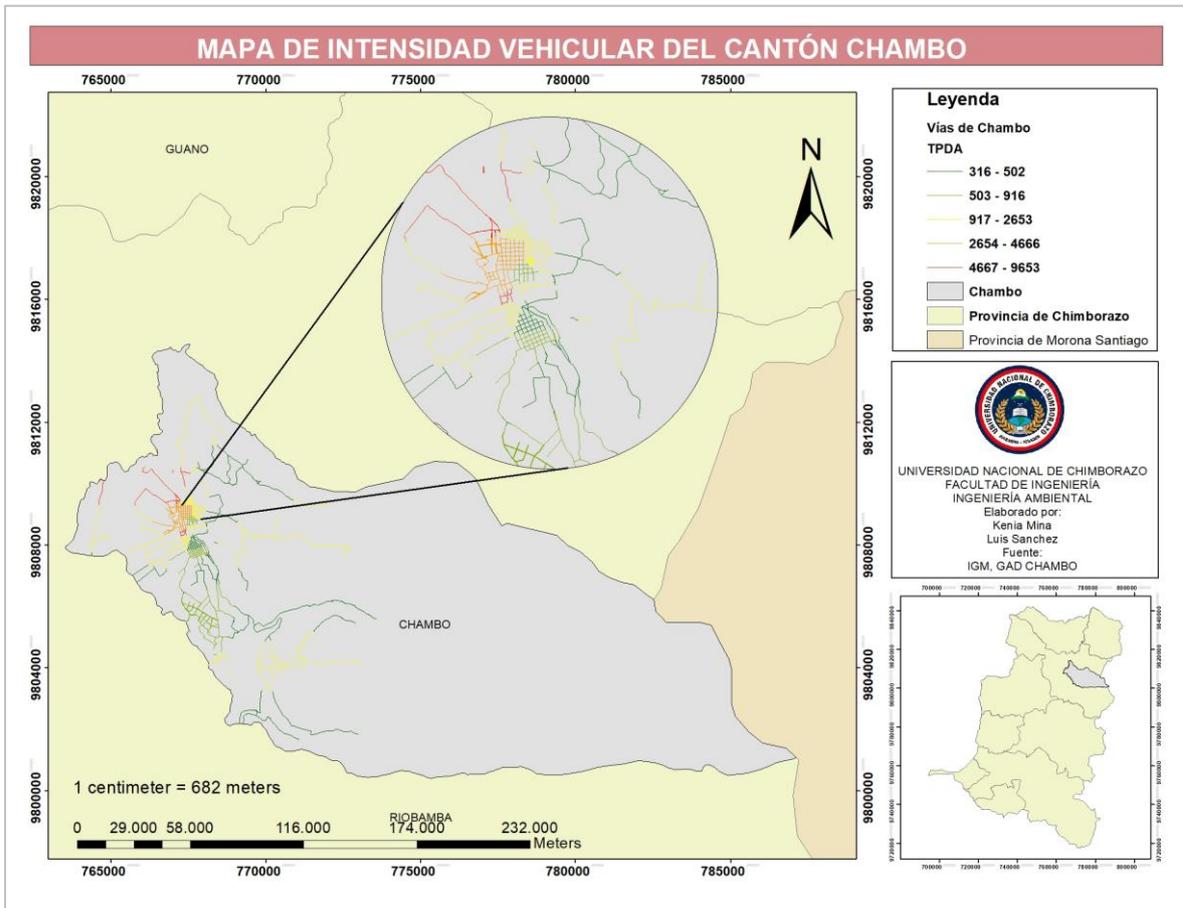
La palabra SOAK en el contexto de un motor es el tiempo durante el cual un motor permanece apagado antes de ser encendido. Por lo que es importante conocer que existen dos tipos de partidas con los que opera el modelo IVE, partida en frío y caliente. Una partida en frío es cuando el motor ha alcanzado la temperatura ambiente y después de haber estado apagado durante 18 horas o más. en particular, tiende a generar mayores emisiones debido a la necesidad de que el motor alcance su temperatura de operación óptima. A diferencia de una partida en caliente es cuando el motor en caliente es apagado por 5 minutos o menos antes de ponerse en marcha de nuevo. El porcentaje de SOAK disminuye a medida que aumenta el tiempo debido a que se relaciona con la diferencia de temperatura entre el motor y la temperatura ambiente.

4.5. Intensidad vehicular

La Figura 21 representa la intensidad del tráfico vehicular en el cantón Chambo, utilizando como referencia la cantidad promedio de vehículos que transitan diariamente por las vías primarias y secundarias.

Figura 21.

Intensidad de tráfico vehicular



Elaborado por: Autores

Es evidente que las zonas con una mayor intensidad vehicular son la ruta principal que conecta Chambo con Riobamba, ya que enlaza el cantón con la capital, y el centro del cantón, donde se registra la mayor recurrencia comercial fluctuando entre 4667 y 9653 de vehículos por día.

Por otro lado, los tramos de las rutas secundarias dentro de la zona urbana muestran una intensidad vehicular promedio. Estas rutas reciben una parte significativa del tráfico de las rutas principales, además de estar ubicadas en una zona comercial recibiendo 2654 y 4666 vehículos.

Las rutas restantes que se dirigen hacia localidades como El Vergel presentaron una baja intensidad vehicular, con cifras entre 917 y 2653 vehículos por día. Incluso se registraron valores aún más bajos para localidades como San Pedro, Rocón y San Francisco con cifras que son inferiores a 917 vehículos.

4.6. Aportes de emisiones evaporativas vehiculares

4.6.1. Emisiones de las rutas primarias

En la Tabla 16 se refleja la participación en la emisión de contaminantes de las diferentes categorías vehiculares que circulan en las rutas principales.

Tabla 16.

Emisiones generadas por cada categoría vehicular en las rutas principales (Ton/año)

EMISIONES DE CONTAMINANTES (Ton /año)								
RUTAS PRINCIPALES								
Categorías	CO	COV	COV evap	NOx	SOx	MP	CO ₂	CH ₄
Camiones	85,33	17,34	0	278,9	2,36	37,3	12705,5	0
Camionetas	378,84	51,13	12,27	34,01	0,30	10,5	2440,50	8,74
Jeep/SUV	344,60	48,90	13,05	26,37	0,20	3,39	1420,41	9,37
sedan	247,45	28,20	7,50	13,80	0,10	0,12	681,53	5,64
Taxis	191,24	19,80	4,78	9,63	0,08	0,08	524,66	4,03
Motocicletas	43,97	16,23	2,97	0,28	0,01	0,42	108,54	3,25
TOTAL	1291,5	181,6	40,7	362,9	3,05	51,7	17881,1	31,0

Elaborado por: Autores

Según los datos disponibles, se emitió un total de 1291,45 Ton/año de monóxido de carbono como contaminante. La categoría que contribuye en mayor medida a estas emisiones es la de 'Camionetas', con un total de 378,84 Ton/año, mientras que la categoría 'Motocicletas' es la que menos contribuye, con solo un 43,97 Ton/año de CO. Para las emisiones de compuestos orgánicos volátiles, nuevamente las 'Camionetas' son las principales responsables, con una cantidad de 51,13 Ton/año, mientras que las 'Motocicletas' emitió la menor cantidad de COV, con 16,23 Ton/año. Respecto a los compuestos orgánicos volátiles evaporables generó un total de 40,57 Ton/año, la categoría 'Jeep/SUV' emite la mayor cantidad, con un total de 13,05 Ton/año de COVevap, a diferencia de la categoría 'Camiones' no generó emisiones en el cantón.

En relación a las emisiones de óxidos de nitrógeno, el total de emisiones asciende a 362,95 Ton/año. La categoría 'Camiones' es la que más contribuye a estas emisiones, con un total de 278,85 Ton/año, mientras que la categoría 'Motocicletas' genera la menor cantidad de NOx, con 0,28 Ton/año. Igualmente, las emisiones de óxidos de azufre provienen en mayor parte de la categoría 'Camiones' con 2,36 Ton/año y la categoría 'Motocicletas' genera la menor cantidad de SOx, con solo 0,01 Ton/año. Con respecto material particulado se emitió un total de 51,74 Ton/año siendo la categoría 'Camiones' la que mayor aporte con 37,25 Ton/año, mientras que las 'Motocicletas' es el menor aportante con 0,42 Ton/año de MP.

Según los datos proporcionados, las emisiones totales de dióxido de carbono para los contaminantes relacionados con el calentamiento global ascienden a un total de 17881,14

Ton/año. En esta categoría, los 'Camiones' son los mayores generadores de, contribuyendo con 12705,51 Ton/año, mientras que las 'Motocicletas' emiten la menor cantidad de CO₂, con solo 108,54 Ton/año. Por otro lado, en lo que respecta al metano, los 'Camiones' no emiten este contaminante. En cambio, la categoría 'Jeep/SUV' es la mayor fuente de emisiones de CH₄.

4.6.2. Emisiones de las rutas secundarias

- *Rutas secundarias urbanas*

La información acerca de la contribución a la emisión de contaminantes por parte de diferentes categorías de vehículos que transitan por las principales secundarias urbanas se presentan en la Tabla 17.

Tabla 17.

Emisiones generadas por cada categoría vehicular en las rutas secundaria: urbanas (Ton/año)

EMISIONES DE CONTAMINANTES (Ton /año)								
RUTAS SECUNDARIAS URBANAS								
Categorías	CO	COV	COV evap	NOx	SOx	MP	CO ₂	CH ₄
Camiones	25,26	6,99	1,41	21,71	0,11	34,37	1086,69	1,18
Camionetas	300,56	40,99	13,71	31,64	0,19	10,82	1517,05	6,79
Jeep/SUV	142,52	16,73	5,80	113,21	0,07	3,39	555,73	2,93
Sedan	284,04	24,15	10,16	12,11	0,09	0,14	628,95	4,83
Taxis	176,83	17,62	6,79	12,41	0,07	0,11	373,73	3,52
Motocicletas	36,36	11,73	2,84	0,27	0,00	0,33	53,46	2,20
TOTAL	965,57	118,20	40,72	191,36	0,54	49,15	4215,61	21,45

Elaborado por: Autores

El monóxido de carbono registrado fue 965,57 Ton/año de la cual la categoría relevante fue 'Camionetas' con datos 300,56 Ton/año al contrario de las 'Motocicletas' que arrojo una cantidad menor siendo 36,36 Ton/año respectivamente de CO. Algo similar sucede con los compuestos orgánicos volátiles y los compuestos orgánicos volátiles evaporables las 'Camionetas' son la categoría que genera la mayor cantidad de estos contaminantes siendo 40,99 Ton/año de COV y 13,71 Ton/año de COV evap, por otro lado, la categoría 'Motocicletas' es la menos aportante con 11,73 Ton/año de COV y 2,84 Ton/año de COV evap.

Para los óxidos de nitrógeno se estimó en 191,36 Ton/año destacándose la categoría 'Jeep/SUV' con 113,21 Ton/año, teniendo un valor nulo de NOx la categoría 'Motocicletas'.

Por su lado los óxidos de azufre fueron los contaminantes que menos se generaron contaminantes en el cantón alcanzando 0,54 Ton/año, resaltando dentro de este la categoría 'Camionetas' con una cantidad de 0,19 Ton/año de SOx. Para el material particulado se generó un total 49,15 Ton/año, teniendo en primer lugar la categoría 'Camiones' con un dato de 34,37 Ton/año y el último lugar lo obtuvo la categoría 'Taxis' con 0,11 Ton/año de MP.

En el caso de los contaminantes de calentamiento global como el CO₂ registro un total de 4215,61 Ton/año, siendo la categoría 'Camionetas' que aportó mayor valor con 1517,05 Ton/año y la de menor aporte la categoría 'Motocicletas' con un dato de 53,46 Ton/año. Para la generación de Metano se estimó 21,45 Ton/año de las cuales la categoría con mayor relevancia es 'Camionetas' arrojando un valor de 6,79 Ton/año de CH₄, mientras que la categoría que menos apporto a este resultado fue 'Camiones' con 1,18 Ton/año.

- **Rutas secundarias rurales**

La información acerca de la contribución a la emisión de contaminantes por parte de diferentes categorías de vehículos que transitan por las principales secundarias rurales se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18.

Emisiones generadas por cada categoría vehicular en las rutas secundarias rurales (Ton/año)

EMISIONES DE CONTAMINANTES (Ton /año)								
RUTAS SECUNDARIAS RURALES								
Categorías	CO	COV	COV evap	NOx	SOx	MP	CO₂	CH₄
Camiones	23,53	3,79	0	77,55	0,38	70,67	3815,53	0
Camionetas	389,38	46,59	10,15	36,64	0,33	9,25	3099,98	8,12
Jeep/SUV	164,13	18,70	4,17	13,98	0,12	1,67	891,87	3,56
Sedan	367,78	31,59	7,92	18,18	0,15	0,14	1023,42	6,31
Taxis	167,76	17,78	4,08	9,30	0,08	0,07	512,52	3,56
Motocicletas	42,67	15,94	2,70	0,25	0,01	0,41	118,32	3,19
TOTAL	1155,25	134,39	29,01	155,90	1,06	82,20	9461,63	24,74

Elaborado por: Autores

Las emisiones de monóxido de carbono registradas alcanzaron un total de 1155,25 ton/año. La categoría predominante fue la de 'Camionetas', con un total de 389,38 Ton/año, en contraste con las 'Motocicletas', que contribuyeron con una cantidad notablemente menor, llegando a 42,67 Ton/año de CO. Respecto a las emisiones de compuestos orgánicos volátiles registró un total de 134,39 Ton/año, las 'Camionetas' son nuevamente las principales contribuyentes, liberando una cantidad de 46,59 Ton/año, en contraste con las

'Camiones', que registraron la menor emisión de COV, con una cantidad de 3,79 Ton/año. En cuanto a las emisiones de compuestos orgánicos volátiles evaporables que sumaron un total de 29,01 Ton/año, la categoría 'Camionetas' destaca como la principal fuente emisora, contribuyendo con un total de 10,15 Ton/año. A diferencia, la categoría 'Camiones' no generó emisiones de COV evap en el área.

Para los contaminantes óxidos de nitrógeno, se calculó un total de 155,90 Ton/año, siendo la categoría 'Camiones' la que más destaca con 77,55 Ton/año, mientras que la categoría 'Motocicletas' registró las emisiones más bajas con 0,25 Ton/año de NOx. Las emisiones de óxidos de azufre alcanzaron un total de 1,06 Ton/año, por lo cual la categoría que mayor aporte tuvo fue 'Camiones' con un valor de 0,38 Ton/año, luego la categoría 'Motocicletas' fue la menos relevante emitiendo 0,01 Ton/año. Para el material particulado se generó un total 82,20 Ton/año, teniendo en primer lugar la categoría 'Camiones' con un dato de 70,67 Ton/año y el último lugar lo obtuvo la categoría 'Taxis' con 0,07 Ton/año de MP.

Con el dióxido de carbono, se registró un total de 9461,63 Ton/año. La categoría 'Camiones' fue la que contribuyó con la mayor cantidad, alcanzando 3815,53 Ton/año, mientras que la categoría 'Motocicletas' presentó la menor contribución, con 118,32 Ton/año de CO₂. En cuanto a la generación de metano, se estimaron 24,74 Ton/año, destacando la categoría 'Camionetas' como la principal fuente, con 8,12 Ton/año, y la categoría 'Camiones' no registró emisiones de CH₄, manteniendo un valor nulo.

4.7. Inventario de emisiones contaminantes

Con el propósito de analizar la distribución espacial y temporal de estas emisiones el inventario de emisiones recopiló información sobre los contaminantes provenientes de las rutas principales y secundarias del cantón Chambo como lo muestra la Tabla 19.

Tabla 19.

Inventario de emisiones vehiculares del cantón Chambo (Ton/año)

Categorías	INVENTARIO EMISIONES CONTAMINANTES (Ton/año)							
	CANTÓN CHAMBO							
	CO	COV	COV evap	NOx	SOx	MP	CO ₂	CH ₄
Camiones	134,12	28,12	1,41	378,11	2,84	142,29	17607,72	118
Camionetas	1068,79	138,71	36,14	102,30	0,81	30,56	7057,3	23,64
Jeep/SUV	651,25	84,33	23,01	153,56	0,39	8,44	2868,00	15,86
Sedan	899,27	83,93	25,57	44,10	0,34	0,39	2333,89	16,78
Taxis	535,84	55,20	15,65	31,34	0,22	0,25	1410,91	11,11

Motocicletas	123,00	43,89	8,51	0,80	0,03	1,15	280,32	8,64
TOTAL	3412,27	434,19	110,29	710,21	4,64	183,09	31558,37	77,21
%	9,35	1,19	0,30	1,95	0,01	0,50	86,48	0,21

Elaborado por: Autores

En el cantón Chambo se registró que la mayor concentración de emisiones contaminantes pertenece al CO₂ con 31558,37 Ton/año que constituye 86,48% del total de todas las emisiones, seguido del CO que se generó 3412,27 Ton/año que corresponden al 9,35%, convirtiéndose estos dos contaminantes en los principales contribuyentes a las emisiones en el cantón. Estos hallazgos están en línea con lo que Guadalupe (2016) en Quito, donde se demostró que el CO₂ representa el 89,5% y el CO un 8,7% del total de emisiones. También se tiene en menores concentraciones al NO_x con 710.21 Ton/año que representa el 1,95%, el COV con 434.19 Ton/año siendo el 1,19% y en cantidades muy pequeñas a los COV evap, SO_x, MP, CH₄ representando 0,30, 0,01, 0,50 y 0,21%.

- ***Emisiones vehiculares por categoría vehicular***

Para identificar patrones de contaminación en el cantón Chambo fue necesario conocer las emisiones contaminantes por categoría vehicular como se presenta en la Tabla 20.

Tabla 20.

Total de emisiones vehiculares por categoría vehicular

CATEGORÍAS	TOTAL DE EMISIONES (Ton/año)	%
Camiones	18295,79	50,14
Camionetas	8458,48	23,18
Jeep/SUV	3804,85	10,43
Sedan	3404,28	9,33
Taxis	2060,52	5,65
Motocicletas	466,33	1,28

Elaborado por: Autores

La categoría que registró el mayor número de emisiones es la de ‘Camiones’ con 50,14%, seguida de cerca por la categoría de ‘Camionetas’ 23,18%. Esto puede atribuirse en el caso de la categoría ‘Camiones’ al hecho de que el cantón depende en gran medida de actividades como la fabricación de ladrillos, la agricultura y ganadería, que a menudo requieren el uso de vehículos más grandes como camiones. Para la categoría ‘Camionetas’, el hecho de que el cantón no cuente con transporte público podría explicar por qué el uso de este vehículo es tan común para la movilización en la zona.

4.8. Interpretación el modelo computacional de emisiones vehiculares

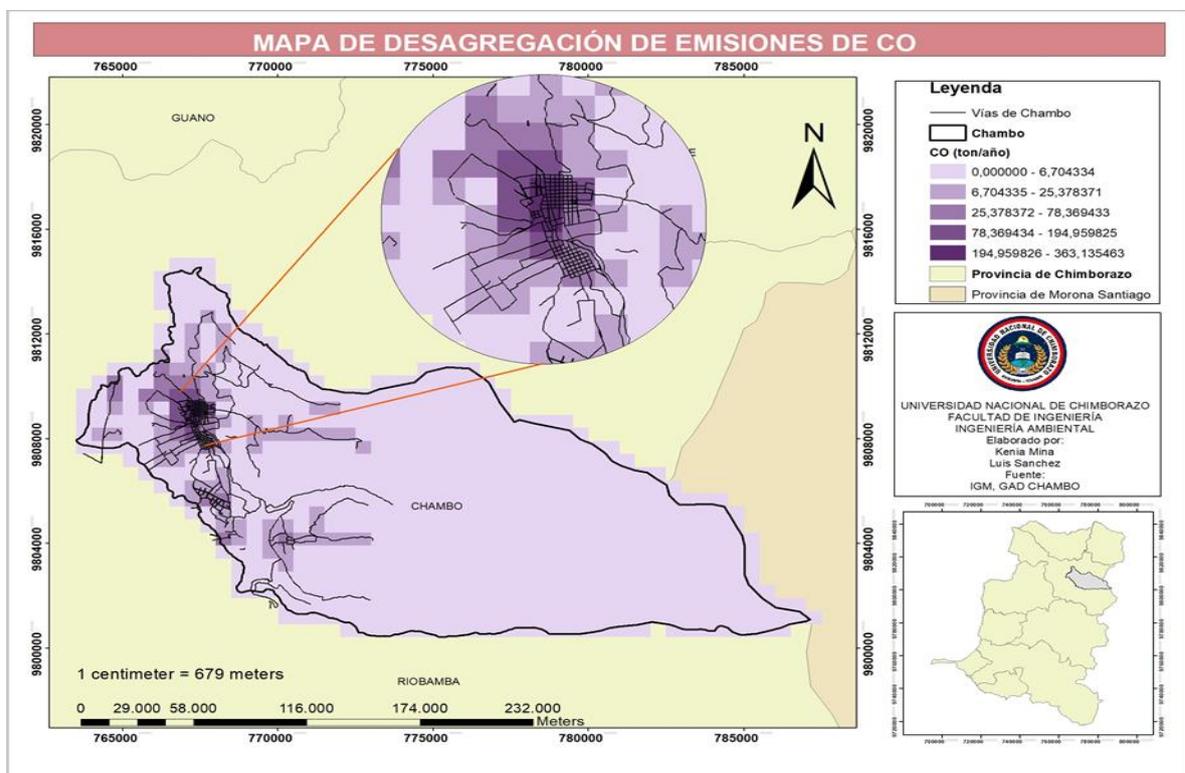
4.8.1. Desagregación espacial

En este proceso, se realizaron intersecciones entre las vías correspondientes a las rutas primarias y secundarias, además del total de emisiones de cada contaminante para determinar las áreas de mayor concentración.

La desagregación espacial que se realizó en el cantón Chambo ha demostrado que los lugares con mayor concentración de emisiones contaminantes son las áreas que tienen mayor densidad poblacional que se encuentran en la parte Norte de la cabecera cantonal y vías que conectan con Riobamba y la parroquia Químiag. Mientras, que en la zona sur de la cabecera cantonal exhibieron un nivel moderado de emisiones. En las áreas alejadas como las zonas consideradas rurales como San Pedro, Catequilla, Rocón, San Francisco, Ainche y El Vergel se observaron niveles más reducidos de emisiones debido a que estas áreas carecen de población y actividad comercial e incluso hubo lugares donde no se detectaron emisiones debido a la falta de carreteras. Este patrón se repite para cada uno de los contaminantes estudiados como se presenta en las Figuras 22-29.

Figura 22.

Desagregación espacial de CO en el cantón Chambo

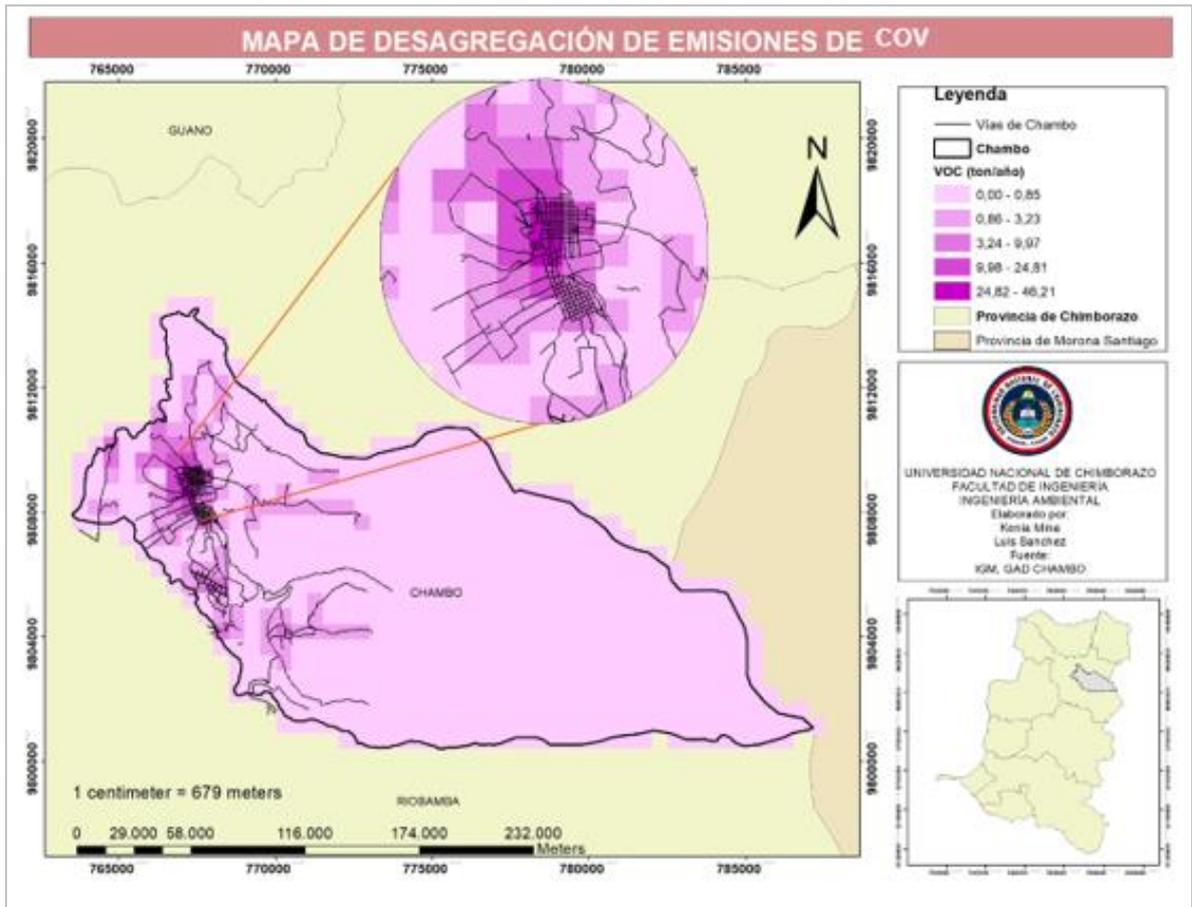


Elaborado por: Autores

En lo que respecta al monóxido de carbono, se observó que en la zona norte de la cabecera cantonal las emisiones variaron entre 194,95 Ton/año y 363,135 Ton/año de CO por cada 1 km².

Figura 23.

Desagregación espacial de COV en el cantón Chambo

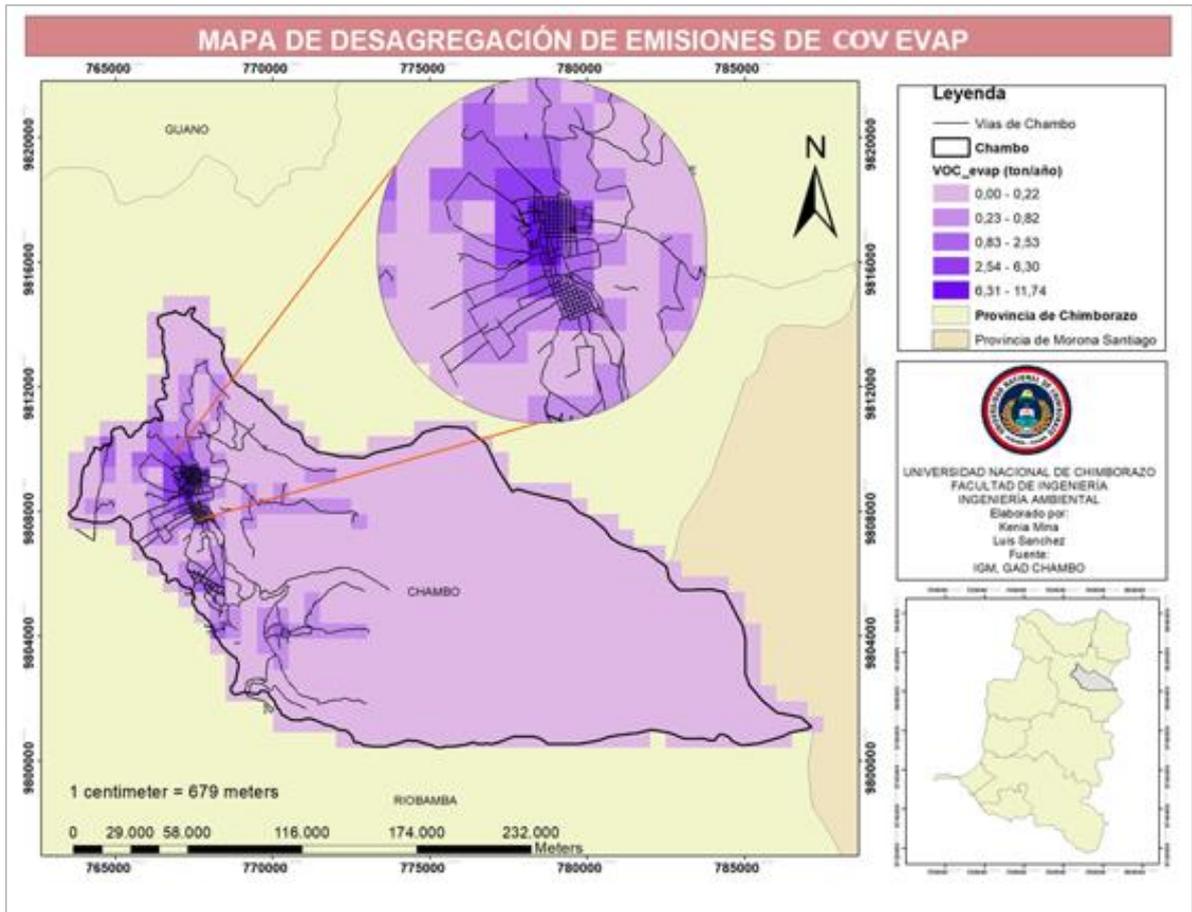


Elaborado por: Autores

Para los compuestos orgánicos volátiles se identificó una variación en las emisiones en la zona norte de la cabecera cantonal, oscilando entre 24,82 Ton/año y 46,21 Ton/año de COV por cada 1 km².

Figura 24.

Desagregación espacial de COV evap en el cantón Chambo

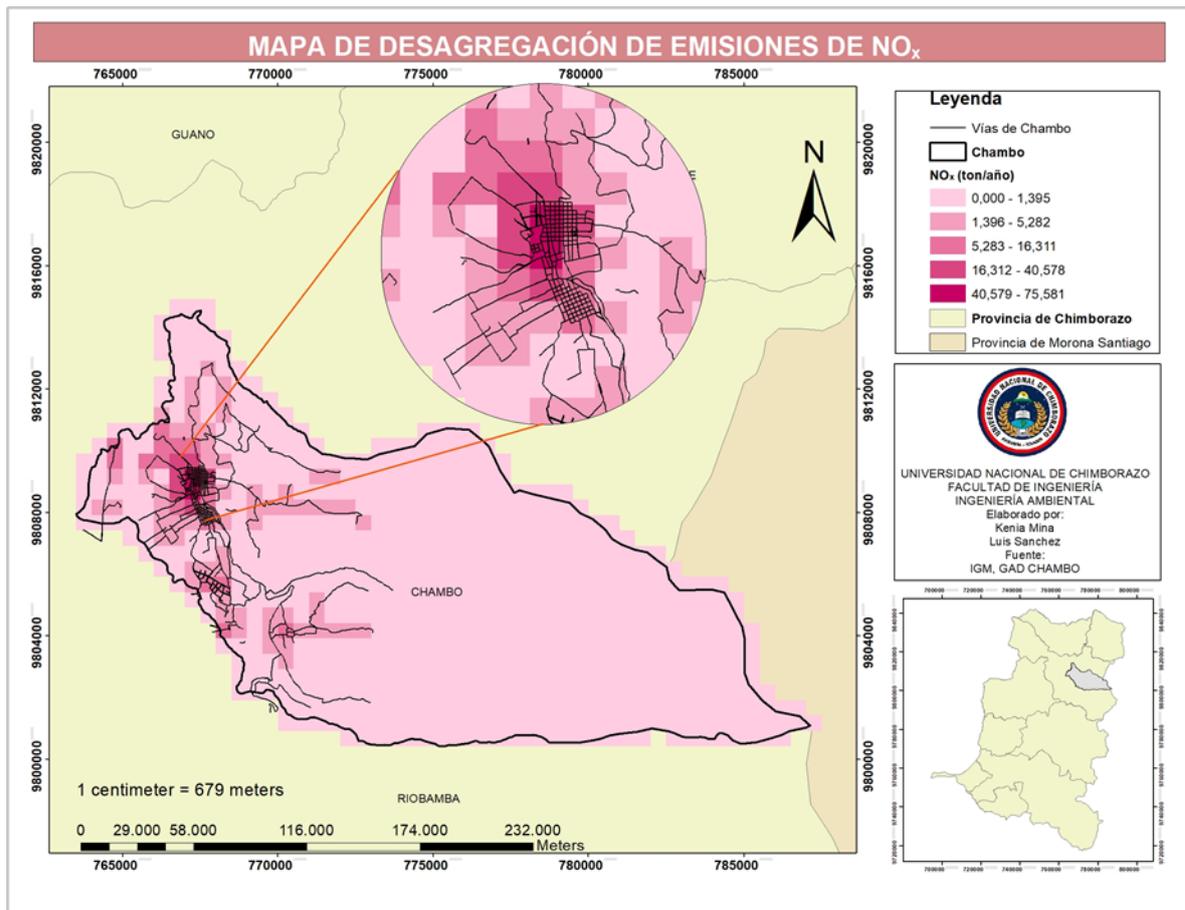


Elaborado por: Autores

En cuanto a los compuestos orgánicos volátiles evaporables, se notó que las emisiones en la zona norte de la cabecera del cantón variaron entre 6,31 Ton/año y 11,74 Ton/año de COV evap por cada km².

Figura 25.

Desagregación espacial de NOx en el cantón Chambo

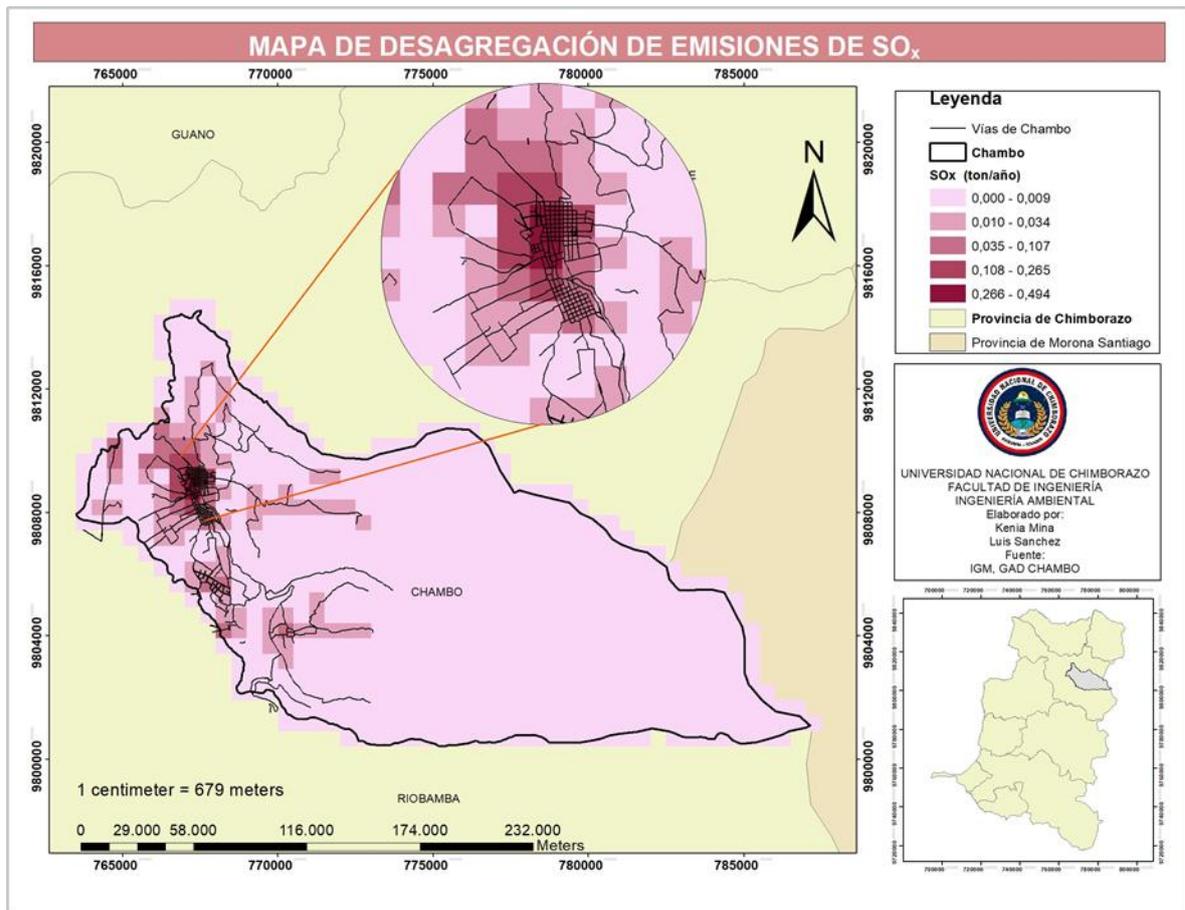


Elaborado por: Autores

En relación al óxido de nitrógeno, se observó que las emisiones en la zona norte de la cabecera del cantón oscilaron entre 40,579 Ton/año y 75,581 Ton/año de NO_x por cada km².

Figura 26.

Desagregación espacial de SO_x en el cantón Chambo

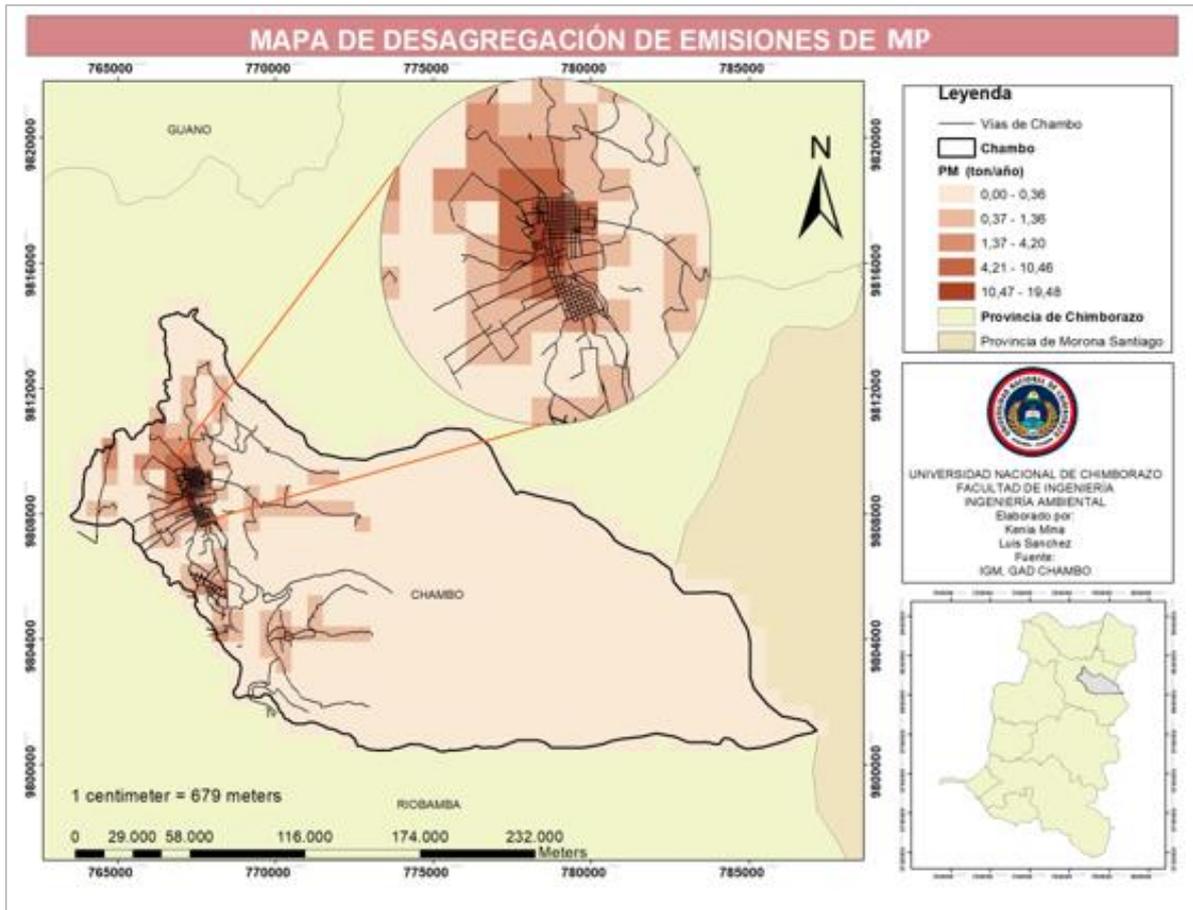


Elaborado por: Autores

En lo que concierne a los dióxidos de azufre, se observó que las emisiones en la zona norte de la cabecera del cantón variaron entre 0,266 Ton/año y 0,494 Ton/año de SO_x por km².

Figura 27.

Desagregación espacial de MP en el cantón Chambo

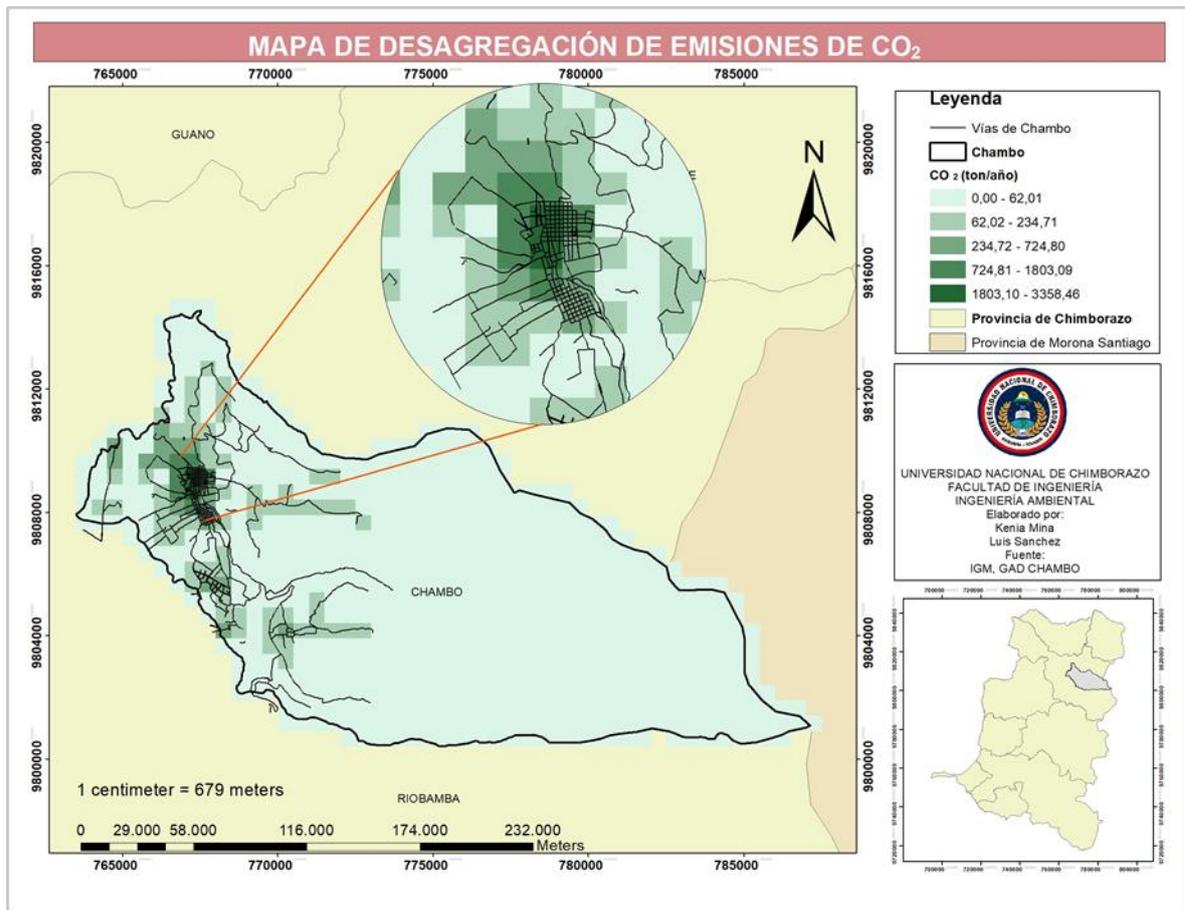


Elaborado por: Autores

En cuanto a las partículas suspendidas en el aire, por cada kilómetro cuadrado se observó que las emisiones en la zona norte de la cabecera del cantón variaron entre 10,47 Ton/año y 19,48 Ton/año de MP.

Figura 28.

Desagregación espacial de CO₂ en el cantón Chambo

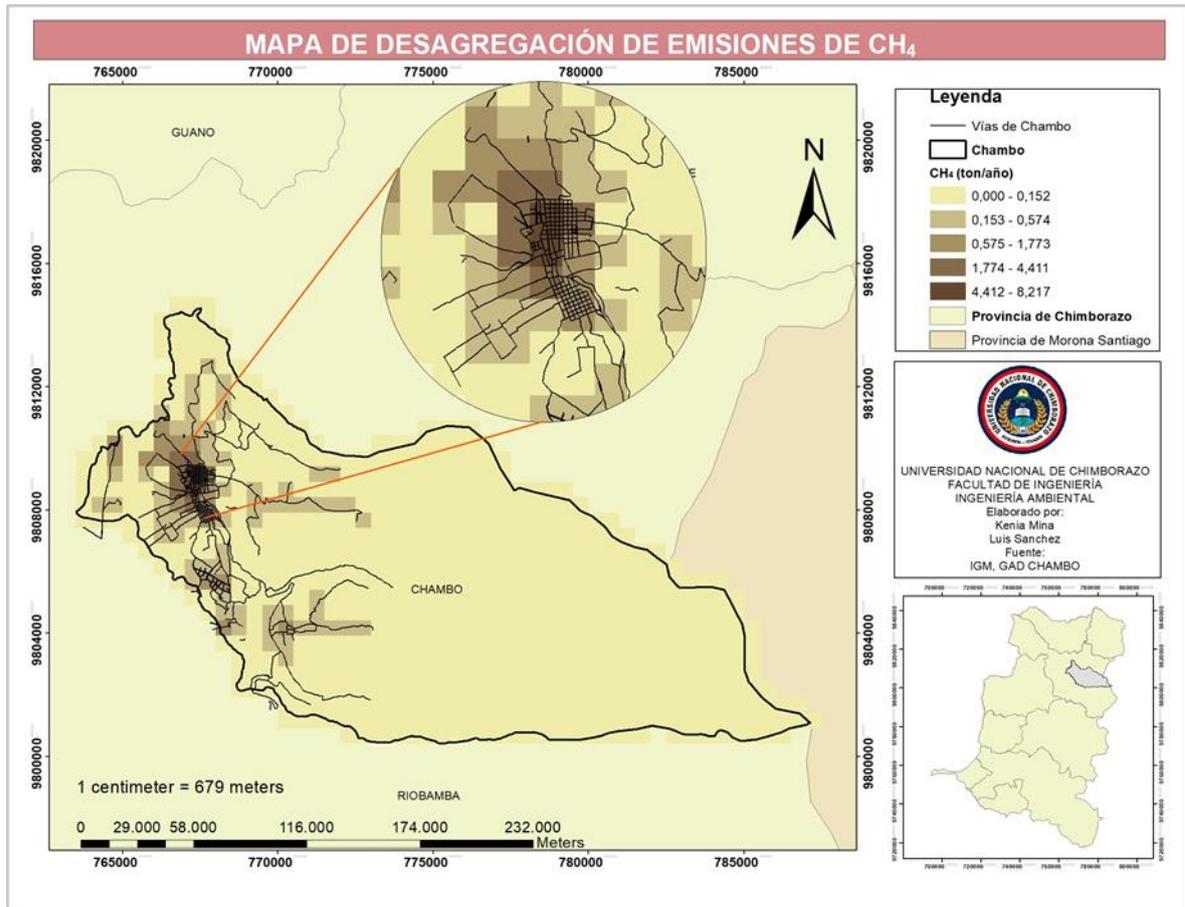


Elaborado por: Autores

En lo que respecta al dióxido de carbono, que es el contaminante que tiene mayor presencia de emisiones en Chambo, se observó que en la zona norte de la cabecera cantonal las emisiones variaron entre 1803,10 Ton/año y 3558,48 Ton/año de CO₂ por cada km².

Figura 29.

Desagregación espacial de CH₄ en el cantón Chambo



Elaborado por: Autores

En lo que respecta al metano, se observó que las emisiones en la zona norte de la cabecera del cantón variaron entre 4,412 Ton/año y 8,217 Ton/año de CH₄ por cada km².

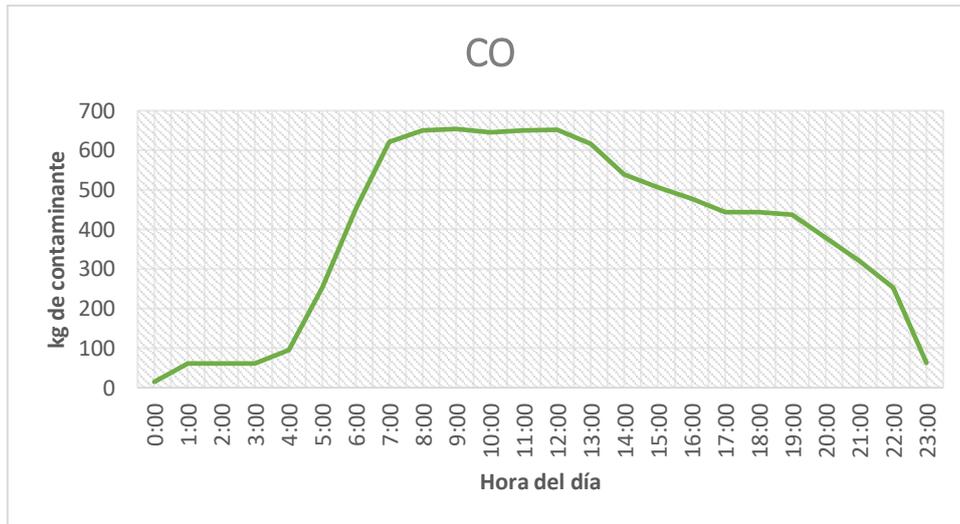
4.8.2. Desagregación temporal

Respecto a la distribución en el tiempo, en el transcurso del día se analizó el comportamiento de los contaminantes. Se observó que durante las primeras horas de la madrugada, las emisiones de todos los contaminantes fueron bastante bajas hasta alrededor de las 05:00h, momento en el cual se registró un aumento gradual de emisiones hasta las 7:00h, y se mantuvo hasta las 12:00h. Entre las 12:00 y las 13:00 horas, se observó una disminución muy ligera de las emisiones, que se debió en parte al descanso de una pequeña parte del tráfico vehicular, mientras que la otra parte de este tráfico activo estuvo relacionada con la salida de las instituciones escolares y otras entidades. A partir de las 14:00 a las 19:00 horas, se experimentó un decremento moderado en las emisiones, debido al tráfico generado por la finalización de las jornadas laborales. Después de este período, los contaminantes comenzaron a disminuir progresivamente a medida que avanzaba la noche, como se muestra en las Figuras 30-37.

El estudio realizado por Castro y Proaño (2023), se pudo observar una tendencia en la distribución temporal de emisiones en el cantón Riobamba que se asemeja a la del cantón Chambo. Ambos experimentaron un aumento en las emisiones vehiculares en dentro de las 5:00h-7:00h.

Figura 30.

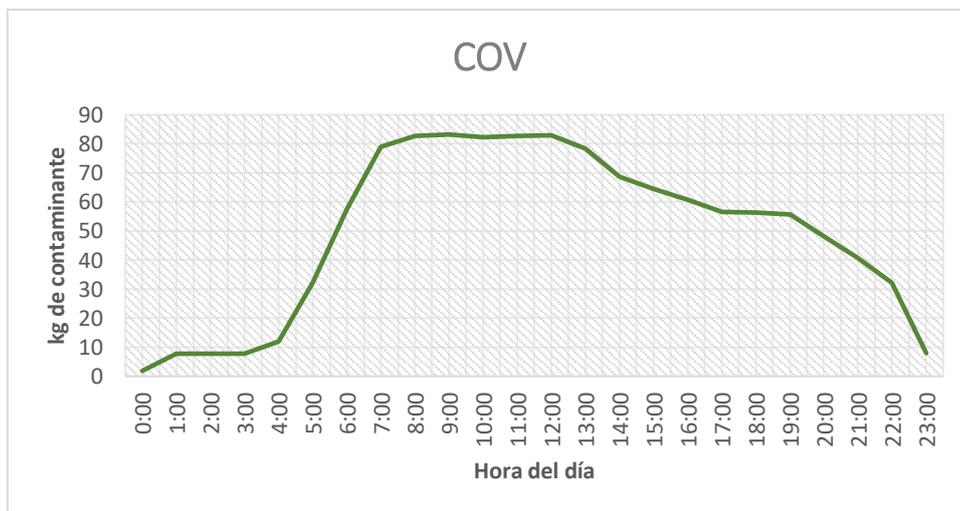
Desagregación temporal de CO en el cantón Chambo



Elaborado por: Autores

Figura 31.

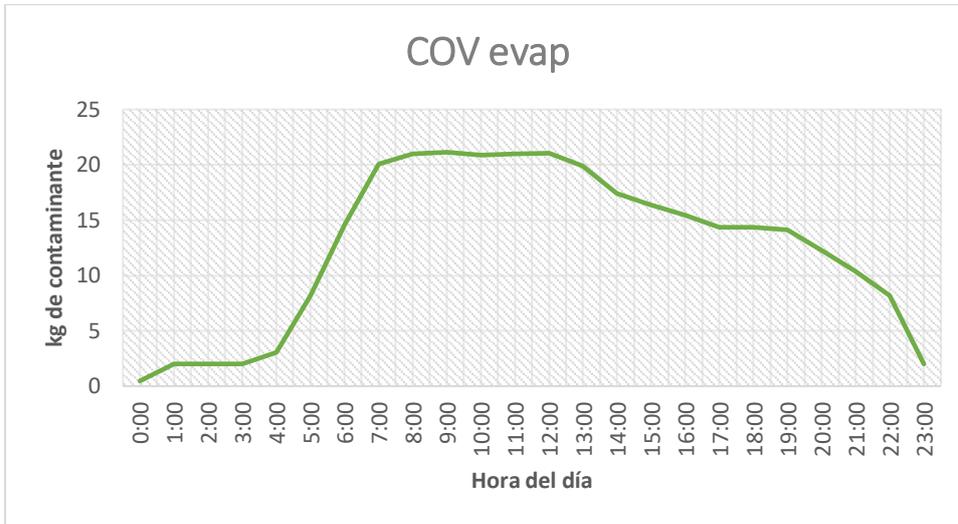
Desagregación temporal de COV en el cantón Chambo



Elaborado por: Autores

Figura 32.

Desagregación temporal de COV evap en el cantón Chambo



Elaborado por: Autores

Figura 33.

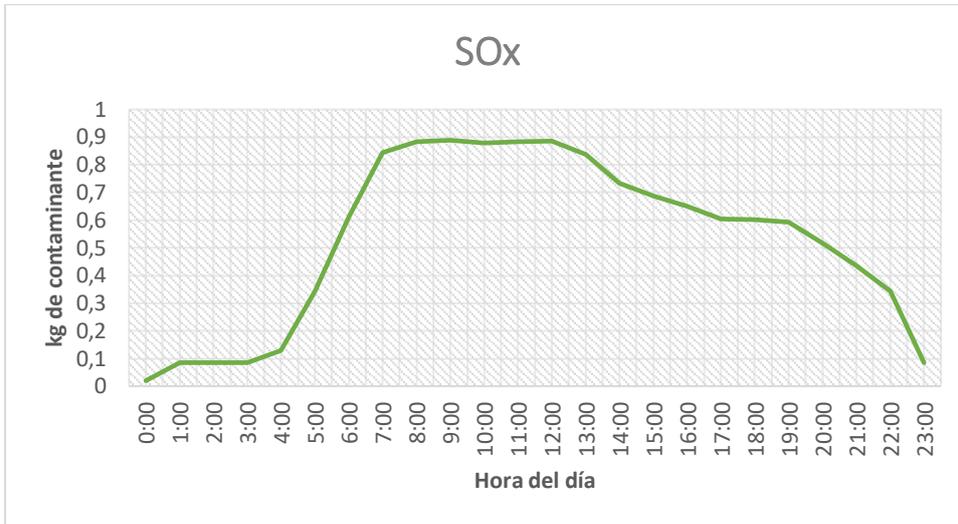
Desagregación temporal de NOx en el cantón Chambo



Elaborado por: Autores

Figura 34.

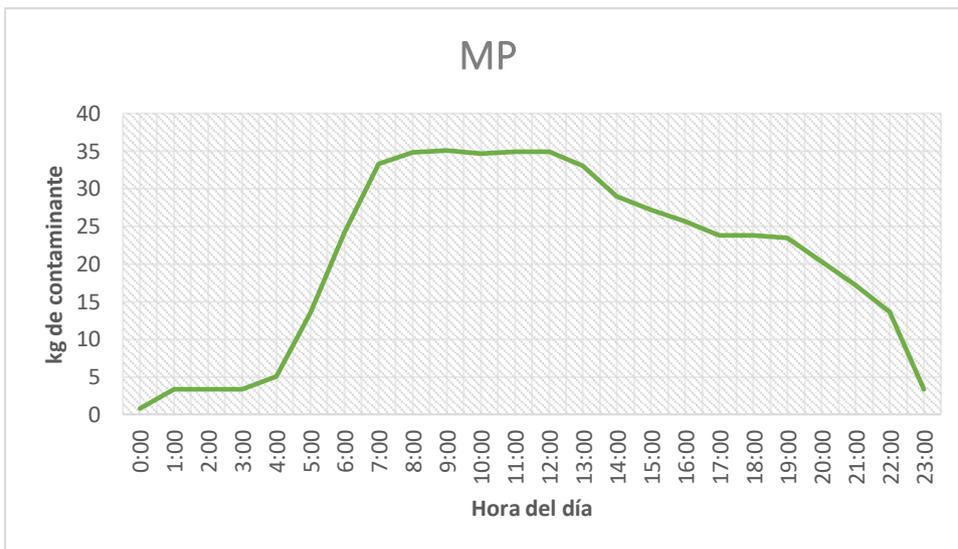
Desagregación temporal de SOx en el cantón Chambo



Elaborado por: Autores

Figura 35.

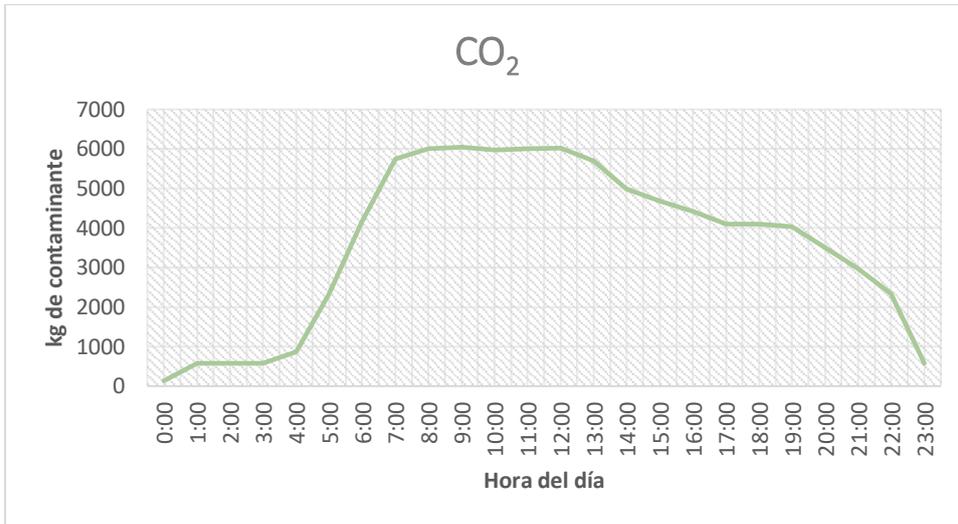
Desagregación temporal de MP en el cantón Chambo



Elaborado por: Autores

Figura 36.

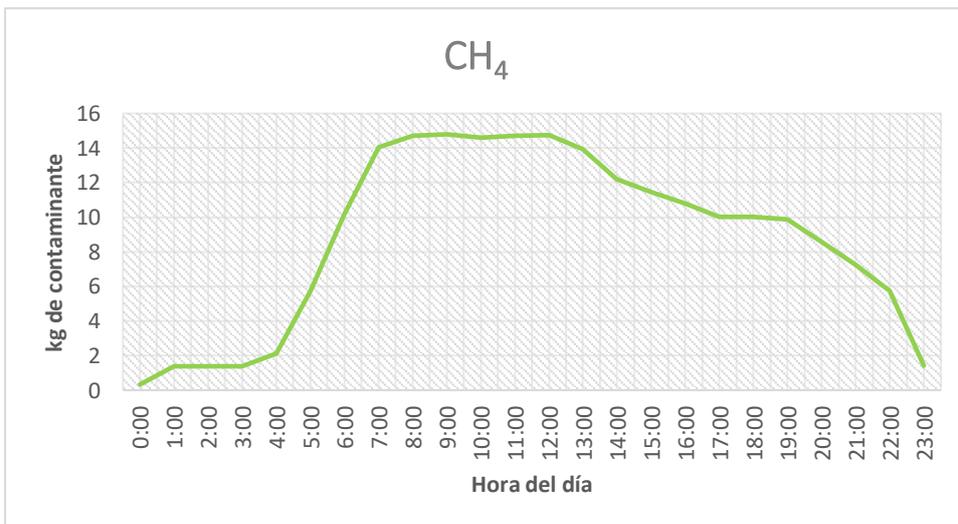
Desagregación temporal de CO₂ en el cantón Chambo



Elaborado por: Autores

Figura 37.

Desagregación temporal de CH₄ en el cantón Chambo



Elaborado por: Autores

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

- Para selección de rutas se realizó visitas de campo en las vías. Se establecieron dos rutas principales que conectan al cantón Chambo con el cantón Riobamba y la parroquia Químiag. Para las rutas de segundo orden, se consideraron dos zonas específicas: una que engloba la zona urbana, abarcando las zonas más transitadas de la cabecera cantonal de Chambo, y otra que comprende la zona rural, siendo las localidades alejadas. Adicionalmente, en cada una de las rutas seleccionadas se seleccionaron tres puntos socioeconómicos: puntos de alto, medio y bajo ingreso, todo con el propósito de contar y registrar el parque automotor. Por otro lado, se consideró que las vías presentaban el flujo vehicular más elevado en las rutas principales y la parte norte de la cabecera cantonal del cantón. En contraste, en las rutas de secundarias que recorren las localidades rurales debido a su bajo nivel poblacional y comercial se registró una cantidad mínima de vehículos.
- Se realizó el levantamiento de la flota vehicular y estilos de conducción del cantón Chambo, lo que permitió definir que el parque automotor está compuesto por 66363 unidades de vehículos, donde el 17,82% de unidades corresponde a los camiones, el 31,61% a camionetas, el 13,91% a Jeep/SUV, 15,54% a Sedan, 11,96% a Taxis y 9,16% a Motocicletas. Se identificó mediante el modelado IVE contaminantes criterio se encontró 31558,37 ton/año de CO₂, 3412,27 Ton/año de CO, 434,19 Ton/año de COV, 110,29 Ton/año de COV evap, 710,21 Ton/año de NO_x, 4,64 Ton/año de SO_x, 183,09 Ton/año de MP y compuestos relacionados con el calentamiento global y se registró 31558,37 Ton/año de CO₂ y 77.21 Ton/año de CH₄ sumando un total de 36490,27 Ton/año de emisiones para el año 2023. Lo que convirtió al CO₂ en uno de los compuestos con mayor emisión representando el 86,48% de total de emisiones contaminantes. Individualmente la categoría ‘Camiones’ generó alrededor de 18295,79 Ton/año, siendo un total de 50.14% del total de emisiones.
- Finalmente, se llevó a cabo la desagregación espacial y temporal de las emisiones en el cantón Chambo. El resultado de este proceso fue la creación de un mapa que reveló que el área con la mayor emisión de contaminantes se encuentra en principales vías que conectan con otros cantones y la zona norte de la cabecera cantonal. Mientras que, las zonas rurales muestran niveles más bajos de contaminación atmosférica debido al poco flujo vehicular. Además, al realizar la desagregación temporal, se logró identificar los momentos del día en los que se registran el mayor número emisiones, siendo en horarios de 7:00h a 13:00h.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda emplear terminología estandarizada en base al tipo y tamaño de los vehículos. Para lograrlo, se puede colaborar con los distribuidores o usuarios de vehículos a través de cuestionarios que detallen el modelo del vehículo y el tipo de combustible utilizado. De esta manera, se pueden establecer categorías coherentes y precisas.
- A pesar de que los factores de emisión calculados en este estudio se aproximan a las condiciones reales de operación de los vehículos en el cantón Chambo, se sugiere mejorar el proceso mediante la extensión de la recopilación de datos en el terreno durante un período más largo. Esto garantizará que la recopilación de información sea representativa y utilizable para mejorar la precisión de los factores de emisión.
- Por último, Se recomienda seguir realizando investigaciones que mejoren y actualicen los resultados obtenidos durante esta investigación debido a que el cantón Chambo no cuenta datos claros sobre calidad del aire.

7. BIBLIOGRAFÍA

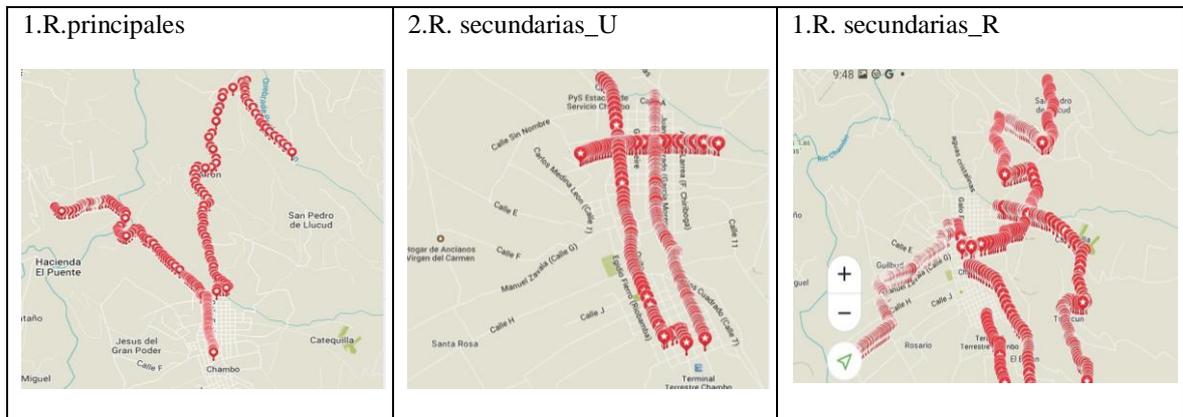
- Amable, I., Méndez, J., Bello, M., Benítez, B., Escobar, M., & Zamora, R. (2017). Influencia de los contaminantes atmosféricos sobre la salud. *Matanzas*, 39(5), 1160-1170. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242017000500017
- Benavides, K., & Fiallos, L. (2019). *Propuesta de un modelo para la valoración de la gestión de seguridad vial en vías estatales del Ecuador - caso de estudio, vía Riobamba – Biblián*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10162>
- Betancourt, L. (2014). *Elaboración de un manual que sirva como guía para realizar la señalización vertical vial de cruces de línea férrea*. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/7910#:~:text=Elaboraci%C3%B3n%20de%20un%20manual%20que%20sirva%20como%20gu%C3%ADa,f%C3%A9rrea%20Betancourt%20Landeta%2C%20Luis%20Eduardo%20URI%3Ahttp%3A%2F%2Frepositorio.puce.edu.ec%2Fhandle%2F22000%2F7910%20Fec>
- Calla, L., & Luján, M. (2018). Inventario de emisiones de fuentes móviles con una distribución espacial y temporal para el área metropolitana de Cochabamba, Bolivia. *Acta Nova*, 8(3), 322-353. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892018000100005
- Cardozo, L., Lozano, L., & Curtidor, L. (26 de Junio de 2018). Métodos de reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera. *Tecnología Y Productividad*, 3(3), 31-41. <https://doi.org/https://doi.org/10.23850/24632465.1557>
- Castro, K., & Proaño, Y. (2023). *Análisis de concentración de emisiones gaseosas vehiculares mediante el modelo IVE en el cantón Riobamba*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10536>
- Fletes, W. (2016). *Estimación de las emisiones vehiculares en la ciudad Tegucigalpa, Honduras*. Universidad Nacional de Ciencias Forestales.
- GADM Chambo. (2020). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2020-2023*. <https://www.gobiernodechambo.gob.ec/chambo/index.php/component/content/article/54-documentos-municipales/291-documentos-municipales>
- Gaitán, M., & Cárdenas, P. (2017). *Guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Galarza, J. (2018). *La contaminación atmosférica por fuentes móviles: Caso Milagro*. Universidad Estatal de Milagro, Ingeniería Industrial. <https://repositorio.unemi.edu.ec/xmlui/handle/123456789/3912>

- García, C. (2019). *Propuesta de gestión para mitigar la emisión de contaminantes originado por fuentes móviles en ruta en Chiclayo*. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/5347>
- Gómez, C. (2017). *Desagregación espacial y temporal del inventario de emisiones por fuentes antropogénicas para la ciudad de Manizales, Caldas*. Tesis de posgrado, Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77487>
- Gómez, C., González, C., Osses, M., & Aristizábal, B. (2018). Desagregación espacial y temporal del inventario de emisiones vehiculares en carretera en una ciudad andina de tamaño mediano. Comparación de metodologías descendentes basadas en SIG. *Ambiente atmosférico*, 179, 142-155. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.01.049>
- Grijalva, A., Jiménez, M., & Ponce, H. (2020). Contaminación del agua y aire por agentes químicos. *RECIMUNDO*, 4(4), 79-93. [https://doi.org/https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(4\).octubre.2020.79-93](https://doi.org/https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(4).octubre.2020.79-93)
- Guadalupe, J. (2016). *Modelación de emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres en Quito, Ecuador*. <https://dokumen.tips/documents/modelacin-de-emisiones-contaminantes-de-fuentes-distribucin-tecnologica-de.html?page=1>
- Hilario, N. (2017). *misiones contaminantes de vehículos del distrito de Huancayo*. Universidad Nacional del Centro del Perú. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4137>
- IQAir. (2022). *Países y regiones con mayor contaminación del mundo*. <https://www.iqair.com/es/world-most-polluted-countries>
- ISSRC. (Mayo de 2008). *IVE Model Users Manual Version 2.0*.
- Jorquera, H. (2018). *Introducción a la Contaminación Atmosférica*. Alpha Editorial. https://www.google.com.ec/books/edition/_/-H14EAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1
- Leal, E. (2021). La contaminación ambiental y su influencia en los ecosistemas de páramo. *Academia & Derecho*, 12(Especial). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8479297>
- Lents, N., Osses, M., Nikkila, N., & Barth, M. (2005). Desarrollo y aplicación de un modelo internacional de emisiones vehiculares. 155-165. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/124925?show=full>
- Núñez, C. (2018). *Estudio de emisiones de gases en vehículos a gasolina en la Universidad Técnica de Ambato Campus Huachi*.

- OMS. (2 de Mayo de 2018). *Nueve de cada diez personas de todo el mundo respiran aire contaminado*. <https://www.who.int/es/news/item/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>
- OMS. (19 de Diciembre de 2022). *Contaminación del aire ambiente (exterior)*. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Park, G., Mun, S., Hong, H., Chung, T., Jung, S., Kim, S., . . . Lee, T. (2019). Characterization of Emission Factors Concerning Gasoline, LPG, and Diesel Vehicles via Transient Chassis-Dynamometer Tests. *Applied Sciences*, 9(8), 1573. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app9081573>
- Peñañiel, M. (2019). *Estimación de un inventario de emisiones de fuentes móviles terrestres para la ciudad de Azogues aplicando el Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares*. <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8894?mode=full>
- Querol, X. (2022). Retos actuales en contaminación atmosférica . Los contaminantes climáticos modifican el clima global e incrementan la intensidad de olas de calor. *Ambienta*(133), 28-35. <https://www.revistaambienta.es/revista-133/133-contaminaci%C3%B3n-atmosf%C3%A9rica>
- UNICEF Ecuador. (2020). El aire que respiramos: Los efectos de la contaminación del aire y del cambio climático en la salud de la niñez en el Ecuador. *UNICEF Ecuador*. https://www.unicef.org/ecuador/media/6611/file/Ecuador_el_aire_que_respiramos.pdf
- Villavicencio, L. (2021). *Evaluación integral del sistema vial del cantón Chambo, aplicando la metodología HCM*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15205>

8. ANEXOS

Anexo A: Selección de Rutas



Anexo B: Conteo vehicular

- Toma de datos en sitio



- Conteo_ Rutas principales

Promedio de conteo diario en ruta Chambo-Riobamba

Distancia	Via	Horario	PUNTO 1						PUNTO 2						PUNTO 3					
			Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas	Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas	Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas
3,1 Km	Chambo-Riobamba	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		01:00	10	10	10	8	7	5	13	10	11	8.2	6	4	13	23	11	8	6	4
		02:00	10	10	10	8	7	5	13	10	11	8.2	6	4	13	23	11	8	6	4
		03:00	10	10	10	8	7	5	13	10	11	8.2	6	4	13	23	11	8	6	4
		04:00	15	15	15	12	10	7	20	15	16	12.3	9	6	20	35	17	12	10	6
		05:00	39	40	40	32	27	20	52	40	43	32.8	25	17	53	93	44	32	26	16
		06:00	68	71	69	57	48	34	91	160	75	57.4	43	29	92	163	78	56	45	29
		07:00	97	103	97	75	64	41	123	219	100	78	59	38	132	231	105	74	58	38
		08:00	100	109	104	83	72	48	135	230	109	84	66	42	137	227	115	81	62	42
		09:00	99	102	101	82	68	53	138	228	115	83	63	46	140	233	114	82	64	45
		10:00	112	101	96	81	71	56	130	240	105	85	64	49	129	238	116	80	67	48
		11:00	93	93	103	80	69	51	128	226	109	84	62	45	126	235	107	84	65	42
		12:00	85	100	98	86	68	48	126	225	104	80	60	42	130	236	108	79	66	40
		13:00	90	96	94	77	65	47	124	217	102	77.9	59	40	125	221	105	76	61	39
		14:00	81	86	84	69	58	42	111	86	91	69.7	53	36	112	198	94	68	54	35
		15:00	76	81	79	65	54	39	104	81	86	65.6	50	34	106	186	89	64	51	33
		16:00	71	76	74	61	51	37	98	76	80	61.5	47	32	99	175	83	60	48	31
		17:00	67	71	69	57	48	34	91	71	75	57.4	43	29	92	163	78	56	45	29
		18:00	67	71	69	57	48	34	91	71	75	57.4	43	29	92	163	78	56	45	29
		19:00	66	70	68	56	47	34	90	70	74	56.58	43	29	91	161	77	55.2	44	28
		20:00	57	61	59	49	41	29	78	61	64	49.2	37	25	79	140	67	48	38	25
		21:00	48	51	50	41	34	25	65	51	54	41	31	21	66	117	56	40	32	21
		22:00	38	40	40	32	27	20	52	40	43	32.8	25	17	53	93	44	32	26	16
		23:00	10	10	10	8	7	5	13	10	11	8.2	6	4	13	23	11	8	6	4
Total			1476	1449	1183	996	718	1897	2445	1561	1198	907	623	1928	3401	1618	1167	932	607	1405

Elaborado por: Autores

Promedio de conteo diario en ruta Chambo-Químiag

Distancia	Vía	Horario	PUNTO 1						PUNTO 2						PUNTO 3					
			Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas	Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas	Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas
5,9 Km	Chambo-Químiag	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		01:00	2	4	1	1	1	1	2	5	1	1	1	1	2	5	1	2	1	1
		02:00	2	4	1	1	1	1	2	5	1	1	1	1	2	5	1	2	1	1
		03:00	2	4	1	1	1	1	2	5	1	1	1	1	2	5	1	2	1	1
		04:00	3	7	1	2	2	2	4	7	1	2	2	2	3	7	1	2	2	2
		05:00	9	18	3	6	5	5	10	18	3	6	5	5	9	18	3	6	5	6
		06:00	15	31	6	10	9	8	17	32	5	10	8	9	15	32	6	11	9	10
		07:00	18	38	8	12	11	9	20	39	7	13	10	11	18	38	8	14	10	12
		08:00	22	45	9	15	14	14	24	48	9	15	12	14	23	48	10	15	14	14
		09:00	24	49	10	16	17	10	26	52	10	17	14	12	25	49	12	18	16	13
		10:00	25	44	8	14	12	11	28	46	8	14	12	13	27	46	9	15	12	14
		11:00	23	47	6	15	15	15	25	49	6	15	11	16	24	47	6	16	15	16
		12:00	20	45	7	12	13	13	22	46	7	12	13	15	20	45	7	13	13	15
		13:00	21	42	8	13	12	11	23	44	7	13	11	12	21	43	8	14	12	13
		14:00	19	37	7	12	11	10	20	39	6	12	10	11	19	38	7	13	11	12
		15:00	18	35	6	11	10	10	19	37	6	11	10	10	18	36	6	12	10	11
		16:00	17	33	6	11	10	9	18	35	5	11	9	10	17	34	6	11	10	11
		17:00	15	31	6	10	9	8	17	32	5	10	8	9	15	32	6	11	9	10
		18:00	15	31	6	10	9	8	17	32	5	10	8	9	15	32	6	11	9	10
		19:00	15	30	6	10	9	8	17	32	5	10	8	9	15	31	6	10	9	10
		20:00	13	26	5	8	8	7	14	28	4	8	7	8	13	27	5	9	8	8
		21:00	11	22	4	7	7	6	12	23	4	7	6	7	11	23	4	8	7	7
		22:00	9	18	3	6	5	5	10	18	3	6	5	5	9	18	3	6	5	6
		23:00	2	4	1	1	1	1	2	5	1	1	1	1	2	5	1	2	1	1
Total			321	646	117	204	194	175	351	675	107	206	175	193	326	660	121	220	192	204

Elaborado por: Autores

Conteo_ Rutas secundarias urbanas

Promedio de conteo diario en ruta Moisés Fierro Albares

Distancia	Vía	Horario	PUNTO 1							PUNTO 2					PUNTO 3					
			Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas	Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas	Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas
2.4 Km	Moisés Fierro Albares	00:00	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	
		01:00	1	2	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0
		02:00	1	2	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0
		03:00	1	2	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0
		04:00	1	3	1	2	2	1	1	2	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0
		05:00	3	8	3	4	4	3	2	4	1	2	2	1	2	4	1	2	1	1
		06:00	6	14	5	8	7	5	4	8	2	4	3	2	4	6	1	4	1	2
		07:00	8	20	7	13	10	19	6	18	4	8	5	5	10	12	3	8	3	3
		08:00	13	15	5	11	9	10	7	9	3	6	3	2	6	8	1	7	4	2
		09:00	7	12	2	8	9	12	4	6	2	4	2	3	6	8	2	2	2	2
		10:00	5	10	6	10	11	3	6	6	1	5	3	4	5	8	2	2	1	3
		11:00	3	13	5	7	14	9	8	8	1	7	5	4	11	10	3	4	2	3
		12:00	6	21	8	16	11	14	7	11	5	7	7	5	9	10	3	7	3	4
		13:00	9	20	8	10	6	7	6	10	3	6	4	3	5	9	2	6	3	3
		14:00	5	18	7	15	8	6	5	9	3	5	3	3	4	8	2	5	3	3
		15:00	5	17	6	9	5	6	5	9	2	5	3	3	4	7	2	5	2	3
		16:00	5	16	6	14	8	5	5	8	2	5	3	2	4	7	2	5	2	2
		17:00	4	15	6	12	7	5	4	8	2	4	3	2	4	6	1	4	2	2
		18:00	4	15	8	8	4	5	4	8	2	4	3	2	4	6	1	4	2	2
		19:00	4	14	10	8	4	5	4	8	2	4	3	2	3	6	1	4	2	2
		20:00	4	13	5	7	4	4	4	7	2	4	2	2	3	5	1	4	2	2
		21:00	3	11	4	6	3	4	3	6	2	3	2	2	3	5	1	3	2	2
		22:00	2	8	3	4	2	3	2	4	1	2	2	1	2	4	1	2	1	1
		23:00	1	2	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0
Total			101	272	108	176	131	128	91	153	43	90	59	50	91	134	31	81	39	43

Elaborado por: Autores

Promedio de conteo diario en ruta Mercedes Moncayo

Distancia	Vía	Horario	PUNTO 1					PUNTO 2					PUNTO 3							
			Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas	Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas	Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas
1.1 Km	Mercedes Moncayo	00:00	4	11	4	5	4	2	3	12	5	6	4	3	1	2	1	1	1	1
		01:00	4	11	4	5	4	2	3	12	5	6	4	3	1	2	1	1	1	1
		02:00	4	11	4	5	4	2	3	12	5	6	4	3	1	2	1	1	1	1
		03:00	4	11	4	5	4	2	3	12	5	6	4	3	1	2	1	1	1	1
		04:00	6	17	6	8	6	3	5	17	7	9	6	4	1	3	2	1	1	1
		05:00	17	45	15	22	15	9	13	46	20	23	16	11	4	7	4	4	2	2
		06:00	30	78	27	38	26	16	23	81	34	40	28	20	6	12	7	6	4	4
		07:00	50	137	47	57	37	27	35	119	51	56	43	29	9	17	10	9	5	5
		08:00	41	100	34	40	41	15	40	97	49	54	38	21	5	13	9	8	3	4
		09:00	36	105	31	40	33	17	43	100	47	50	34	20	5	10	9	8	4	3
		10:00	28	90	36	42	24	15	29	113	47	50	34	24	4	10	7	6	4	4
		11:00	43	122	33	53	35	20	33	105	53	53	39	24	5	11	9	9	4	5
		12:00	55	141	45	58	40	27	32	123	53	57	41	30	7	15	12	10	6	5
		13:00	47	106	36	51	35	22	31	109	47	54	38	27	7	14	11	10	6	5
		14:00	37	95	32	46	31	20	28	98	42	48	34	24	6	13	10	9	5	4
		15:00	34	90	30	43	30	18	26	92	39	46	32	22	6	12	10	8	5	4
		16:00	32	84	29	41	28	17	25	86	37	43	30	21	5	11	9	8	5	4
		17:00	30	78	27	38	26	16	23	81	34	40	28	20	5	11	8	7	4	4
		18:00	30	78	27	38	26	16	23	81	34	40	28	20	5	11	8	7	4	4
		19:00	30	77	26	37	26	16	23	79	34	39	28	19	5	10	8	7	4	3
		20:00	26	67	23	32	22	14	20	69	29	34	24	17	4	9	7	6	4	3
		21:00	22	56	19	27	19	12	17	58	25	29	20	14	4	8	6	5	3	3
		22:00	17	45	15	22	15	9	13	46	20	23	16	11	3	6	5	4	2	2
23:00	4	11	4	5	4	2	3	12	5	6	4	3	1	2	1	1	1	1		
Total			633	1668	556	759	532	321	498	1657	726	816	577	392	99	210	157	135	77	70

Elaborado por: Autores

Promedio de conteo diario en ruta 18 de Marzo-Cacique Achamba

Distancia	Vía	Horario	PUNTO 1					PUNTO 2					PUNTO 3							
			Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas	Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas	Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas
2.3 Km	18 de Marzo-Cacique Achamba	00:00	4	11	4	5	4	2	3	12	5	6	4	3	1	2	1	1	1	1
		01:00	4	11	4	5	4	2	3	12	5	6	4	3	1	2	1	1	1	1
		02:00	4	11	4	5	4	2	3	12	5	6	4	3	1	2	1	1	1	1
		03:00	4	11	4	5	4	2	3	12	5	6	4	3	1	2	1	1	1	1
		04:00	6	17	6	8	6	3	5	17	7	9	6	4	1	3	2	1	1	1
		05:00	17	45	15	22	15	9	13	46	20	23	16	11	4	7	4	4	2	2
		06:00	30	78	27	38	26	16	23	81	34	40	28	20	6	12	7	6	4	4
		07:00	50	137	47	57	37	27	35	119	51	56	43	29	9	17	10	9	5	5
		08:00	41	100	34	40	41	15	40	97	49	54	38	21	5	13	9	8	3	4
		09:00	36	105	31	40	33	17	43	100	47	50	34	20	5	10	9	8	4	3
		10:00	28	90	36	42	24	15	29	113	47	50	34	24	4	10	7	6	4	4
		11:00	43	122	33	53	35	20	33	105	53	53	39	24	5	11	9	9	4	5
		12:00	55	141	45	58	40	27	32	123	53	57	41	30	7	15	12	10	6	5
		13:00	47	106	36	51	35	22	31	109	47	54	38	27	7	14	11	10	6	5
		14:00	37	95	32	46	31	20	28	98	42	48	34	24	6	13	10	9	5	4
		15:00	34	90	30	43	30	18	26	92	39	46	32	22	6	12	10	8	5	4
		16:00	32	84	29	41	28	17	25	86	37	43	30	21	5	11	9	8	5	4
		17:00	30	78	27	38	26	16	23	81	34	40	28	20	5	11	8	7	4	4
		18:00	30	78	27	38	26	16	23	81	34	40	28	20	5	11	8	7	4	4
		19:00	30	77	26	37	26	16	23	79	34	39	28	19	5	10	8	7	4	3
		20:00	26	67	23	32	22	14	20	69	29	34	24	17	4	9	7	6	4	3
		21:00	22	56	19	27	19	12	17	58	25	29	20	14	4	8	6	5	3	3
		22:00	17	45	15	22	15	9	13	46	20	23	16	11	3	6	5	4	2	2
		23:00	4	11	4	5	4	2	3	12	5	6	4	3	1	2	1	1	1	1
Total			633	1668	556	759	532	321	498	1657	726	816	577	392	99	210	157	135	77	70

Elaborado por: Autores

- **Conteo_ Rutas secundarias rurales**

Promedio de conteo diario en ruta San Pedro

Distancia	Vía	Horario	PUNTO 1					PUNTO 2					PUNTO 3							
			Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas	Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas	Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas
4.3Km	Chambo-San Pedro	00:00	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
		01:00	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
		02:00	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
		03:00	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
		04:00	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
		05:00	2	3	1	2	1	2	2	3	0	2	1	1	1	2	0	1	1	1
		06:00	4	5	1	4	2	3	4	6	1	4	1	2	2	4	1	2	1	2
		07:00	5	7	2	6	3	4	6	8	1	6	2	3	3	5	1	3	2	3
		08:00	5	10	4	6	3	5	8	9	1	6	2	4	4	9	2	6	2	3
		09:00	7	11	3	6	4	5	6	9	1	5	3	3	4	7	3	4	1	2
		10:00	6	10	2	5	4	8	7	9	1	6	3	4	4	9	3	5	2	4
		11:00	7	10	3	5	6	6	7	8	2	7	3	4	5	9	3	6	3	3
		12:00	7	9	3	5	4	6	7	10	2	5	3	3	4	8	2	5	2	3
		13:00	6	9	3	5	4	6	7	10	2	5	3	3	4	8	2	5	2	3
		14:00	5	8	3	4	3	5	6	9	2	4	3	3	3	7	2	4	2	3
		15:00	5	7	2	4	3	5	6	8	2	4	2	2	3	6	2	4	2	2
		16:00	5	7	2	4	3	5	5	8	2	4	2	2	3	6	2	4	2	2
		17:00	4	6	2	4	3	4	5	7	1	4	2	2	3	6	1	4	1	2
		18:00	4	6	2	4	3	4	5	7	1	4	2	2	3	6	1	4	1	2
		19:00	4	6	2	3	3	4	5	7	1	3	2	2	3	6	1	3	1	2
		20:00	4	5	2	3	2	4	4	6	1	3	2	2	2	5	1	3	1	2
		21:00	3	5	2	3	2	3	4	5	1	3	2	2	2	4	1	3	1	2
		22:00	2	4	1	2	2	2	3	4	1	2	1	1	2	3	1	2	1	1
		23:00	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
Total			87	132	41	78	57	83	100	137	24	80	40	47	57	112	30	69	29	44

Elaborado por: Autores

Promedio de conteo diario en ruta Chambo-Catequilla- Rocón

Distancia	Vía	Horario	PUNTO 1					PUNTO 2					PUNTO 3							
			Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas	Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas	Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas
4.9 Km	Chambo-Catequilla-Rocón	00:00	2	3	1	2	1	2	2	3	2	2	1	2	0	1	0	1	0	0
		01:00	2	3	1	2	1	2	2	3	2	2	1	2	0	1	0	1	0	0
		02:00	2	3	1	2	1	2	2	3	2	2	1	2	0	1	0	1	0	0
		03:00	2	3	1	2	1	2	2	3	2	2	1	2	0	1	0	1	0	0
		04:00	3	5	2	3	2	3	3	5	2	3	2	2	1	2	0	1	0	1
		05:00	7	12	5	8	5	7	7	13	6	8	5	6	2	4	1	4	1	2
		06:00	12	21	8	13	9	12	13	22	11	13	9	11	3	7	1	6	2	3
		07:00	17	30	12	19	15	17	14	32	15	19	13	16	4	10	2	9	3	4
		08:00	19	35	11	18	15	18	15	33	13	24	15	15	5	10	2	6	5	6
		09:00	16	34	10	20	17	20	20	31	13	23	12	16	4	11	3	9	4	7
		10:00	16	32	12	15	16	19	17	30	12	21	14	18	4	10	3	8	4	7
		11:00	17	33	12	19	15	20	19	35	16	20	15	18	4	9	4	8	4	7
		12:00	17	36	11	17	13	19	19	33	12	21	14	18	3	11	3	7	4	6
		13:00	16	34	10	16	14	18	18	31	11	20	13	17	3	10	3	7	4	6
		14:00	14	31	9	14	13	16	16	28	10	18	12	15	3	9	3	6	3	5
		15:00	14	29	9	14	12	15	15	26	10	17	11	14	2	9	2	6	3	5
		16:00	13	27	8	13	11	14	14	25	9	16	11	14	2	8	2	5	3	5
		17:00	12	25	8	12	11	13	13	23	8	15	10	13	2	8	2	5	3	4
		18:00	12	25	8	12	11	13	13	23	8	15	10	13	2	8	2	5	3	4
		19:00	12	25	8	12	10	13	13	23	8	14	10	12	2	8	2	5	3	4
		20:00	10	22	7	10	9	11	11	20	7	13	8	11	2	7	2	4	2	4
		21:00	9	18	6	9	8	10	10	17	6	11	7	9	2	6	2	4	2	3
		22:00	7	14	4	7	6	8	8	13	5	8	6	7	1	4	1	3	2	2
		23:00	2	4	1	2	2	2	2	3	1	2	1	2	0	1	0	1	0	1
Total			250	503	165	259	218	275	267	479	190	307	203	254	52	155	41	111	57	86

Elaborado por: Autores

Promedio de conteo diario en ruta Chambo- Guayllabamba-San Francisco

Distancia	Via	Horario	PUNTO 1					PUNTO 2					PUNTO 3							
			Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas	Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas	Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas
8.8 Km	Chambo-Guayllabamba-San Francisco	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		01:00	2	6	1	2	1	1	2	5	1	2	1	1	0	1	0	1	0	0
		02:00	2	6	1	2	1	1	2	5	1	2	1	1	0	1	0	1	0	0
		03:00	2	6	1	2	1	1	2	5	1	2	1	1	0	1	0	1	0	0
		04:00	3	8	2	3	2	2	3	8	2	3	2	2	0	1	0	1	0	0
		05:00	8	23	6	9	5	5	7	22	5	8	4	4	1	4	0	2	1	1
		06:00	15	40	10	16	10	9	13	38	8	14	8	7	2	7	1	4	1	2
		07:00	18	48	13	20	12	13	18	44	10	17	10	10	1	8	1	5	2	3
		08:00	25	59	14	23	15	12	24	56	12	20	13	11	3	9	1	4	2	3
		09:00	22	57	17	24	14	10	20	57	14	23	10	10	2	10	1	5	2	3
		10:00	19	60	15	25	13	14	19	55	10	20	12	11	3	11	1	6	2	3
		11:00	22	57	13	21	11	15	20	54	14	19	10	12	4	8	1	4	2	3
		12:00	21	58	15	22	13	14	21	58	12	21	11	10	3	10	1	6	2	3
		13:00	20	54	14	21	13	12	18	51	11	19	10	10	3	9	1	5	2	3
		14:00	18	48	12	19	12	11	16	46	10	17	9	9	2	8	1	5	2	3
		15:00	17	45	12	18	11	10	15	43	10	16	9	8	2	7	1	4	2	2
		16:00	16	42	11	17	10	10	14	41	9	15	8	8	2	7	1	4	2	2
		17:00	15	40	10	16	10	9	13	38	8	14	8	7	2	7	1	4	1	2
		18:00	15	40	10	16	10	9	13	38	8	14	8	7	2	7	1	4	1	2
		19:00	14	39	10	16	9	9	13	37	8	14	8	7	2	6	1	4	1	2
		20:00	13	34	9	14	8	8	11	32	7	12	7	6	2	6	1	3	1	2
		21:00	11	28	7	11	7	7	9	27	6	10	6	5	1	5	1	3	1	2
		22:00	8	23	6	9	5	5	7	22	5	8	4	4	1	4	0	2	1	1
		23:00	2	6	1	2	1	1	2	5	1	2	1	1	0	1	0	1	0	0
Total			307	824	212	328	195	190	282	788	175	292	160	155	40	136	15	76	29	44

Elaborado por: Autores

Promedio de conteo diario en ruta Chambo-Ainche

Distancia	Via	Horario	PUNTO 1						PUNTO 2						PUNTO 3					
			Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas	Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas	Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas
3.9 Km	Chambo-Ainche	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		01:00	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
		02:00	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
		03:00	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
		04:00	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
		05:00	3	5	4	3	2	2	3	5	4	2	2	2	2	3	2	2	1	1
		06:00	5	10	6	5	3	3	5	9	6	4	3	3	3	5	3	3	1	1
		07:00	7	11	9	6	5	4	7	11	7	6	4	5	5	7	4	6	2	1
		08:00	6	15	10	7	4	5	5	13	8	7	5	4	7	5	6	4	2	1
		09:00	5	18	8	8	6	3	7	17	10	5	3	5	6	7	4	6	2	1
		10:00	8	13	9	9	3	4	8	12	9	8	4	4	5	8	5	3	2	1
		11:00	9	14	8	4	4	6	9	14	8	4	3	3	4	9	3	5	2	1
		12:00	6	11	7	5	5	5	6	11	9	5	5	3	3	6	4	4	2	1
		13:00	7	13	9	6	4	4	7	12	9	6	4	4	5	7	4	4	2	1
		14:00	6	12	8	6	4	4	6	11	8	5	3	3	4	6	3	4	2	1
		15:00	6	11	7	5	4	4	6	10	7	5	3	3	4	6	3	4	2	1
		16:00	5	10	7	5	3	3	5	10	7	5	3	3	4	5	3	3	2	1
		17:00	5	10	6	5	3	3	5	9	6	4	3	3	3	5	3	3	1	1
		18:00	5	10	6	5	3	3	5	9	6	4	3	3	3	5	3	3	1	1
		19:00	5	9	6	5	3	3	5	9	6	4	3	3	3	5	3	3	1	1
		20:00	4	8	5	4	3	3	4	8	5	4	2	2	3	4	2	3	1	1
		21:00	4	7	5	3	2	2	4	7	5	3	2	2	2	4	2	2	1	1
		22:00	3	5	4	3	2	2	3	5	4	2	2	2	2	3	2	2	1	1
		23:00	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Total			101	199	128	96	66	67	102	190	128	87	58	58	71	102	60	67	29	19

Elaborado por: Autores

Promedio de conteo diario en ruta Chambo-Santa Rosa-El Vergel.

Distancia	Via	Horario	PUNTO 1						PUNTO 2						PUNTO 3					
			Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas	Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas	Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas

		Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas	Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas	Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas
	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	01:00	3	6	2	3	3	2	2	3	1	2	2	1	0	1	0	0	0	0
	02:00	3	6	2	3	3	2	2	3	1	2	2	1	0	1	0	0	0	0
	03:00	3	6	2	3	3	2	2	3	1	2	2	1	0	1	0	0	0	0
	04:00	5	9	3	5	5	3	3	4	2	2	2	1	1	1	0	1	0	1
	05:00	14	24	8	13	12	7	7	12	4	6	6	4	2	2	1	2	1	1
	06:00	24	41	15	22	22	12	12	21	7	11	11	6	3	4	1	3	1	2
	07:00	30	50	18	30	28	15	15	26	9	14	15	8	5	6	1	5	2	3
	08:00	35	55	20	31	30	17	19	30	10	16	14	9	7	8	1	7	2	3
	09:00	37	60	23	38	33	20	20	32	12	19	17	8	6	6	1	5	2	3
	10:00	34	64	25	39	35	19	18	34	11	17	16	7	4	7	1	3	2	3
	11:00	33	67	20	33	31	15	14	35	10	15	17	9	3	3	1	4	2	3
	12:00	31	60	19	27	30	17	15	27	8	14	14	7	5	5	1	3	2	3
	13:00	32	56	20	30	29	17	16	28	10	15	15	8	5	6	1	4	2	3
	14:00	29	50	18	27	26	15	14	25	9	13	13	7	4	5	1	4	2	3
	15:00	27	47	17	25	25	14	13	24	8	13	12	7	4	5	1	4	2	3
	16:00	25	44	16	24	23	13	13	22	8	12	12	7	4	4	1	3	2	3
	17:00	24	41	15	22	22	12	12	21	7	11	11	6	3	4	1	3	1	2
	18:00	24	41	15	22	22	12	12	21	7	11	11	6	3	4	1	3	1	2
	19:00	23	41	14	22	21	12	12	20	7	11	11	6	3	4	1	3	1	2
	20:00	20	35	12	19	19	11	10	18	6	9	9	5	3	3	1	3	1	2
	21:00	17	30	10	16	16	9	8	15	5	8	8	4	2	3	1	2	1	2
	22:00	14	24	8	13	12	7	7	12	4	6	6	4	2	2	1	2	1	1
	23:00	3	6	2	3	3	2	2	3	1	2	2	1	0	1	0	0	0	0
	Total	490	863	304	469	453	253	245	437	150	231	226	124	71	85	17	66	29	48

Elaborado por: Autores

Anexo C: Cálculo de emisiones

Aplicación de velocímetro



Cálculo en Excel _datos Velocímetro

Time	Speed (mph)	Altitude (m)	Flow (sfpm)	HC (g/second)	CO (g/second)	NOx (g/second)	CO2 (g/second)
10:08:36	0	0	2743				
10:08:44	8.9477424	2743					
10:08:46	10.0662102	2744					
10:08:48	9.1962908	2744					
10:08:50	12.1167345	2745					
10:08:51	13.048791	2745					
10:08:52	15.7206863	2744					
10:08:53	16.9634283	2744					
10:08:54	18.64113	2745					

Aplicación Speed Emission Evaluation

Calculation Results (%)

Display Parameters: Combined Runs, Driving, Raw Data, Use Combined Runs for Starts, FTP Cal. with IVE Bin Corr.

Cold Start Emissions: g/200 sec

Hot Start Emissions: g/200 sec

Running Emissions: g/km (Actual) / g/km (Corrected to FTP)

Stress	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Low Stress	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036	0.018	0.109	0.200	0.309	0.236	0.054	0.018	0.018	0.000	0.000
Med Stress	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
High Stress	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Data Number: 55 Average Speed: 32.391 km/hr

Desarrollo del Modelo IVE

1. Datos flota

2. Parámetros de Localidad

3. Cálculo de contaminantes criterios

Contaminantes Criterios	CO	VOC	VOC asep	NO _x	SO ₂	PM
Partidas Hora	5.87	0.53	0.0	20.5	0.08	67.82
En Ruta Hora	8.17	1.8	0.0	26.69	0.15	7.07
Total Hora	14.04	2.33	0.0	47.19	0.23	74.89
Partidas Dia	5.87	0.53	0.0	20.5	0.08	67.82
En Ruta Dia	8.17	1.8	0.0	26.69	0.15	7.07
Total Dia	14.04	2.33	0.0	47.19	0.23	74.89

4. Cálculo de contaminantes de calentamiento global

Contaminantes Criterios	CO ₂ e	Calentamiento Global
Partidas Hora	784.89	0.04
En Ruta Hora	1548.18	0.04
Total Hora	2333.07	0.05
Partidas Dia	784.89	0.04
En Ruta Dia	1548.18	0.04
Total Dia	2333.07	0.05

Anexo D: Encuesta

1. Modelo de encuesta

El propósito de esta encuesta es obtener datos sobre los patrones de manejo y la tecnología de los vehículos en el cantón Chambo, exclusivamente con fines académicos

USO DEL AIRE ACONDICIONADO	BIN SOAK
Si <input type="radio"/> No <input type="radio"/>	¿Cuántas veces al día enciende su vehículo?
	¿Qué período de tiempo permanece apagado su vehículo?
CATEGORÍA VEHICULAR	15 minutos <input type="radio"/>
Camiones <input type="radio"/>	15 a 30 minutos <input type="radio"/>
Camionetas <input type="radio"/>	30 a 60 minutos <input type="radio"/>
Jeep/SUV <input type="radio"/>	2 a 6 horas <input type="radio"/>
Sedan <input type="radio"/>	¿Qué período de tiempo permanece apagado su vehículo
Taxis <input type="radio"/>	desde que lo apaga en la noche
Motocicletas <input type="radio"/>	y lo enciende en el día?

2. Recolección de información

