



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

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

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Ambiental

Autor:

Paguay Guamán, Marcia Verónica

Tutor:

MgS. Marco Marcel Paredes Herrera

Riobamba, Ecuador. 2024

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, **Marcia Verónica Paguay Guamán** con cédula de ciudadanía **060514107-6**, autor (a) (s) del trabajo de investigación titulado: **Análisis de concentración de emisiones gaseosas vehiculares mediante el modelo IVE en el cantón Penipe**, 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 29 días del mes de noviembre de 2024.



Marcia Verónica Paguay Guamán

C.I:060514107-6

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, **Msg. Marco Marcel 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: “**Análisis de concentración de emisiones gaseosas vehiculares mediante el modelo IVE en el cantón Penipe**”, bajo la autoría de **Marcia Verónica Paguay Guamán**; 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 30 días del mes de octubre de 2024



Firmado electrónicamente por:
**MARCO MARCEL
PAREDES HERRERA**

Msg. Marco Marcel 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 Penipe, presentado por Marcia Verónica Paguay Guamán, con cédula de identidad número 060514107-6, 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 29 días del mes de noviembre de 2024

José Prato Moreno, PhD.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Anita Ríos Rivera, Dra.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Patricio Santillán Lima, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





CERTIFICACIÓN

Qué, **PAGUAY GUAMAN MARCIA VERÓNICA** con CC:**0605141076**, estudiante de la carrera de **Ingeniería Ambiental**, Facultad de Ingeniería; ha trabajado bajo mi tutoría del trabajo de investigación titulado “**Análisis de concentración de emisiones gaseosas vehiculares mediante el modelo IVE en el cantón Penipe**”, cumple con el **2%** de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **TURNITIN**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 19 de noviembre del 2024



Firmado electrónicamente por:
**MARCO MARCEL
PAREDES HERRERA**

Ing. Marcel Paredes Herrera MSc.
TUTOR(A)

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación se lo dedico a toda mi familia, principalmente a mis padres María y Segundo por su apoyo y el esfuerzo he logrado culminar mis estudios, por sus consejos, amor y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. También se la dedico a Dios quien supo guiarme por un buen camino, darme fuerza para seguir adelante y no decaerme, a mis seres queridos que están en el cielo que supieron iluminarme en los momentos más difíciles. Agradezco a toda mi familia que es lo mejor y más valioso que Dios me ha dado.

Paguay Guamán Marcia Verónica

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia y brindar salud a todos mis seres queridos, gracias a toda mi familia por el apoyo para seguir adelante en cada decisión y proyecto, gracias a la vida. A mis padres por ser los promotores para seguir adelante, por su comprensión. Gracias por estar presentes en cada etapa de mi vida, sino en cada momento ofreciéndome lo mejor y buscando lo mejor para mí, me enseñaron a ser una persona honesta y respetuosa. Gracias por creerme en mí y gracias a Dios por permitirme vivir y disfrutar de cada día.

No ha sido fácil el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor, bondad y apoyo en cada momento he logrado culminar mis estudios. Les agradezco, y hago presente mi gran afecto y cariño hacia ustedes, mi hermosa familia.

Paguay Guamán Marcia Verónica

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA.....	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR.....	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL.....	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO.....	
DEDICATORIA.....	
AGRADECIMIENTO.....	
ÍNDICE GENERAL.....	
ÍNDICE DE TABLAS.....	
ÍNDICE DE FIGURAS.....	
RESUMEN.....	
ABSTRACT.....	
CAPÍTULO I.....	17
1. INTRODUCCIÓN.....	17
1.1 Planteamiento del problema.....	18
1.2 Justificación.....	19
1.3 Objetivos.....	20
1.3.1 Objetivo General.....	20
1.3.2 Objetivos Específicos.....	20
CAPÍTULO II.....	21
2. MARCO TEÓRICO.....	21
2.1 Estado del arte.....	21
2.2 Marco Teórico.....	22
CAPÍTULO III.....	30
3. METODOLOGÍA.....	30
3.1 Selección de rutas de primer y segundo orden del cantón Penipe.....	30
3.1.1 Investigación Bibliográfica.....	30
3.1.2 Selección de rutas.....	30

3.1.3	Selección de sitios de conteo de las rutas del cantón	31
3.2	Establecer la incidencia de las variables distancia/tiempo con respecto a las características de los vehículos, que generan emisiones durante su recorrido por las vías del cantón Penipe.....	31
3.2.1	Flota vehicular	31
3.2.2	Localidad	33
3.2.3	Cálculo de la emisión de contaminantes.....	36
3.2.4	Inventario de Emisiones	37
3.3	Determinar las emisiones vehiculares con relación a los protocolos establecidos en el software IVE para la determinación del nivel de emisiones.....	37
3.3.1	Desagregación espacial	37
3.3.2	Desagregación temporal	38
CAPÍTULO IV		39
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
4.1	Selección de rutas de primer y segundo orden del cantón Penipe	39
4.2	Conteo Vehicular	48
4.2.1	Conteo de vehículos de las rutas de primer orden.....	49
4.2.2	Conteo de vehículos de las rutas secundarias	50
4.3	Establecer la incidencia de las variables distancia y tiempo con respecto a las características de los vehículos, que generan emisiones durante su recorrido por las vías del cantón Penipe.....	54
4.3.1	Flota Vehicular	54
4.3.2	Localidad	55
4.4	Intensidad Vehicular	57
4.5	Cálculos de emisiones evaporativas vehiculares.....	58
4.5.1	Emisiones de las rutas principales	58
4.5.2	Emisiones de las rutas secundarias	59
4.6	Inventario de emisiones contaminantes.....	61

4.7	Determinar las emisiones vehiculares con relación a los protocolos establecidos en el software IVE para la determinación del nivel de emisiones.....	62
4.7.1	Desagregación espacial	62
4.7.2	Desagregación temporal	69
CAPÍTULO V.....		74
5.	CONCLUSIONES	74
6.	RECOMENDACIONES	75
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	76
8.	ANEXOS	78

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Definiciones de las abreviaciones utilizadas en el archivo flota.	31
Tabla 2. Parámetros para el factor localidad.....	33
Tabla 3. Categorías de Soak para Patrones de Partidas en el modelo IVE.....	35
Tabla 4. Contaminantes criterio y de calentamiento global.....	36
Tabla 5. Promedio del conteo vehicular de las rutas de Primer Orden.....	49
Tabla 6. Conteo vehicular en las rutas de segundo orden – Penipe Urbano.....	50
Tabla 7. Conteo vehicular en las rutas de segundo orden – Penipe Rurales.....	52
Tabla 8. Categorización de la flota vehicular	54
Tabla 9. Condiciones Climáticas cantón Penipe.....	55
Tabla 10. Porcentaje del tiempo del uso del aire acondicionado.	56
Tabla 11. Porcentaje del tiempo Soak.....	56
Tabla 12. Emisiones generadas por cada categoría vehicular en las rutas principales (Ton/año).....	58
Tabla 13. Emisiones generadas por cada categoría vehicular en las rutas de segundo orden cantón Penipe Urbano (Ton/año).....	59
Tabla 14. Emisiones generadas por cada categoría vehicular en las rutas de segundo orden cantón Penipe Rurales.....	60
Tabla 15. Inventario de emisiones vehiculares del cantón Penipe (Ton/año).....	62
Tabla 16. Promedio del Conteo diario de la Ruta Principal Penipe - Riobamba.....	80
Tabla 17. Promedio del Conteo diario de la Ruta Principal Penipe - Guano.....	81
Tabla 18. Promedio del Conteo diario de la Ruta Secundaria Urbano Penipe – Guzo de Penipe	82
Tabla 19. Promedio del Conteo diario de la Ruta Secundaria Urbano Penipe – Nabuzo... ..	84
Tabla 20. Promedio del Conteo diario de la Ruta Secundaria Rural Penipe- La Candelaria.	85
Tabla 21. Promedio del Conteo diario de la Ruta Secundaria Rural Penipe-San Antonio de Bayushig-Matus.....	86
Tabla 22. Promedio del Conteo diario de la Ruta Secundaria Rural Penipe-El Altar-Puela.	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de estimar emisiones en el modelo IVE	27
Figura 2. Ruta Penipe – Riobamba.....	39
Figura 3. Ruta Penipe – Guano.....	40
Figura 4. Ruta Urbano Penipe – Nabuzo.....	41
Figura 5. Ruta Penipe Urbano-Guzo de Penipe.....	41
Figura 6. Ruta Penipe Rural- La Candelaria.....	42
Figura 7. Ruta Penipe Rural – Matus.....	43
Figura 8. Ruta Rural Penipe – Puela.....	44
Figura 9. Puntos de conteo en la Ruta Penipe-Riobamba.....	45
Figura 10. Punto de conteo de la Ruta Penipe-Guano.....	45
Figura 11. Punto de Conteo para las rutas urbanas de Penipe.....	46
Figura 12. Puntos de conteo para las rutas rurales del cantón Penipe	47
Figura 13. Conteo de rutas de primer orden Penipe - Cantones.....	49
Figura 14. Conteo de la Flota Vehicular de las Rutas de Primer Orden Penipe-Cantones.....	50
Figura 15. Conteo de las rutas de segundo orden Urbanas de Penipe	51
Figura 16. Conteo de la Flota Vehicular de las Rutas de Segundo Orden Urbanas Penipe.....	51
Figura 17. Conteo de las rutas de segundo orden Rurales de Penipe	53
Figura 18. Conteo de la Flota Vehicular de las Rutas de Segundo Orden Rurales Penipe.....	53
Figura 19. Mapa de Intensidad Vehicular.....	57
Figura 20. Desagregación espacial de CO en el cantón Penipe.....	63
Figura 21. Desagregación espacial de COV en el cantón Penipe.....	64
Figura 22. Desagregación espacial de NOx en el cantón Penipe.....	64
Figura 23. Desagregación espacial de SOx en el cantón Penipe.....	65
Figura 24. Desagregación espacial de PM en el cantón Penipe.....	66
Figura 25. Desagregación espacial de COV evap en el cantón Penipe	67
Figura 26. Desagregación espacial de CO ₂ en el cantón Penipe	67
Figura 27. Desagregación espacial de CH ₄ en el cantón Penipe.....	68
Figura 28. Desagregación temporal de CO en el cantón Penipe.....	70
Figura 29. Desagregación temporal de VOC en el cantón Penipe.....	70
Figura 30. Desagregación temporal de VOC evap en el cantón Penipe.....	70
Figura 31. Desagregación temporal de NOx en el cantón Penipe.....	71

Figura 32. Desagregación temporal de SOx en el cantón Penipe.....	71
Figura 33. Desagregación temporal de PM en el cantón Penipe.	72
Figura 34. Desagregación temporal de CO ₂ en el cantón Penipe.	72
Figura 35. Desagregación temporal de CH ₄ en el cantón Penipe.	73
Figura 36. Selección de rutas de primer orden	78
Figura 37. Selección de rutas de segundo orden.....	78
Figura 38. Toma de datos en la zona de estudio.....	79
Figura 39. Aplicación del velocímetro	90
Figura 40. Datos Obtenidos del Velocímetro para el ingreso al programa Speed Emission Evaluation.	90
Figura 41. Aplicación Speed Emission Evaluation.	91

RESUMEN

En todo el mundo, las principales fuentes de contaminación del aire son las emisiones de gases de los vehículos con motores de combustión interna, siendo los automóviles más antiguos los que contribuyen en mayor medida a la contaminación atmosférica.

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo determinar la concentración de emisiones vehiculares mediante el uso del Modelo IVE en el cantón Penipe para el año 2024. Primero se recopiló datos para poder definir las rutas de primer y segundo orden sin que exceda los límites geográficos del cantón tanto de la zona urbana y rural. Además, en cada ruta seleccionada se tomaron en cuenta tres niveles socioeconómicos que corresponden a los puntos altos, medianos y bajos flujo vehicular en cada ruta. Se dispuso 7 tipos de categorías para realizar el conteo diario como son: bus, Camión, Camioneta, jeep/SUV, sedan, taxi y motocicletas a partir de estas se identificaron las características de combustible, partidas y conducción lo cual fue esencial para recopilar información sobre la distancia, velocidad y altitud a lo largo del recorrido de las rutas para cada categoría de vehículo, con el fin de obtener los bins VSP. También se utiliza el velocímetro para registrar la velocidad de los vehículos en tiempo real, los datos obtenidos se procesan con el software *Speed Emission Evaluation*, que estiman las emisiones de gases contaminantes en función de la velocidad registrada. Luego esta información se integra en el modelo IVE, lo que permite evaluar de manera más precisa el impacto ambiental de la flota vehicular. Asimismo, se recopiló información de las condiciones climáticas del cantón y el uso de aire acondicionado de la flota vehicular. Para el cálculo de las variables fueron necesario seis contaminantes criterios (CO, VOC, VOC evap, NO_x, SO_x, PM) y dos contaminantes del calentamiento global (CO₂ y CH₄). Una vez que se obtuvieron las concentraciones de emisiones contaminantes, se elaboró un inventario de emisiones. Por último, se llevó a cabo una desagregación espacial y temporal examina la distribución de contaminantes en el cantón y su variación a lo largo del día. Finalmente, como resultado obtenido mediante el modelo IVE presenta que la mayor concentración de emisiones corresponde al CO₂ con 24549,91 ton/año que representa el 82,58%. Por tanto, la categoría “Camioneta” representa mayor concentración de emisiones de contaminantes con 8817,60 ton/año con un 29,65% seguido esta la categoría “Sedan” con 8336,68 ton/año que presenta el 28,04%.

Palabras claves: Modelo IVE, Distancia/tiempo, Velocidad Promedio, Desegregación espacial y temporal.

ABSTRACT

Worldwide, the main sources of air pollution are emissions from vehicles with internal combustion engines, with older cars contributing the most to air pollution.

The present research project is to determine the concentration of vehicle emissions using the IVE Model in the Penipe canton for the year 2024. First, data was collected to define the primary and secondary routes without exceeding the geographical limits of the canton in both the urban and rural areas. In addition, for each selected route, three socioeconomic levels were taken into account, corresponding to the high, medium and low points of vehicle flow on each route. Seven types of categories were used to perform the daily count, such as: bus, truck, pickup truck, jeep/SUV, sedan, taxi and motorcycles. From these, the characteristics of fuel, departures and driving were identified, which was essential to collect information on the distance, speed and altitude along the routes for each category of vehicle, in order to obtain the VSP bins. The speedometer is also used to record the speed of the vehicles in real time. The data obtained is processed with the Speed Emission Evaluation software, which estimates the emissions of polluting gases based on the recorded speed. This information is then integrated into the IVE model, which allows a more precise evaluation of the environmental impact of the vehicle fleet. Likewise, information was collected on the climatic conditions of the canton and the use of air conditioning in the vehicle fleet. To calculate the variables, six criteria pollutants (CO, VOC, VOC evap, NO_x, SO_x, PM) and two global warming pollutants (CO₂ and CH₄) were necessary. Once the concentrations of polluting emissions were obtained, an emissions inventory was prepared. Finally, a spatial and temporal disaggregation was carried out to examine the distribution of pollutants in the canton and their variation throughout the day. Finally, as a result obtained through the IVE model, it presents that the highest concentration of emissions corresponds to CO₂ with 24,549.91 tons/year, which represents 82,58%. Therefore, the “Truck” category represents the highest concentration of polluting emissions with 8817,60 tons/year with 29,65%, followed by the “Sedan” category with 8,336.68 tons/year, which presents 28,04%.

Keywords: Model IVE, Distance/time, Average Speed, Spatial and Temporal Desegregation.



Reviewed by: Alison Varela

ID: 0606093904

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Durante años la contaminación del aire es un problema a nivel nacional, regional y global en el ámbito ambiental y social, dando como resultado la presencia de agentes contaminantes de origen natural y antrópico que están presentes en un gran número de ciudades del planeta (Medina, 2019).

La contaminación atmosférica viene siendo como uno de los problemas más significativos de la humanidad en los últimos años. Su origen puede atribuirse a diversas causas, como en países desarrollados presentan una elevada densidad poblacional, la expansión de la producción industrial y el aumento del parque automotor. Por otro lado, en países en vías de desarrollo, puede atribuirse por la falta de planificación en la industria, la utilización de tecnologías obsoletas, problemas en el transporte, la mala calidad del saneamiento básico y el ordenamiento territorial no planificado (Placeres et al., 2006).

Los inventarios de emisiones son una base de datos que permite recopilar datos relacionados con las emisiones atmosféricas y son herramientas importantes en la gestión de la calidad del aire y en los procesos de toma de decisiones, ya que son el punto de partida para la implementación, evaluación y ajuste de programas y medidas de control, tendientes a mejorar la calidad del aire (Zapata et al., 2019).

El modelo internacional de emisiones vehiculares (IVE por sus siglas en inglés), está diseñado para estimar las emisiones de vehículos motorizados para utilizarlo en países en vías de desarrollo necesarios para analizar las emisiones gaseosas de fuentes móviles (ISSRC, 2008). El modelo IVE tiene como objetivo apoyar a ciudades y regiones en el desarrollo de emisiones vehiculares para el control y planeación de transporte para predecir las concentraciones de emisiones gaseosas locales y los cambios climáticos provocados por los gases y el calentamiento global (Clavijo, 2016).

Además, el modelo IVE requiere de tres parámetros para realizar la estimación de emisiones atmosféricas los cuales son factores de emisión, actividad vehicular y la distribución de la flota vehicular. Posteriormente la actividad vehicular es un factor, ya que incluye los patrones de conducción, los cuales representan en forma de datos como los vehículos son conducidos en una ubicación de interés (González, 2017).

Por otra parte, el cantón Penipe se encuentra ubicado al noreste de la provincia de Chimborazo entre las coordenadas X: 793964,773; Y: 9841403,66 UTM, WGS84, Zona 17 S). Está formado por 6,739 habitantes según el censo del 2010 (PDOT Penipe, 2014).

El objetivo de la investigación es determinar la concentración de emisiones vehiculares mediante el modelo IVE por las vías de la zona urbana y rural del cantón Penipe que generan contaminantes provocados por la combustión vehicular, durante su recorrido por las vías de primer y segundo orden, donde será posible conocer la incidencia de emisiones gaseosas provocado por la flota vehicular que circula, en la calidad del aire y en la salud de la población del cantón Penipe.

1.1 Planteamiento del problema

El problema que existe cada año es el aumento del parque automotor de distintas marcas, tamaños que circulan en ciudades, el cual son impulsados por motores a combustión a gasolina, diésel o incluso existen otros tipos de combustibles, ya sea en zona urbana y rural. Además, existen 2 tipos de categorías vehiculares como de carga ligera para uso personal y comercial que pueden ser los taxis, camionetas, Jeep/ SUV, Sedan o motos. El transporte de carga pesada son los buses, camiones entre otros.

Ecuador es uno de los países que tiene ciudades de turismo y comercialización por ende existe el incremento poblacional y urbanístico provocando el crecimiento del parque automotor, además las personas de clase media optan por conseguir vehículos que transite libremente en la urbe.

La población urbana como América latina y el Caribe se ha incrementado significativamente en las últimas décadas. Con respecto al sector del transporte es la principal fuente de emisiones que representa casi el 39% de las emisiones totales. En la región existe el 80 % de la población LAC que viven en ciudades, con un total de 525 millones de personas (Rivas et al., 2019).

El parque vehicular aumentado durante el periodo 2014 -2023 es decir el número de vehículos matriculados ha ido incrementando en 6,42% con relación al 2022. En 2023 las diez principales provincias acumularon el 83,66% de total de vehículos matriculados como son Guayas, Pichincha, Manabí, Los Ríos, El Oro, Azuay, Tungurahua, Santo Domingo, Chimborazo y Cotopaxi. Entre ellas Pichincha y Zamora Chinchipe registra un mayor incremento al 2022 de 20,10% y 14,41% (INEC, 2024).

En cantón Penipe cuenta con lugares turísticos, gastronómicos, religiosos y culturales, pero no cuenta con una información actualizada donde exista registros de la calidad del aire. Pero

según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Penipe (2014), menciona que en todas las comunidades el principal problema de contaminación del ambiente son las erupciones del volcán Tungurahua, que ocasiona incendios en los ecosistemas naturales, esto provoca daños a las fuentes de agua de consumo humano y riego y los deslaves que se producen contaminan ríos y quebradas. No dispone de polígonos industriales y de centros con población concentrada donde pueda existir impacto a la calidad del aire por consecuencias de las emanaciones de automotores, como es el caso de las grandes ciudades.

1.2 Justificación

El crecimiento demográfico y la expansión urbana están estrechamente vinculadas con los problemas de movilidad en las ciudades. A medida que la población crece, las ciudades se expanden, aumentando la demanda de transporte y movilidad. Aunque en todo el mundo se implementan diversos esquemas de movilidad, muchos enfrentan problemas comunes, tales como el aumento de vehículos motorizados, congestión vehicular, tráfico intenso, accidentes y contaminación, entre otros (Hernández Cerda et al., 2022).

Además, El parque automotor abarca todos los vehículos de combustión que se desplazan por las vías, calles y avenidas de la ciudad para facilitar el transporte de las personas. No obstante, este incremento en el tráfico vehicular ha ocasionado problemas significativos, afectando negativamente la vida social, ambiental y cultural de los residentes (Arias, 2022). Con respecto, al cantón Penipe no existe información específica sobre registros detallados de la calidad de aire en el cantón. A diferencia de otras ciudades como Quito, Guayaquil y Cuenca presentan registros de la calidad del aire por el aumento excesivo del parque automotor hasta la fecha de hoy.

Mediante el uso del modelo IVE se hace la evaluación de las emisiones a la flota vehicular para ello se tomará en cuenta 7 categorías vehiculares como son: Buses, Camiones, Camionetas, Sedan, Jeep/SUV, Taxis, Motocicletas en el cantón Penipe. Identificando los siguientes compuestos emitidos como CO, COV, VOC evap, NO_x, SO_x y PM son atribuidos como contaminantes criterios estos afectan la salud de la población en la ciudades. También están los compuestos como CO₂, N₂O y CH₄ son gases responsables del calentamiento global del efecto invernadero y la lluvia acida.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

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

1.3.2 Objetivos Específicos

- Seleccionar las vías de primer y segundo orden del cantón Penipe mediante aplicaciones de ArcGIS.
- Establecer la incidencia de las variables distancia y tiempo con respecto a las características de los vehículos, que generan emisiones durante su recorrido por las vías del cantón Penipe.
- Determinar las emisiones vehiculares con relación a los protocolos establecidos en el software IVE para la determinación del nivel de emisiones.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

(Londoño et al., 2011) En su trabajo “Estimación de las emisiones de contaminantes atmosféricos proveniente de fuentes móviles en el área urbana de Envigado, Colombia” usaron el programa IVE para la estimación de contaminantes atmosféricos (CO, NO_x, SO₂, PM₁₀ Y COV), obteniendo como resultado de 18,41 t d⁻¹ para CO; 2,66 t d⁻¹ para VOC; 4,50 t d⁻¹ para NO_x ; 0,20 t d⁻¹ para PM₁₀ y 0,03 t d⁻¹ para SO₂ muestran que los buses y camiones presentan una categoría de mayor relevancia con 41% y 39,5% y emisiones de PM₁₀ representa menos del 5% de la flota de vehículos en el municipio. Por tanto, el que presenta mayor emisión de contaminantes fue el CO con 18,4 t d⁻¹ con un 71,3% y a partir de las 12:00 horas muestra una mayor emisión de contaminantes con 1,4 t d⁻¹ con un 7,4% y la categoría vehicular que aportó niveles de emisión fueron los autos con un 8,3 ton d⁻¹ que presenta el 32,7%.

(Chimbo & Paucar, 2021) En su proyecto de Investigación menciona que, en Riobamba, Ecuador tiene un promedio anual de 12391,71 toneladas. Los principales contaminantes que analizo en esta investigación son el Monóxido de carbono, material particulado, dióxido de azufre, compuestos orgánicos volátiles y compuestos con nitrógeno. La selección de estos contaminantes se basa en la disponibilidad de factores de emisión específicos para el servicio de transporte de autobuses en general.

Según García Molina (2017) indica que, en la ciudad de Sevilla de Oro, situada en la provincia de Azuay, Ecuador, se empleó el modelo IVE para calcular las emisiones, utilizando un GPS para recoger los datos de los patrones de conducción. Los resultados mostraron concentraciones de 81,59 kg/hora de monóxido de carbono (CO), 9,55 kg/hora de compuestos orgánicos volátiles (COV), 3,04 kg/hora de óxidos de nitrógeno (NO_x), 0,06 kg/hora de óxidos de azufre (SO_x), 0,15 kg/hora de material particulado (PM) y 517,2 kg/hora de dióxido de carbono (CO₂). Se concluyó que el dióxido de carbono (CO₂) es el contaminante más abundante generado por el tránsito, debido a que la mayoría de los vehículos que conforma los vehículos usan gasolina.

2.2 Marco Teórico

Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica se define como la presencia de sustancias nocivas en la atmósfera en concentraciones que podrían llegar a provocar daño, ya sea a la salud de la población o a diferentes ecosistemas (Ubilla & Yohannessen, 2017).

Los contaminantes primarios son aquellos emitidos directamente a la atmósfera como son: monóxido de carbono (CO); además los contaminantes secundarios se forman en la atmósfera a partir de reacciones químicas de sus precursores como el ozono (O₃); formado por reacciones de contaminantes primarios: compuestos orgánicos volátiles (COV_s) y óxidos de nitrógeno (NO_x) (Amable Álvarez et al., 2017).

La contaminación del aire consiste en una mezcla compleja de contaminantes, debido que sus fuentes de emisión son muchas, lo que dificulta el estudio de sus efectos sobre la salud. Por otro lado, una vez que está en la atmósfera, los contaminantes emitidos por diversas fuentes se transforman y se ven afectados por factores ambientales como la temperatura y la humedad (Ubilla & Yohannessen, 2017).

Contaminación Atmosférica Urbana

En las áreas urbanas, la contaminación suele originarse únicamente de fuente antropogénicas, las cuales pueden dividirse en fuentes móviles, de área y puntuales descritas de la siguiente manera:

Fuentes móviles

Las fuentes móviles se refieren a diversos medios de transporte con motores de combustión u otros similares, que son los principales emisores de CO, COV_s, SO₂, NO_x como por ejemplo pueden ser los automóviles, motos y buses (Sánchez et al., 2014).

La mayoría de los vehículos pequeños o livianos requieren de gasolina, mientras que los vehículos pesados (camiones, buses, trenes o barcos) generalmente utilizan diésel; y el uso de vehículos con otros combustibles es todavía marginal en términos cuantitativos (Cocha, 2017). Los vehículos que no operan en carreteras o calles como los aviones y equipo de mantenimiento y operación de puertos marítimos y fluviales y maquinaria agrícola significan fuentes móviles fuera de ruta (Páez, 2009).

El transporte vehicular por carretera hace referencia a todas las emisiones de tráfico vehicular, independiente del tamaño o el propósito del vehículo causando emisiones que producen cerca de los lugares donde vive la gente, trabaja, pasea y viaja.

Clasificación de las fuentes móviles

Los diferentes tipos de vehículo, dependiendo de su peso y potencia, se mueven por las carreteras de diferentes maneras. Además, tienen diferentes configuraciones de motor y tecnologías y, por tanto, contribuyen de forma diferente al inventario de emisiones de contaminantes (Arcaya Pancca, 2016).

Se clasifican de las siguientes categorías del parque automotor que son:

- Buses de servicio local
- Buses de servicio interprovincial
- Camiones livianos, medianos y pesados
- Automóviles particulares
- Automóviles taxis
- Camionetas
- motocicletas

Fuente de área

Las fuentes de área no se localizan en lugares específicos, sino que consisten en múltiples fuentes pequeñas, aunque individualmente no producen grandes cantidades de contaminación, en conjunto pueden alterar las concentraciones de aire en una región (Sánchez et al., 2014).

Fuentes Puntuales

Las fuentes puntuales corresponden a instalaciones fijas como plantas industriales o generadores de energía, que emiten contaminantes de manera localizada (Sánchez et al., 2014).

Emisiones Vehiculares

Las emisiones vehiculares son los contaminantes liberados a la atmósfera por vehículos en movimiento, ya sea en rutas o fuera de ellas, lo que contribuye a la concentración de contaminantes en el aire. Para estimar estas emisiones, se utilizan metodología como los factores de emisión y los modelos de inventario de emisiones. Los factores de emisión proporcionan datos específicos de la cantidad de contaminantes que un vehículo emite por cada kilómetro recorrido. Por su parte, los modelos de inventario de emisiones vinculan las actividades urbanas con los distintos tipos de vehículos y sus patrones de uso (Valencia-Arroyave et al., 2015).

Contaminación atmosférica producto del parque automotor

- **Tipos de Emisiones**

Las emisiones generadas por los vehículos tienen diversas fuentes, y la cantidad de estos compuestos depende principalmente de la eficiencia en la combustión del combustible. Si la combustión es completa, se obtendrá CO_2 y H_2O como resultados. El coeficiente lambda (λ) se refiere a la proporción entre la mezcla de aire y combustible real y la estequiométrica. Esta relación determina la cantidad de contaminantes emitidos. Cuando el valor de (λ) es menor a 1, la mezcla contiene un exceso de combustible y se clasifica como rica, lo cual genera un aumento en las emisiones de contaminantes. Por otro lado, si (λ) es mayor a 1 la mezcla carece de suficiente combustible, se denomina pobre y produce menos emisiones, aunque con una potencia reducida (Vega et al., 2015).

A partir de lo mencionado anteriormente, las emisiones de los vehículos pueden clasificarse de la siguiente manera:

Emisiones del Tubo de Escape

Estas emisiones son el resultado del funcionamiento del motor durante la combustión de combustible. Los principales contaminantes liberado incluyen NO_x , SO_2 , CO y MP, cuya cantidad depende de factores como el tipo de motor, las propiedades del combustible y la antigüedad del vehículo. Este tipo de emisiones se divide en dos categorías (Ferrer, 2012).

- **Emisiones en Frio:** Se genera cuando el motor del vehículo está en proceso de calentamiento tras un periodo prolongado de inactividad. Estas emisiones son consecuencia de una combustión incompleta hasta alcanzar una temperatura optima.
- **Emisiones en Caliente:** Esta se produce cuando el motor del vehículo opera de manera habitual, alcanzando una temperatura de 70 ° C.

Emisiones Evaporativas

Las emisiones evaporativas se originan por la evaporación o fugas de combustible en el depósito de los vehículos, ocurriendo exclusivamente en aquellas que utilizan gasolina y provocando la liberación de compuestos orgánicos volátiles. Se clasifican de la siguiente manera (Ferrer, 2012):

- **Emisiones diurnas:** Se producen cuando la temperatura del depósito de combustible aumenta debido a la luz solar, lo que provoca la expansión del vapor de combustibles. Si no existe un sistema de control, estos vapores se liberar al ambiente.
- **Emisiones por detención:** Surgen cuando el vehículo se apaga, pero el motor aún conserva una temperatura elevada. En estas condiciones, el combustible se quema parcialmente, pudiendo clasificarse emisiones por detención en caliente (Hot Soak Emissions) y por detención templada (Warm Soak Emissions).

- **Emisiones por recorrido:** Se generan durante el funcionamiento del vehículo, ya que el depósito de combustible produce vapores. Estas emisiones se clasifican de manera similar a las emisiones por detención.
- + **Emisiones por desgaste:** Estas se producen por el desgaste de los neumáticos al circular, además de incluir el uso de los frenos y la fricción del pavimento provoca la abrasión (Ferrer, 2012).

Principales contaminantes emitidos a la atmósfera

El parque automotor es uno de los principales causantes de altos niveles de contaminantes como óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, óxidos de azufre, etc., principalmente a la mala calidad de los combustibles que ocasiona una combustión incompleta. Si la combustión fuera completa, solo se liberarían nitrógeno, dióxido de carbono, vapor de agua y oxígeno (González, 2017).

Entre los contaminantes principales generados por el transporte son los siguientes:

Monóxido de Carbono (CO): Es un gas tóxico, incoloro e inodoro. Se forma principalmente cuando la mezcla de combustible es rica, es decir, cuando no hay suficiente oxígeno para que el carbono se oxide completamente a dióxido de carbono. En situaciones donde hay un exceso de combustible, la concentración de CO aumenta a medida que el valor de lambda (λ) disminuye de manera casi lineal (Sarkan et al., 2017).

Cerca del 90% del monóxido de carbono generado por actividades humanas proviene de los vehículos. Desde una perspectiva de salud, el CO es riesgoso debido a su alta afinidad para unirse a la hemoglobina e la sangre (Subramani, 2012).

Dióxido de Carbono (CO₂): El CO₂ generalmente no se considera un contaminante, pero es fundamental para el crecimiento de la vida vegetal. El Dióxido de carbono generado por la actividad humana proviene principalmente de la combustión de combustibles fósiles y carbón (Subramani, 2012).

En el transporte, el CO₂ es un subproducto no tóxico de la combustión de los motores, pero su acumulación en la atmósfera contribuye significativamente al efecto inventario. Además, analizar las emisiones de CO₂ puede ayudar a detectar posibles fugas en el sistema de escape del vehículo (Sarkan et al., 2017).

Óxidos de Nitrógeno (NO_x): El NO_x que incluye principalmente el óxido nítrico (NO), se forma a altas temperaturas dentro de las cámaras de combustión. Estos gases pueden reaccionar con los hidrocarburos en presencia de la luz solar, lo que contribuye a la

formación de ozono troposférico, el cual es considerado el segundo contaminante más importante (Acevedo, 2007).

El óxido de nitrógeno (NO_x) emitido por los vehículos no se considera perjudicial para la salud, pero puede oxidarse a dióxido de nitrógeno (NO_2), que es cuatro veces más tóxicos e irrita las vías respiratorias. Asimismo, el dióxido de azufre (SO_2) también provoca problemas respiratorios, especialmente en personas con asma (Torrez & Aruquipa, 2017).

Óxidos de Azufre (SO_x): Este grupo incluye dos compuestos: el trióxido de azufre y el dióxido de azufre (SO_2) (Echharri, 2015). Posteriormente el dióxido de azufre es un gas ácido e incoloro que se libera durante la combustión de carbón o petróleo. La emisión de estos compuestos a través de los tubos de escape no es muy elevada, además de que depende exclusivamente de la cantidad de azufre presente en los combustibles.

Material Particulado (MP): El material particulado está compuesto por pequeñas partículas sólidas o líquidas que permanecen en suspensión en el aire. Estas partículas tienen un diámetro de entre 5 y 10 micrómetros. Estas partículas pueden originarse durante procesos de combustión incompleta, incluso en motores a diésel (González, 2018).

Compuestos orgánicos volátiles (COV_s): Los compuestos orgánicos volátiles (VOC) abarcan diferentes sustancias como hidrocarburos (alcanos, alquenos, compuestos aromáticos), halocarburos (ej., el tricloroetileno) y oxigenados (alcoholes, aldehídos y cetonas). Estos compuestos se encuentran en forma de vapor en la atmósfera y se considera contaminantes. Los VOC contribuyen significativamente a la formación de contaminantes secundarios como el ozono, a través de reacciones químicas con óxidos de nitrógeno en presencia de luz solar (Hilario Román, 2017).

Inventario de Emisiones

Un inventario de emisión son herramientas utilizadas para analizar las tasas de emisión contaminantes provenientes de diferentes fuentes en un área específica a lo largo del tiempo. Estos inventarios son esenciales para los modelos de calidad del aire ya que permiten proyectar y planificar escenarios esenciales de gestión de la calidad del aire mediante la cuantificación de ciertos contaminantes provenientes de diversas fuentes (puntuales, área y móviles) en una región y durante un período específico (Dávila, 2015).

Kilómetros Vehículos Recorridos (KVR)

El KVR como su nombre lo indica es un promedio diario, semanal, mensual o anual de kilometraje promedio que recorre una flota vehicular dentro de los límites de un área de estudio. Este indicador es fundamental para los estudios de tráfico y tiene un impacto

significativo en temas ambientales. Por ello, ha sido implementado desde hace muchos años llevan establecidos en países como Canadá, EE. UU y ciertas zonas de Europa (Sarango & Moncayo, 2016).

Modelo IVE

El Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE) creado por el International Sustainable Systems Research Center (ISSRC), necesarios para el cálculo de emisiones vehiculares motorizados, además su principal propósito es utilizar en países en vías de desarrollo. El modelo predice contaminantes atmosféricos locales, gases responsables de efecto invernadero y tóxicos (ISSRC, 2008).

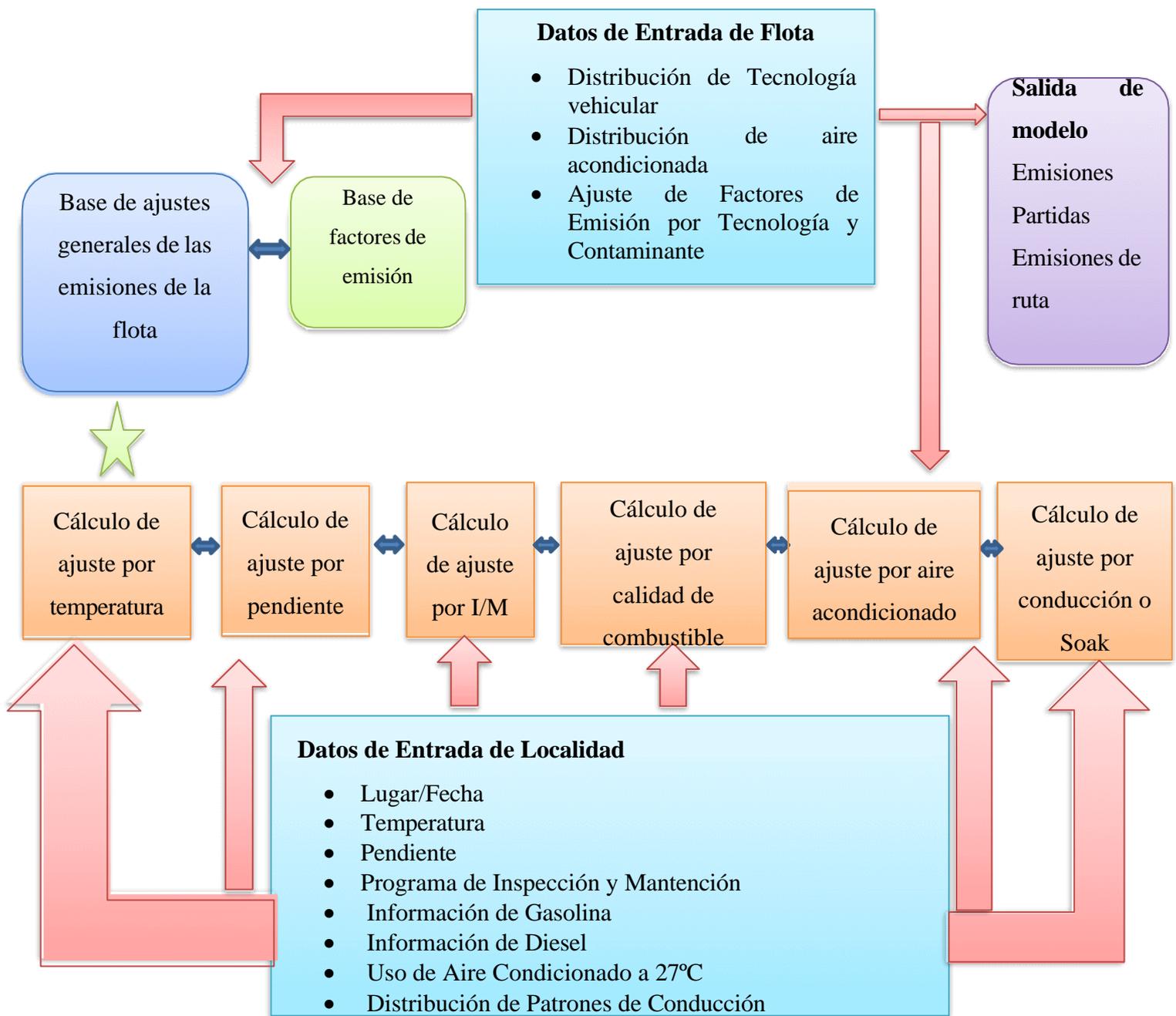
Componentes necesarios del modelo IVE

El proceso de predicción de emisiones está compuesto por una base de factores de emisión y por una serie de factores de corrección en el cual se aplican para estimar los contaminantes de una variedad de tipos de vehículos. Está compuesto por 3 componentes críticos que se usan en el modelo IVE de esta forma crear inventarios de emisiones fiables:

1. Factores de emisión de Vehículos (Base de factores de emisión y factores de corrección)
2. Actividad vehicular (Datos de entrada de la localidad)
3. Distribución de la flota vehicular (Datos de entrada de la flota) (ISSRC, 2008).

Figura 1.

Proceso de estimar emisiones en el modelo IVE.



Fuente: (ISSRC, 2008).

El modelo IVE se utiliza para factores nuevos o existentes y la recolección de datos locales que logran cuantificar estas tres entradas esenciales. Una vez que se ha recolectado la información, un inventario de emisiones puede ser desarrollado fácilmente y modificado para evaluar escenarios alternativos. En cuanto sino presenta información de los datos de áreas urbanas pueden ser utilizados para realizar estimaciones hasta que los datos puedan ser recolectados (ISSRC, 2008).

Selección de Rutas

El manual del usuario del modelo IVE recomienda seleccionar tres áreas de la ciudad para el estudio, en cada una de las rutas seleccionadas que sean representativas para el conteo respectivo que se presenta a continuación:

- Zonas de altos ingresos socioeconómicos
- Zona de bajo ingresos socioeconómicos
- Zona comercial que generalmente está en la ciudad

En caso de que una zona de estudio es pequeña o no exista una segregación socioeconómica se considera como una sola. Asimismo, en cada área de estudio se divide en tres rutas representativas que son:

- Autopista (se caracteriza por velocidades altas de conducción y con poca incidencia de paradas)
- Arterial (tenga conexión entre diferentes zonas de la ciudad)
- Residencial (aquellas que tienen varias intercesiones, mantiene velocidades promedio bajas y también por parte de los conductores para dirigirse a sus hogares o pequeñas zonas comerciales dentro del área urbana) (Romero, 2017).

Selección de horarios

Los horarios dependerán del estudio a realizarse, principalmente se tomará en cuenta las condiciones del tráfico a lo largo del día, considerando las horas con mayor y menor tráfico vehicular. El modelo permite ingresar datos en resolución horaria para así tener estudios más detallados en cual se obtendrá datos de recolección durante las 24 horas (Romero, 2017).

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 Selección de rutas de primer y segundo orden del cantón Penipe

3.1.1 Investigación Bibliográfica

Se levantó información a partir de una revisión bibliográfica a través de documentos que se encuentren disponibles por el Ministerio de transporte y obras públicas que ayuden a definir las rutas de primer y segundo orden a nivel local. Igualmente, sobre la base de la “*Ley de categorización de la red vial nacional*” que permita conocer las rutas más transitadas del cantón Penipe para identificar un área de estudio de las concentraciones de emisiones vehiculares. Además, se obtendrá información secundaria a través de tesis, proyectos, artículos científicos y el PDOT del cantón Penipe que ayudaran a los investigadores a alcanzar datos específicos de cada área de estudio de las rutas seleccionadas.

3.1.2 Selección de rutas

Se procederá a la selección de rutas de primer y segundo orden, tanto de la zona urbana y rural, dentro y fuera del cantón Penipe. Se consideró el límite geográfico del cantón como puntos finales de las rutas. Asimismo, se asignó a cada ruta un nivel socioeconómico, permitiendo así llevar a cabo un conteo representativo de los vehículos que transitan en el área de estudio.

- **Rutas de primer orden**

Para las rutas de primer orden se analizará los lugares que tenga comunicación entre las cabeceras municipales con respecto al cantón Penipe. De la misma forma se obtendrá información de los límites geográficos del cantón mediante el Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Penipe el cual permita definir las rutas de primer y segundo orden exclusivamente de Penipe hasta el límite cantonal.

- **Rutas de segundo orden**

Las rutas de segundo orden se llevará a cabo aquellas vías que permita la comunicación entre las diferentes cabeceras parroquiales del cantón Penipe. Conjuntamente se obtendrá información de los límites geográficos de las parroquias urbanas y rurales del cantón, asumiendo así la selección de las rutas de segundo orden simplemente van de parroquia en parroquia hasta llegar a los límites del cantón. Además, también se tuvo en cuenta que una misma ruta puede ingresar a diferentes parroquias.

Por otro lado, mediante el software ArgGIS y los shapefile de las vías del cantón y con la ayuda de la Ortofoto del cantón se logró identificar las rutas y se realizó los respectivos

mapas geográficos del cantón Penipe, y también se determinó la distancia total de cada una de estas rutas.

3.1.3 Selección de sitios de conteo de las rutas del cantón

Conforme a las indicaciones proporcionadas por el Manual del Usuario del Modelo IVE, se estableció la condición de que en cada ruta seleccionada dentro de la localidad se incorporara una sección que abarque zonas residenciales (de ingresos altos), zonas comerciales (de ingresos medianos), y autopistas (de ingresos bajos).

En las áreas correspondientes a cada ruta seleccionada, los conteos de vehículos diurnos se llevarán a cabo en un horario fijo durante una semana. Por otro lado, para el conteo vehicular nocturno se implementará un método basado en factores de interpolación o aforo.

3.2 Establecer la incidencia de las variables distancia/tiempo con respecto a las características de los vehículos, que generan emisiones durante su recorrido por las vías del cantón Penipe

3.2.1 Flota vehicular

La flota vehicular es uno de los aspectos críticos que se establece como paso previo a la estimulación es la caracterización de la distribución vehicular, la cual se llevara a cabo tomando como referencia la tecnología presente en la flota vehicular en las áreas de estudio y para ello es necesario determinar:

- Tamaño del vehículo
- Tipo de combustible
- Uso de vehículo
- Sistema de entrega de combustible
- Sistema de control de emisiones evaporativas
- Sistema/ Estándar de control de escape

El modelo IVE integra categorías adicionales por edad del vehículo, tamaño del vehículo y control emisiones evaporativas. Se distribuyen un total de 7 categorías vehiculares, y cada una de ellas presenta diversos patrones de conducción, lo que facilito la estimulación individual de las emisiones de contaminación para cada categoría vehicular.

En cada categoría adicionada se incluyó un patrón de conducción designado mediante una descripción abreviada, las cuales se detallan en la siguiente tabla 1.

Tabla 1.

Definiciones de las abreviaciones utilizadas en el archivo flota.

Abreviatura	Descripción	Significado
Pt	Gasolina	Vehículo a gasolina
Ds	Diésel	Vehículo a diésel
SgPt FI	Inyección Monopunto	Vehículo equipado con un sistema de inyección eléctrico único al múltiple de admisión
MPFI	Inyección Multipunto	Vehículo equipado con un sistema de inyección electrónico
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 carácter 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 NO _x

Fuente: (ISSRC, 2008).

3.2.2 Localidad

En el factor de localidad en el modelo IVE se colocará datos correspondientes al área de estudio, tales como las condiciones climáticas, el porcentaje de uso de aire acondicionado, la distancia diaria recorrida, el número de partidas, el tiempo SOAK y la velocidad promedio, los cuales serán tomados de las encuestas , también las características de combustión (gasolina y diésel) y las características de conducción que serán obtenidos de la distribución Potencia Especifica Vehicular (Bins VSP) como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2.

Parámetros para el factor localidad.

Parámetros	Definición	Método
Condiciones Climáticas	Altitud, temperatura y humedad relativa	PDOT cantón Penipe
Uso del aire acondicionado	Porcentaje del tiempo de uso del aire acondicionados a lo largo del día	Encuestas
Características de conducción	Distancia/tiempo y partidas	GPS, conteo de vehículos, distancia del recorrido
Características de partidas	Velocidad promedio, Bins VSP y Bins SOAK	Velocímetro y Speed Emissions evaluation.

Fuente: (ISSRC, 2008).

- **Condiciones climáticas:** Se recopilará la información sobre la altitud, humedad relativa y temperatura en la zona de estudio a través del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Penipe.
- **Uso del aire acondicionado:** Se refiere al porcentaje de tiempo que la flota equipada con A/C, considerando el tiempo durante el cual los vehículos mantuvieron encendido el aire acondicionado a lo largo del día. Estos datos se obtendrán mediante encuestas dirigidas a los usuarios que operan la flota vehicular.
- **Características del combustible:** Se refiere a la calidad del combustible por ende se tomará en cuenta de acuerdo con la categorización vehicular, si el motor de cada vehículo utiliza diésel o gasolina.
- **Características de conducción:** Para la variable distancia/tiempo, se requirieron dos valores distintos. Inicialmente, se realizó el conteo de vehículos en las áreas designadas en las vías de primer y segundo orden, de acuerdo con la distribución de

la flota vehicular. Posteriormente, se registró la distancia total recorrida por cada vía asignada.

$$\frac{\text{Distancia}}{\text{tiempo}} = N^{\circ} \text{ de vehículos} * \text{distancia recorrida}$$

Ecuación 1

En lo que respecta al factor de partidas, Es el número de veces que el motor fue encendido durante las horas por ende se consideró tanto el conteo de vehículos como la frecuencia con la cual un vehículo se detiene sin apagar el motor durante su trayecto por las vías seleccionadas.

- **Características de partidas**
Bines VSP

En el modelo IVE, para los patrones de conducción se usaron dos parámetros:

- Potencia específica vehicular (VSP siglas en inglés).
- Estrés del motor.

La información relativa a estos factores se recopiló mediante el tipo de vehículo, su velocidad y la altitud, registrados segundo a segundo. El Manual de Usuario del Modelo IVE ofrece dos ecuaciones destinadas al cálculo de ambos parámetros, las cuales se describen a continuación:

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

Fuente: (ISSRC, 2008)

Ecuación 2

Donde:

$$\text{Pendiente} = \frac{h_{t=0} - h_{t=-1}}{v_{(t=-1 \text{ a } 0 \text{ segundos})}}$$

v=Velocidad (m/s)

a=aceleración (m/s²)

h=altitud (m)

$$\text{Estrés del Motor (sin unidades)} = \text{Índice RPM} + (0,08 \text{ ton/kW}) * \text{Potencia Prepromedio}$$

Fuente: (ISSRC, 2008).

Ecuación 3

$$\text{Potencia Prepromedio} = \text{Promedio } (VSP_{t=-5 \text{ sec to } -25 \text{ sec}}) \text{ (kW/ton)}$$

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

Mínimo Índice RPM=0,9

La información de velocidad puede ser recopilada en una serie de vehículos equipados con unidades de posicionamiento global satelital combinado (CGPS). Además, la información de velocidad pueden ser ordenada de diferentes categorías, por nivel de congestión, tipo de vía por hora del día.

El resultado del procedimiento de datos es la fracción de tiempo recorrido en cada una de las categorías de VSP y Estrés. Se hallan 3 categorías de estrés y 20 categorías de VSP, con un total de 60 bins.

A través de la aplicación “Velocímetro 55 Start GPS, HUD”, se registraron detalladamente las rutas seleccionadas para cada categoría de vehículos de la flota, recopilando datos de velocidad y altitud de los vehículos durante sus recorridos, con un registro detallado en intervalos de un segundo. El software “Speed Emission Evaluation” se utilizó para calcular los 60 bins de patrones de conducción y determinar la velocidad media en km/h.

Velocidad promedio

Luego de utilizar la aplicación “Speed Emission Evaluation” se obtendrá un valor de velocidad promedio, que se presenta en km/h o millas/h.

Bins Soak

Distribución en porcentaje del tiempo que el motor estuvo apagado antes de cada partida (encendida del motor), además existen 10 intervalos de tiempo para así ingresar esta información. De igual forma las partidas pueden tener un gran impacto en las emisiones resultantes esto se lleva a cabo cuando el automóvil con el motor frío consume más combustible hasta alcanzar su temperatura optima de funcionamiento, por ende, generan un incremento de emisiones contaminantes. Como se puede observar en la tabla 3

Tabla 3.

Categorías de Soak para Patrones de Partidas en el modelo IVE.

Descripción BINS	Inicio DTS (Distribución tiempo SOAK)	Final DTS (Distribución Tiempo SOAK)
15 min	0 min	15 min
30 min	16 min	30 min

1 hora	30 min.	60 min
2 horas	61 min	120 min
3 horas	121 min	180 min
4 horas	181 min	240 min
6 horas	241 min	360 min
8 horas	361 min	480 min
12 horas	481 min	720 min
18 horas	721 min	n/a

Fuente: (ISSRC, 2008).

3.2.3 Cálculo de la emisión de contaminantes

El modelo IVE trabaja con los siguientes factores: flota vehicular y la localidad, cálculo de concentración de contaminantes criterio y del calentamiento global por días en unidades de kilogramo (kg). Por tanto, se calcula las emisiones por separado tanto para las rutas de primer y segundo orden de la zona urbana y rural del cantón Penipe.

El modelo permite estimar contaminantes criterio como se muestra en la siguiente tabla 4.

Tabla 4.

Contaminantes criterio y de calentamiento global.

Contaminantes Criterio	
Monóxido de carbono	CO
Compuestos Orgánicos	VOC
Emisiones Evaporativas de los compuestos Orgánicos Volátiles	VOC Evap
Óxidos de Nitrógeno	NO _x
Óxidos de Azufre	SO _x
Material Particulado	PM
Contaminantes de Calentamiento Global	
Dióxido de carbono	CO ₂
Metano	CH ₄

Fuente: (ISSRC, 2008).

3.2.4 Inventario de Emisiones

Un inventario de Emisiones puede ser desarrollado fácilmente y modificado para evaluar escenarios alternativos. Algunas veces no puede existir información, datos de áreas urbanas comparables o pueden ser utilizados para realizar estimaciones hasta que los datos locales sean recolectados. Por tanto, se estableció la concentración de las emisiones de las rutas de primer y segundo orden en un inventario de emisiones del cantón Penipe, también la categorización de la flota vehicular respecto a cada uno de los contaminantes de las rutas seleccionadas.

3.3 Determinar las emisiones vehiculares con relación a los protocolos establecidos en el software IVE para la determinación del nivel de emisiones.

3.3.1 Desagregación espacial

Una vez que se hayan obtenido los valores de emisiones para cada categoría, será imprescindible llevar a cabo la desagregación espacial con el propósito de identificar puntos críticos de emisiones en la zona de estudio. Este procedimiento se lleva a cabo mediante métodos simplificados de tipo top-down, los cuales se fundamentan en los recuentos totales de tráfico. Para poder calcular los datos del factor de degradación espacial se utilizará las herramientas del Software ArcGIS; en create, Thiessen Polygons se insertará los datos de coordenadas UTM de las zonas de conteo Create Fishnet se creará una malla vectorial de parcelas de 1km x 1 km sobre el área de investigación.

$$DF_j = \frac{\sum_0^i F_{i,j} * l_{i,j}}{\sum_0^j \sum_0^i F_{i,j} * l_{i,j}}$$

Fuente: (Cáceres, 2022).

Ecuación 4

Donde:

DF_j= Factor de desagregación para la celda j

F_{i,j}= Flujo de tráfico total para el segundo i en la celda j

L_{i,j}= Longitud del segmento i en la celda j

Después de obtener los datos de degradación se procederá a calcular las concentraciones de emisiones por celda para así poder representar los mapas de degradación espacial para cada contaminante.

$$E_{n,j} = T e_n * D f_j$$

Fuente: (Gómez et al., 2018).

Ecuación 5

Donde:

$E_{n,j}$ = Factor por celda

TE_n =Emisión total anual del contaminante n

DF_j = Factor de degradación para la celda J

3.3.2 Desegregación temporal

La desagregación temporal se la realizará mediante la distribución del flujo vehicular a razón de las 24 hora del día. Esto permitió la distribución de las emisiones de los vehículos de cada contaminante a lo largo de las horas del día y se presentó en graficas de barras.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

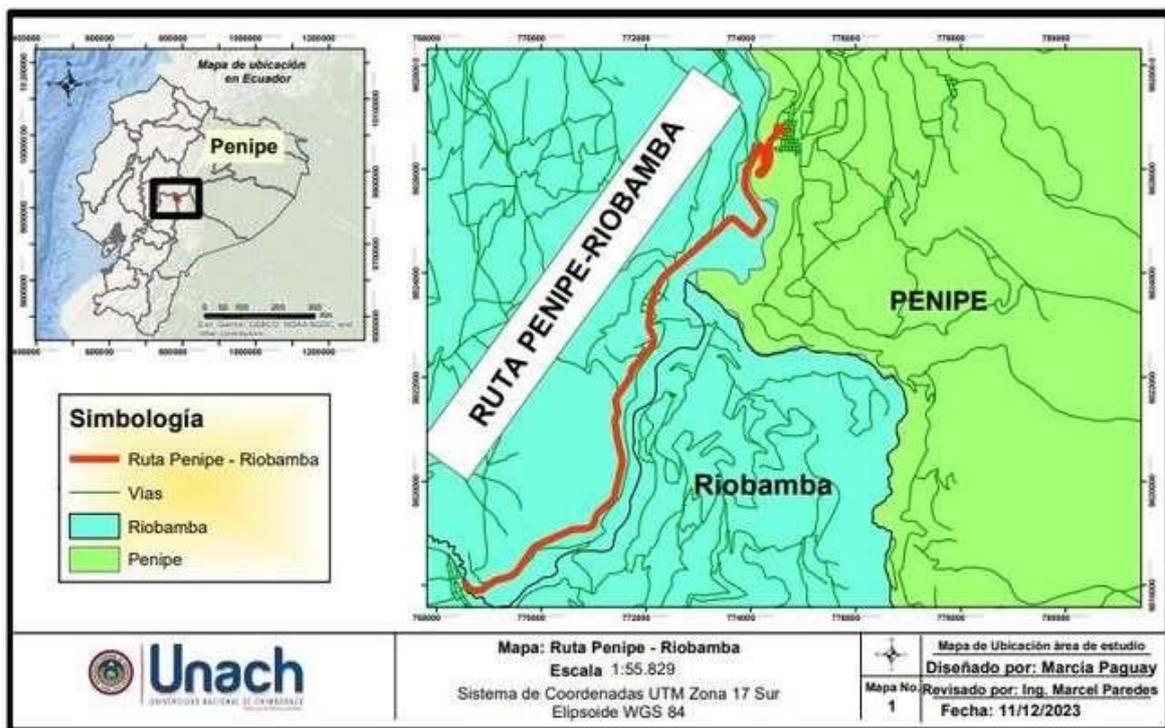
4.1 Selección de rutas de primer y segundo orden del cantón Penipe

✚ Rutas de Primer Orden

Las rutas de primer orden se definieron como rutas que permite conectar al cantón Penipe o con otros cantones, considerando que dichas rutas contienen la función integral de las zonas de producción y consumo de la población y cuyo recorrido no exceda los límites geográficos del cantón. Por lo tanto, solo se tomaron en cuenta 2 rutas que conducen a los cantones como son: Riobamba, Guano, debido a que las rutas se extienden solo en el límite del cantón Penipe. A pesar de que Baños de Agua Santa, es un cantón turístico y productivo no cubren la ruta únicamente en el territorio de Penipe, es decir su ruta pasa por otros cantones y a diferencia de los cantones de Pablo Sexto, San Pedro de Pelileo y Palora no cuenta con rutas precisas para llegar hacia esos cantones a través del cantón Penipe.

Figura 2.

Ruta Penipe – Riobamba.



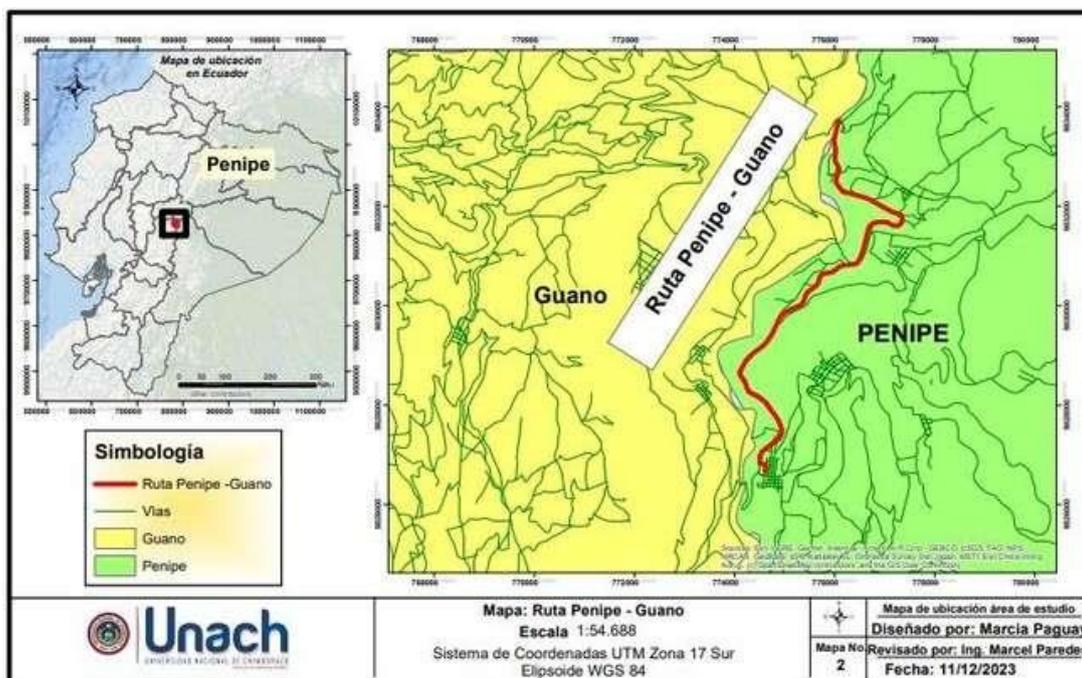
Elaborado por: Paguay,2024.

De acuerdo con el primer objetivo, se realizó la selección de la ruta que se muestra en la **Figura 2**, La Ruta Penipe -Riobamba comienza su recorrido desde el parque central del cantón continuando por la calle Padre Mancero hasta conectarse con la Av. E490, con

dirección hacia la vía Penipe – Riobamba posteriormente hasta el límite geográfico del cantón Penipe, indicando donde se encuentra la entrada principal de Riobamba. La ruta Penipe – Riobamba cuenta con una distancia total de 14,44 km.

Figura 3.

Ruta Penipe – Guano.



Elaborado por: Paguay,2024.

Dando cumplimiento al primer objetivo se realizó la selección de rutas como se puede observar en la **Figura 3**, La ruta Penipe-Guano comienza su recorrido desde el Parque Central del cantón Penipe en la calle David Ramos, continuando por la Av. Atahualpa (Padre Mancero) hasta enlazar con la Avenida 490 hasta el límite geográfica del cantón, indicando hasta donde se encuentra el cantón Guano. La Ruta Penipe- Guano cuenta con una distancia total de 11,85 km.

🚦 Ruta de Segundo Orden

Las rutas de segundo orden son aquellas que permite la conexión con las parroquias del cantón, considerando los tramos que articulan los centros poblados de las cabeceras parroquiales. Estas vías son importantes para el desarrollo agropecuario, comercial, turístico y social del territorio. El cantón cuenta con una parroquia urbana y rural.

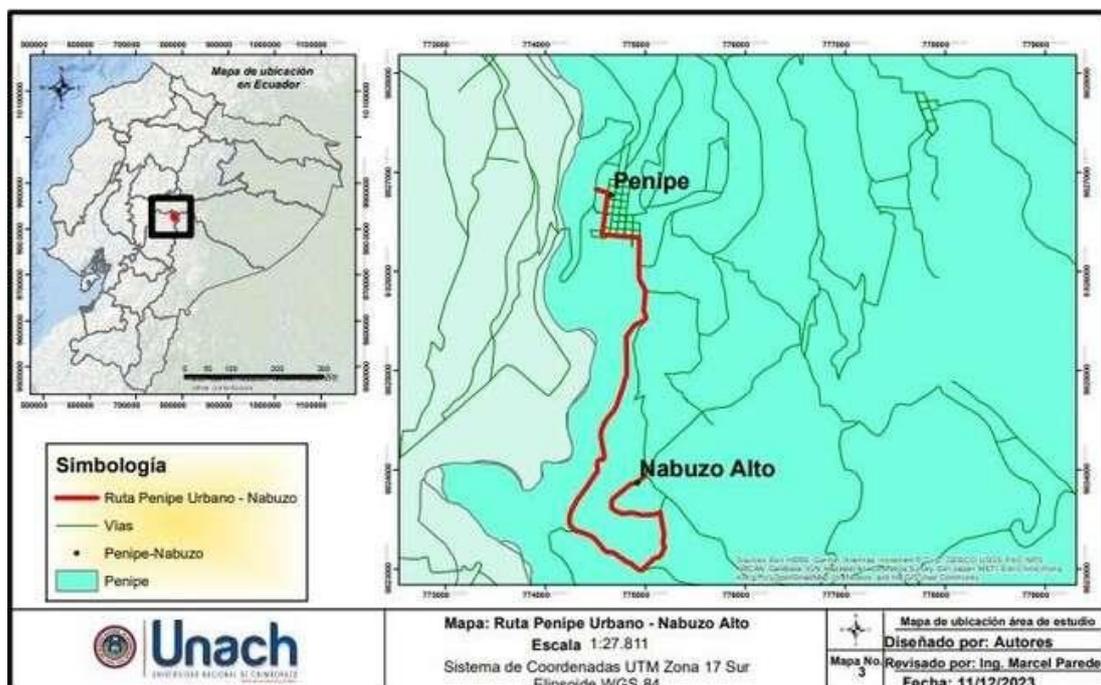
Ruta de segundo orden: Penipe Urbana y Rural

El cantón cuenta con una parroquia urbana que es la cabecera cantonal de Penipe y 6 parroquias rurales las cuales son Bayushig, Bilbao, La Candelaria, El Altar, Matus, Puela.

Ruta de segundo orden: Penipe Urbano

Figura 4.

Ruta Urbano Penipe – Nabuzo.

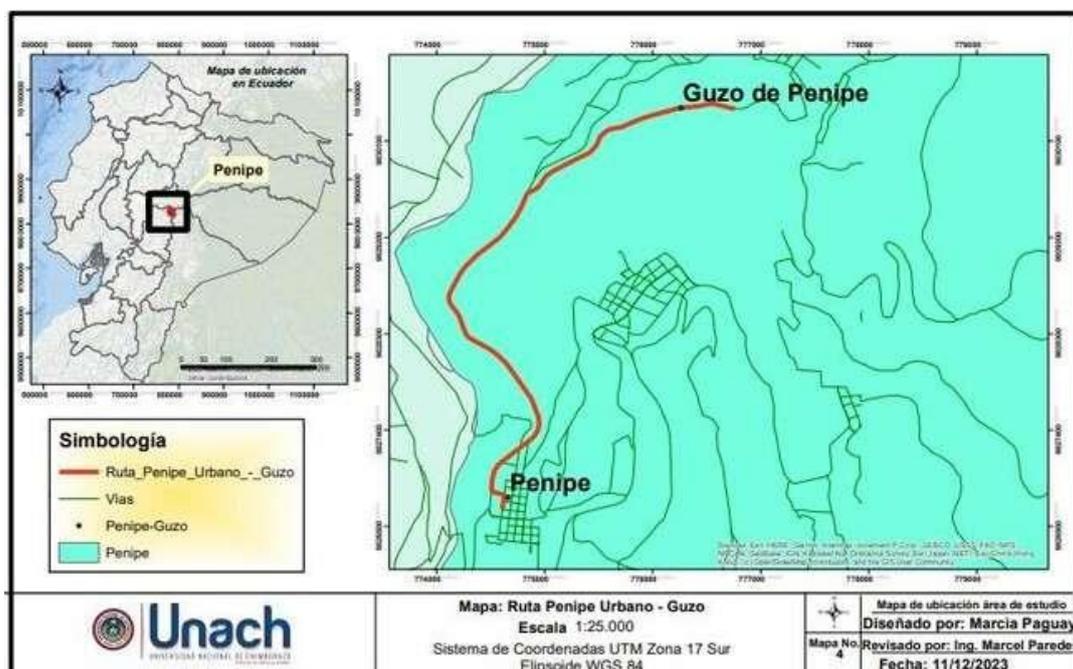


Elaborado por: Paguay,2024.

En este caso la Ruta Urbano pertenece a la cabecera cantonal de Penipe por ello se tomó en cuenta a las comunidades que se encuentra dentro del cantón en el cual se realizó la ruta Penipe – Nabuzo alto como se puede observar en la **Figura 4**, comienza en la Av. Atahualpa (Padre Mancero) continuando por las calles David Ramos, Fidel Tapia y luego toma la calle Antonio Valdez. Luego se toma la vía Penipe – La Candelaria hasta llegar a la comunidad de la Victoria. Desde allí, se desvía hacia la comunidad de Penicho Bajo, finalizando en la comunidad de Penicho alto. La ruta Penipe Urbano- Nabuzo cuenta con una distancia total de 6,70 km.

Figura 5.

Ruta Penipe Urbano-Guzo de Penipe



Elaborado por: Paguay,2024.

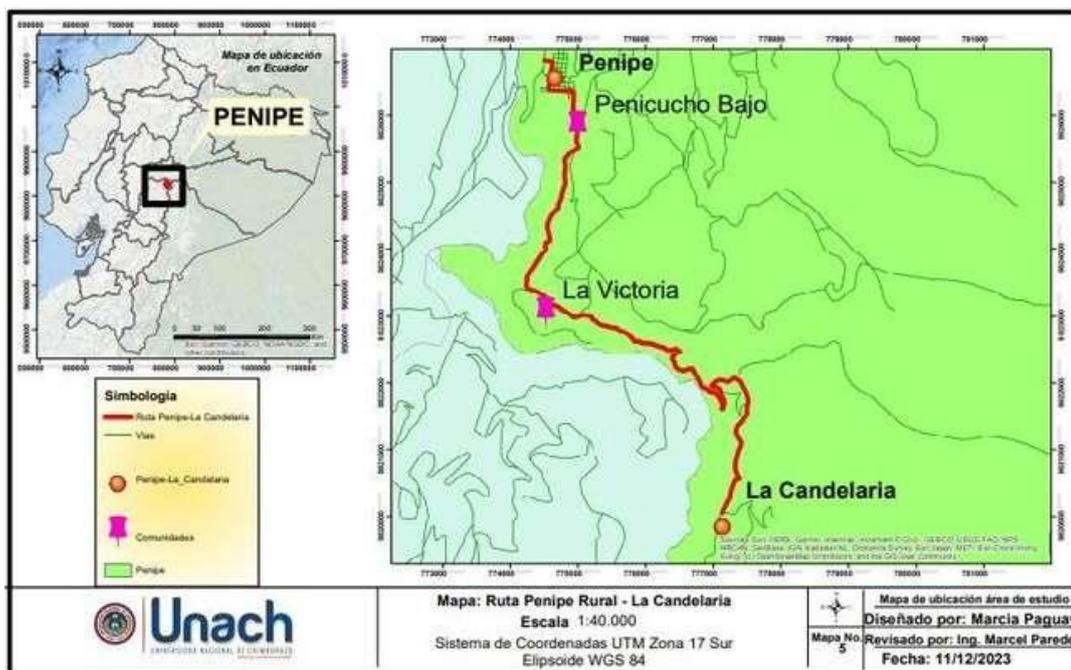
Como se muestra en la **Figura 5**, La Ruta Penipe – Guzo comienza su recorrido por la calle. David Ramos y Padre Mancero luego se enlaza con la Av. E490 con dirección a la vía Penipe- Baños y luego se toma un desvío a la comunidad de Guzo. La ruta Penipe- Guzo cuenta con una distancia total de 6,01 km.

Ruta de segundo orden: Penipe Rural

Se tomo en cuenta las cinco parroquias rurales que permite la comunicación con el cantón Penipe. El cual se llevó a cabo la ruta desde Penipe-La Candelaria. Sin embargo, la ruta Penipe- Matus se incluye la parroquia de Bayushig, la ruta Penipe- El Altar se incluye la parroquia de Puela.

Figura 6.

Ruta Penipe Rural- La Candelaria.

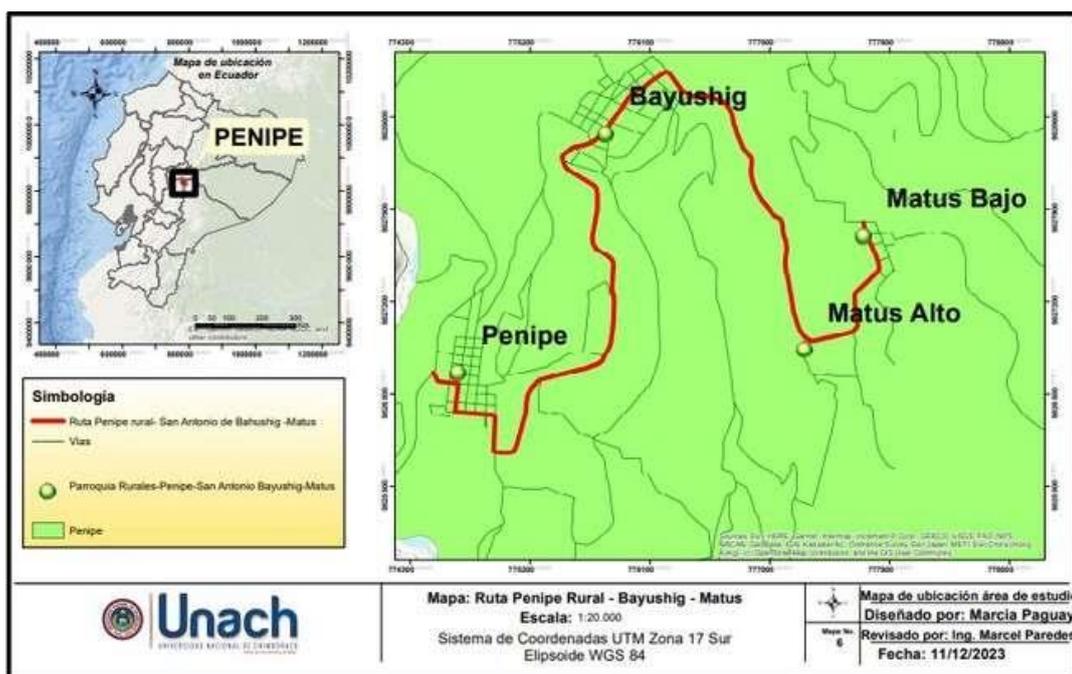


Elaborado por: Paguay,2024.

Como se puede observar en la **Figura 6**, La ruta Penipe-La Candelaria comienza su recorrido en la Av. Atahualpa (Padre Mancero) y sigue por las calles David Ramos, Fidel Tapia y Antonio Valdez. La ruta pasa por la comunidad de Penicucho bajo y La Victoria, finalizando en la parroquia La Candelaria. La ruta Penipe – La Candelaria tiene una distancia total de 13,5 km.

Figura 7.

Ruta Penipe Rural – Matus.

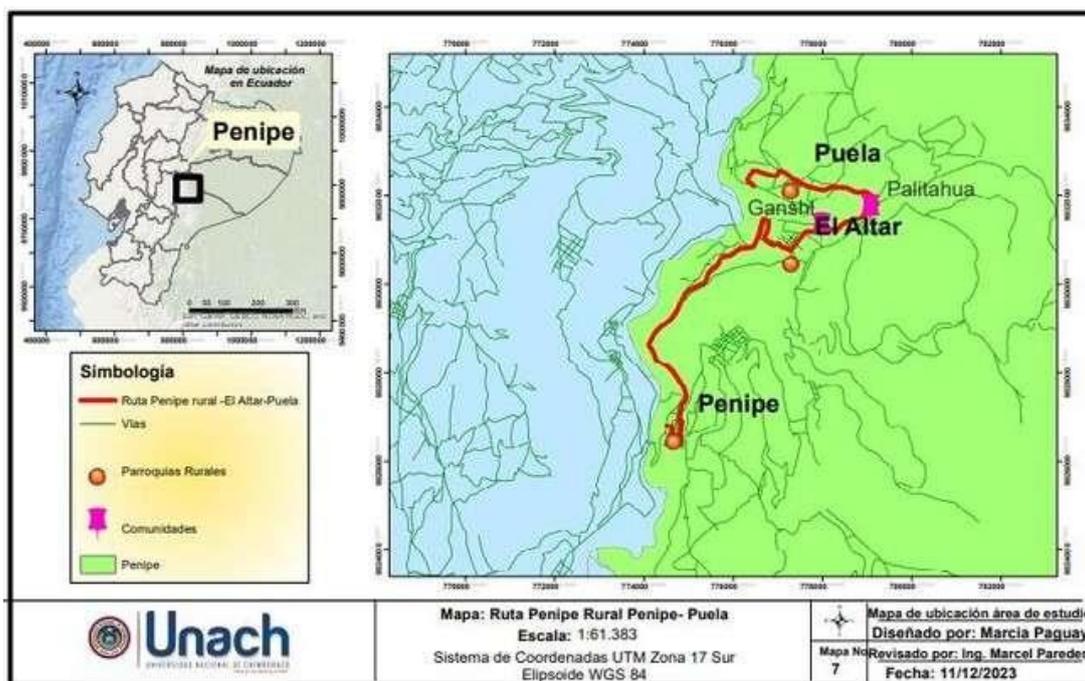


Elaborado por: Paguay,2024.

Se puede observar en la **Figura 7**, La ruta Penipe- Matus comienza en la Av. Atahualpa (Padre Mancero) y continua por las calles David Ramos, Fidel Tapia y Antonio Valdez. Luego toma un desvío por la Av. 6 de diciembre, incluyendo en su recorrido la parroquia de San Antonio de Bayushig hasta llegar a la parroquia de Matus. La ruta Penipe-Matus tiene una distancia total de 11,42 km.

Figura 8.

Ruta Rural Penipe – Puela.



Elaborado por: Paguay,2024.

Para la ruta Penipe- Puela como se presenta en la **Figura 8**, comienza en la Av. Atahualpa (Padre Mancero), David Ramos y Fidel Tapia, y continua por las calles Juan Guevara y Federico Alvear, seguido por la avenida E490. Luego se desvía por la calle principal de la parroquia El Altar, pasando por las comunidades de Ganshi y Palitahua, hasta llegar a la parroquia Puela, En la ruta Penipe- Puela incluye la parroquia El Altar y la ruta tiene una distancia total de 14.65 Km.

📍 Selección de los sitios de conteo de las rutas de primer y segundo orden del cantón Penipe

Con respecto al manual de usuario del Modelo IVE se tomará en cuenta tres puntos de conteo en cada ruta seleccionada, para ello es necesario conocer que cada punto representa un nivel socioeconómico alto, mediano y bajo como se presenta a continuación:

Zonas residenciales (alto Ingreso)

Zonas comerciales (mediano ingreso)

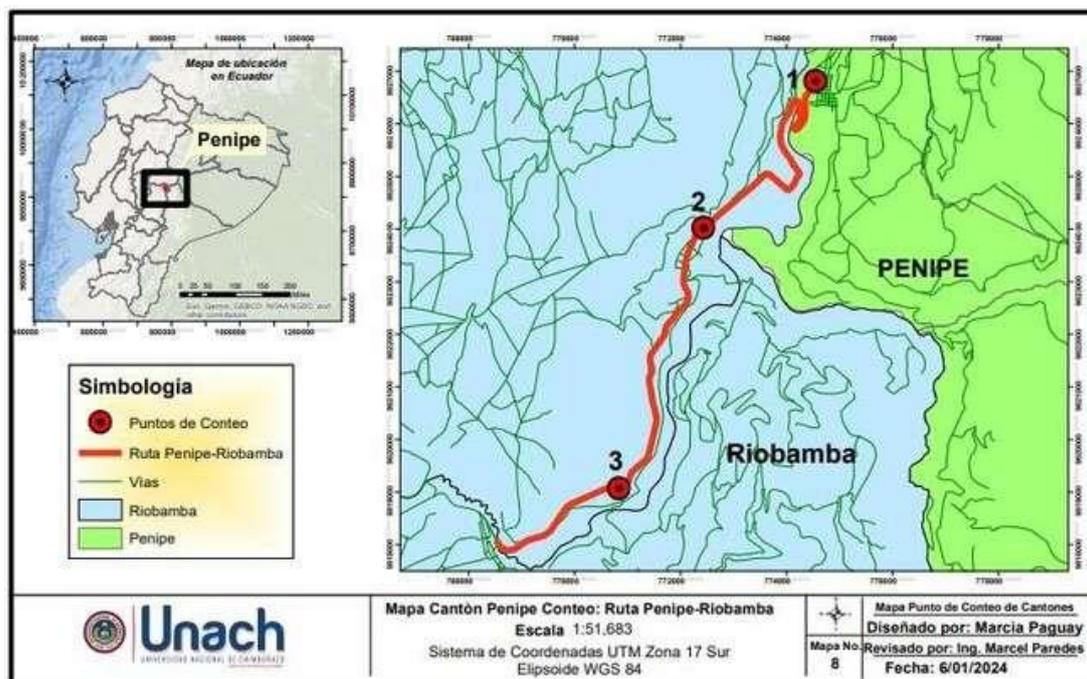
Autopistas (bajo ingreso)

Rutas de primer orden

Para las rutas de primer orden se tomaron en cuenta las vías que unen hacia los cantones de Riobamba, Guano y para el cual se identificaron 6 puntos de conteo respectivos por donde existe más circulación del tránsito vehicular.

Figura 9.

Puntos de conteo en la Ruta Penipe-Riobamba.



Elaborado por: Paguay,2024.

➤ Punto de conteo de la ruta Penipe-Riobamba

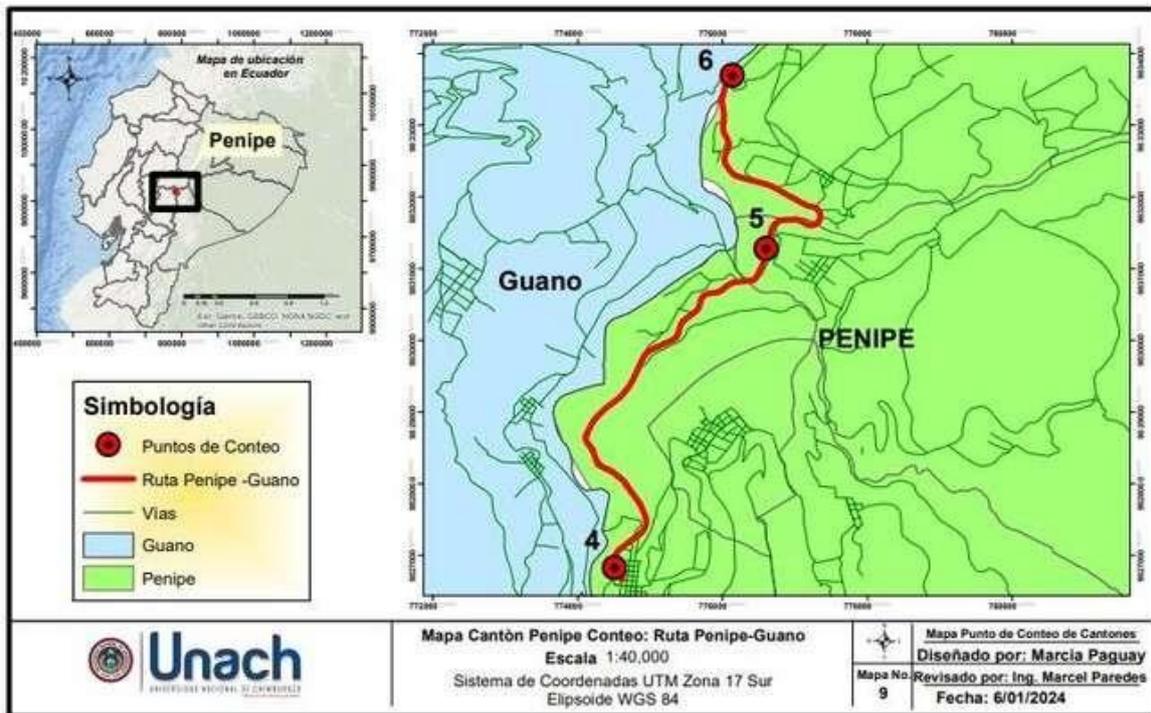
Punto 1: En el centro de Salud tipo B en la Av. Padre Mancero del cantón Penipe

Punto 2: En el sector de Pungal el Quinche en la Av. E490

Punto 3: En la entrada de cubijies en la calle Alfonso Chávez y la AV. E490 por el sector de Tamaute.

Figura 10.

Punto de conteo de la Ruta Penipe-Guano.



Elaborado por: Paguay,2024.

➤ **Puntos de conteo de la Ruta Penipe- Guano**

Punto 4: En la UPC del cantón Penipe por la Av. E490

Punto 5: En el paradero por la Av. E490

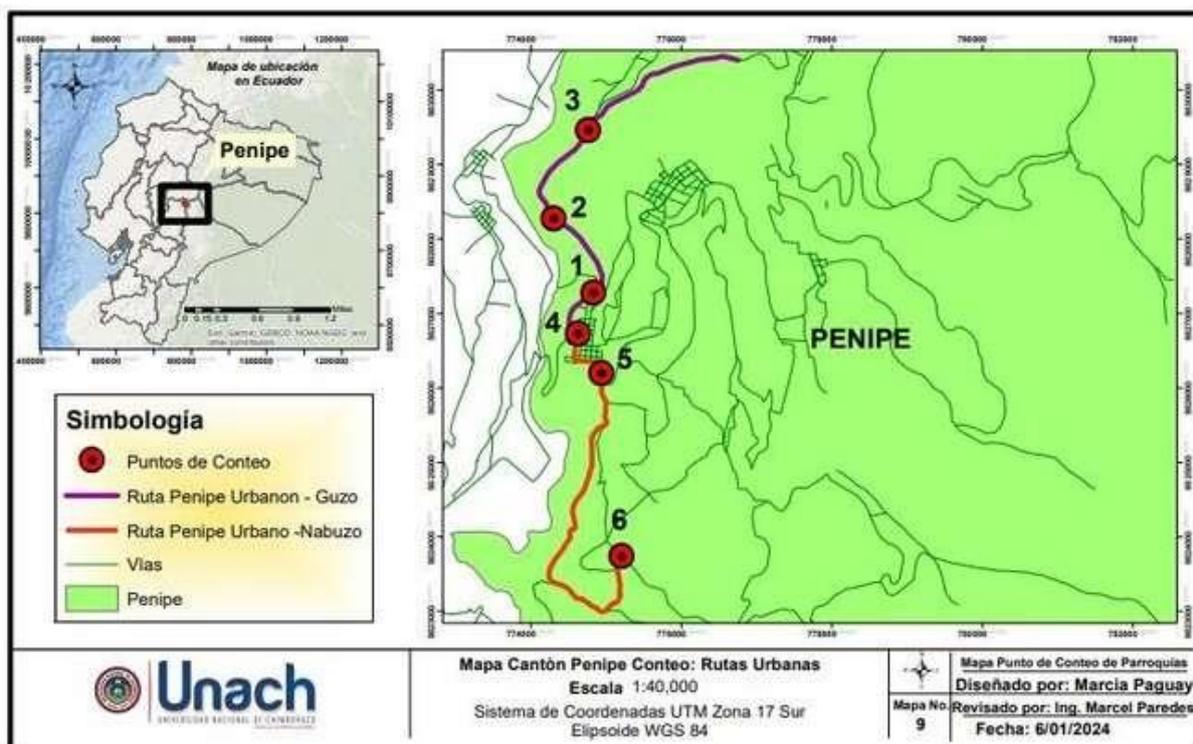
Punto 6: En la entrada a la parroquia a Bilbao por la Av. E490

Rutas de segundo orden

Para las rutas de segundo orden se tomaron en cuenta las rutas urbanas y rurales del cantón Penipe por ende se identificaron 6 puntos de conteo para la zona urbana de la cabecera cantonal de Penipe, en cual el cantón no cuenta con parroquia urbanas por tanto se escogió a las comunidades que están dentro de la parroquia de Penipe. Para la Parroquias rurales del cantón se identifican 9 puntos de conteo y para cada una de las rutas se analizó el nivel socioeconómico alto, mediano y bajos ingresos para así tener una clara información de los vehículos transitados por las rutas seleccionadas.

Figura 11.

Punto de Coteo para las rutas urbanas de Penipe.



Elaborado por: Paguay,2024.

➤ **Punto de conteo de las rutas Penipe Urbano**

✓ **Ruta Penipe – Guzo de Penipe**

Punto 1: En la gasolinera Masgas por la Av. E490

Punto 2: En el paradero Restauran Carmencita por la Av. E490

Punto 3: En el ingreso al sector de Guzo de Penipe

✓ **Ruta Penipe - Nabuzo**

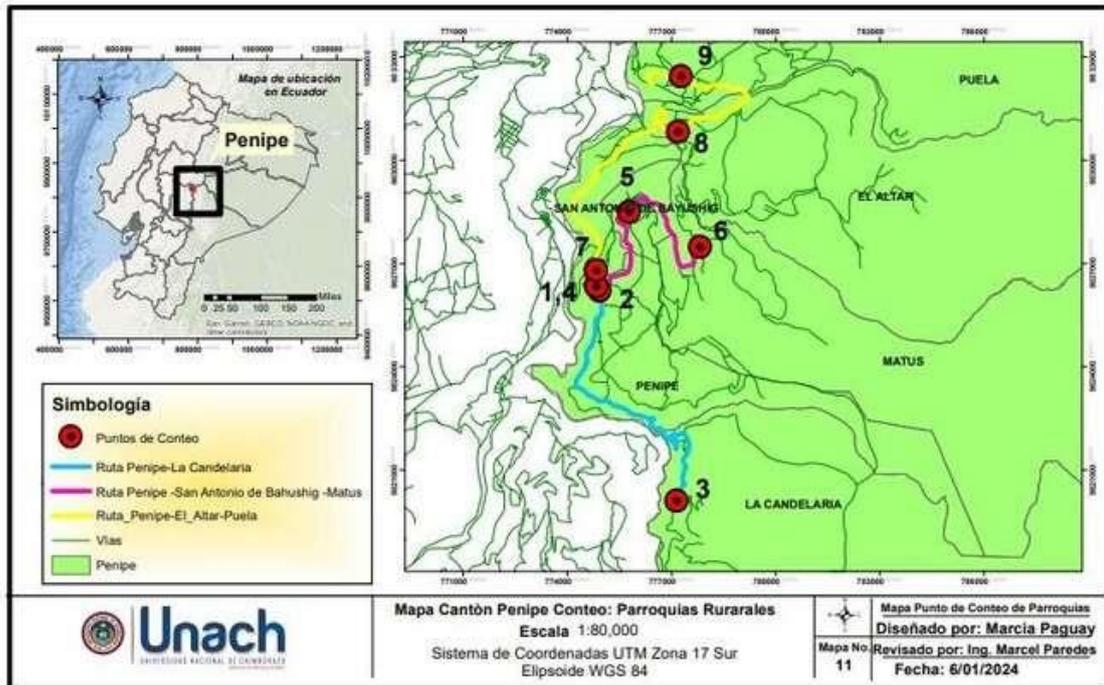
Punto 1: En el GAD Municipal de Penipe

Punto 2: En la unidad educativa del Milenio Penipe por la Av. Valdez

Punto 3: En el sector de Nabuzo por la vía Penipe – La Candelaria en el puesto de Salud de Nabuzo.

Figura 12.

Puntos de conteo para las rutas rurales del cantón Penipe.



Elaborado por: Paguay,2024.

➤ **Punto de conteo de las rutas de Penipe rural**

✓ **Ruta Penipe – La Candelaria**

Punto 1: En el parque infantil y deportivo por la Av. Fidel Tapi

Punto 2: En la unidad educativa del Milenio Penipe por la Av. Valdez

Punto 3: En el sector de la candelaria en el Gad Parroquial de la Candelaria

✓ **Ruta Penipe - Matus**

Punto4: Parque infantil y deportivo por la Av. Fidel Tapia

Punto 5: En el sector de Bahuyig en el Mercado

Punto 6: En el sector de Matus en la Escuela de Educación Básica “Carlos Montufar”

✓ **Ruta Penipe - Puela**

Punto 7: Cuerpos de Bomberos Penipe en la calle Juan Guevara

Punto 8: En el sector de la parroquia El Altar en el puesto de Salud El Altar

Punto 9: En el sector de la Parroquia Puela en el GAD parroquial de Puela

4.2 Conteo Vehicular

El conteo vehicular se realizó durante 3 meses y para cada punto seleccionado se efectuó un conteo de 2 días en cada ruta seleccionada con un horario de 08:00 am a 13:00 pm de lunes a viernes sin tomar en cuenta los días feriados. Con respecto a los horarios de 0:00

am a 07:00 am y las 14:00 hasta las 23:00 con estos valores de los datos no recopilados se utilizó una estimación de los factores de interpolación o aforo vehicular.

4.2.1 Conteo de vehículos de las rutas de primer orden

En la tabla 5, se muestra los datos recopilados del conteo diario de vehículos de cada una de las rutas de primer orden con sus respectivas categorías de las flotas vehiculares. Con ello se obtuvo los valores promedios entre los dos conteos en cada punto seleccionado de las rutas.

Tabla 5.

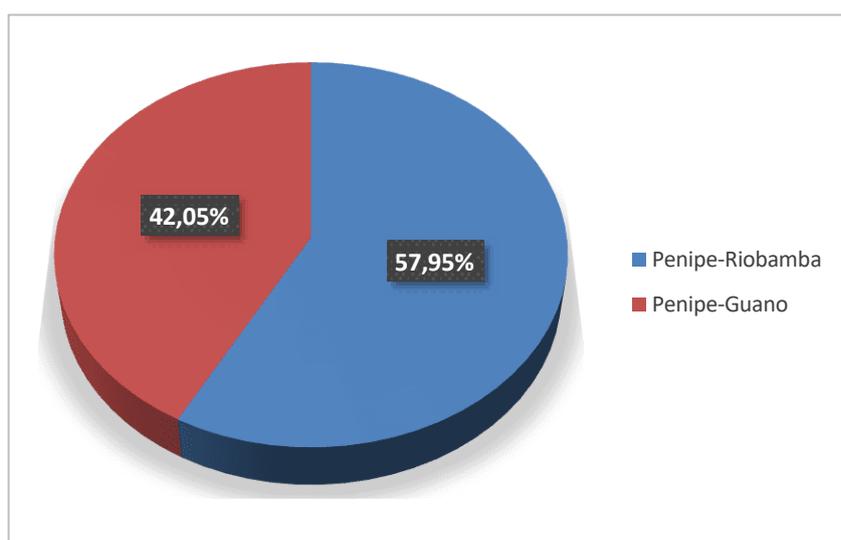
Promedio del conteo vehicular de las rutas de Primer Orden.

RUTAS DE PRIMER ORDEN			
Categoría	Penipe-Riobamba	Penipe-Guano	Total
Buses	506	170	676
Camiones	457	33	791
Camionetas	1899	1493	3392
Jeep/SUV	1071	448	1519
Sedan	1392	1430	2822
Taxis	346	115	461
Motocicletas	211	277	488
Total	5881	4267	10148

Elaborado por: Paguay, 2024.

Figura 13.

Conteo de rutas de primer orden Penipe - Cantones.

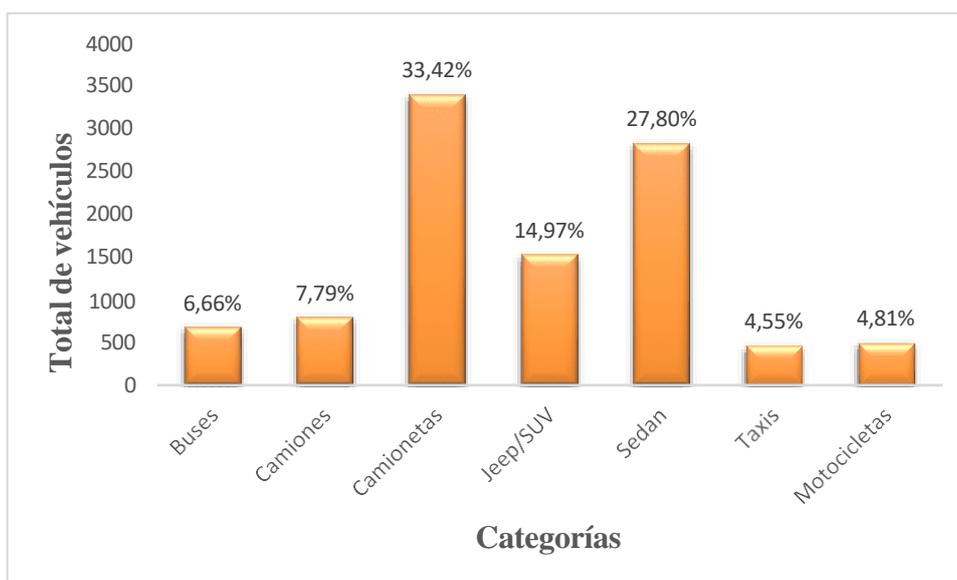


Elaborado por: Paguay, 2024.

En la Figura 13, se puede apreciar el porcentaje más alto de vehículos de la ruta que conecta de Penipe a Riobamba se registró un porcentaje de 57,95%. Esto indica que la ruta es la más transitada que se utiliza para ingresar y salir del cantón Penipe tanto del sector agrícola y lugares turísticos etc. Además, la presencia de establecimientos como el centro de Salud tipo B, La UPC de Penipe, Escuela y Colegio Milenio de Penipe.

Figura 14.

Conteo de la Flota Vehicular de las Rutas de Primer Orden Penipe-Cantones.



Elaborado por: Paguay,2024.

En la Figura 14, se presenta el conteo de la flota vehicular de las rutas de primer orden donde se muestra que existe una mayor cantidad de vehículos transitados en la categoría “Camionetas” se registró un porcentaje total de 33,42% con respecto a las demás categorías. Además, los taxis representan la categoría con menor porcentaje de 4,55% debido a que no cuentan con cooperativas de taxis dentro del cantón.

4.2.2 Conteo de vehículos de las rutas secundarias

🚦 Rutas Secundarias urbanas

En la Tabla 6, se muestra los datos recopilados del conteo diario de vehículos en cada una de las rutas de segundo orden urbanas del cantón Penipe, con sus respectivas categorías de las flotas vehiculares. Como se presenta en la tabla son los valores promedios obtenidos de los 2 conteos realizados en cada ruta.

Tabla 6.

Conteo vehicular en las rutas de segundo orden – Penipe Urbano

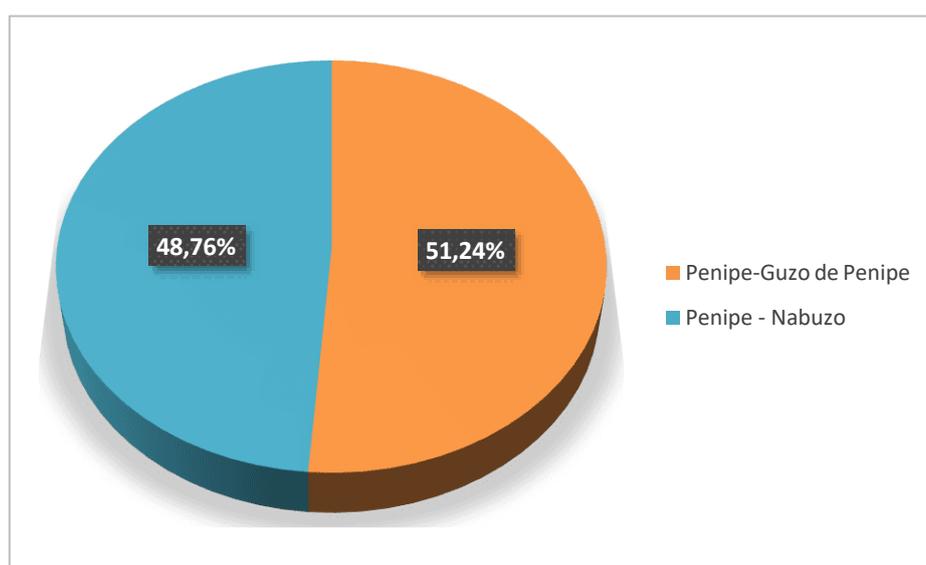
RUTAS DE SEGUNDO ORDEN URBANAS

Categoría	Penipe-Guzo de Penipe	Penipe-Nabuzo	Total
Buses	253	170	423
Camiones	353	153	506
Camionetas	1988	1988	3975
Jeep/SUV	1088	1088	2176
Sedan	1573	1573	3146
Taxis	367	367	734
Motocicletas	222	222	443
Total	5843	5560	11403

Elaborado por: Paguay,2024.

Figura 15.

Conteo de las rutas de segundo orden Urbanas de Penipe

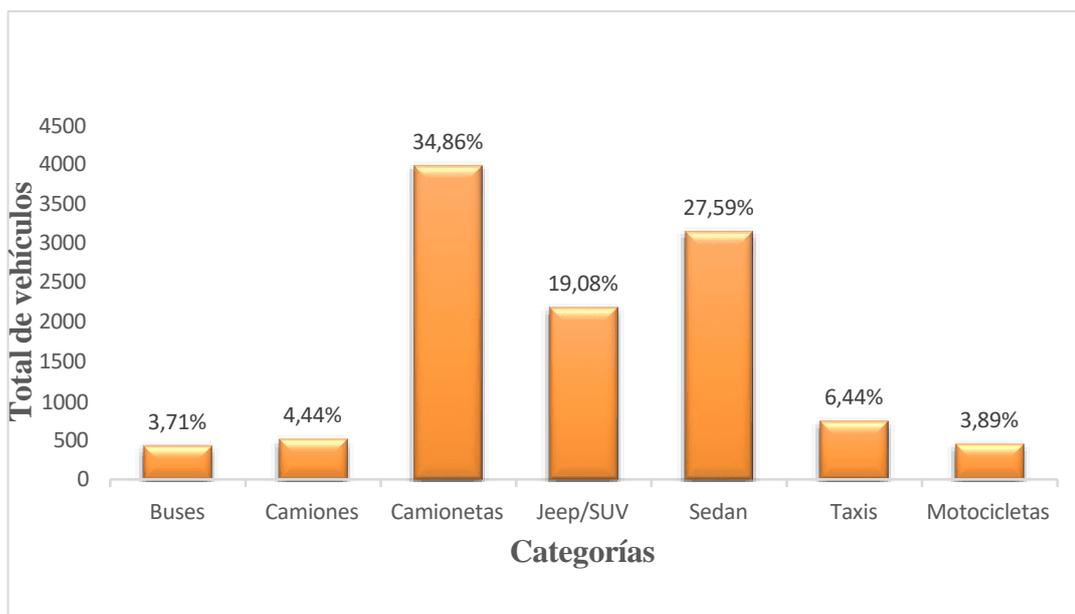


Elaborado por: Paguay,2024.

En la Figura15, se puede apreciar el porcentaje más alto de vehículos de la ruta de segundo orden urbana donde se observa que la ruta que conecta de Penipe a Guzo de Penipe se registró un porcentaje total de 51,24%. Esto indica que la ruta es la más transitada a diferencia de la ruta Penipe a Nabuzo. Además, existe la presencia de una gasolinera Masgas, Restaurantes y una Escuela de Capacitación de Sindicato de Choferes de Penipe.

Figura 16.

Conteo de la Flota Vehicular de las Rutas de Segundo Orden Urbanas Penipe.



Elaborado por: Paguay, 2024.

En la Figura 16, se presenta el conteo de la flota vehicular de las rutas de segundo orden urbanas de Penipe donde se muestra que existe una mayor cantidad de vehículos transitados en la categoría “Camionetas” se registró un porcentaje total de 34,86% y mientras que en la categoría “Sedan” tiene un porcentaje de 27,59% con respecto a las demás categorías. Además, los Buses representan la categoría con menor porcentaje de 3,71% debido a que no cuentan con un horario muy preciso por la vía.

✚ Rutas Secundarias Rurales

En la tabla 7, se muestra los datos obtenidos del conteo diario de vehículos de las rutas de segundo orden rurales del cantón Penipe y con sus respectivas categorías de la flota vehicular. Como se indica en la tabla son los datos de los valores promedios obtenidos durante los 2 conteos realizados en cada ruta.

Tabla 7.

Conteo vehicular en las rutas de segundo orden – Penipe Rurales.

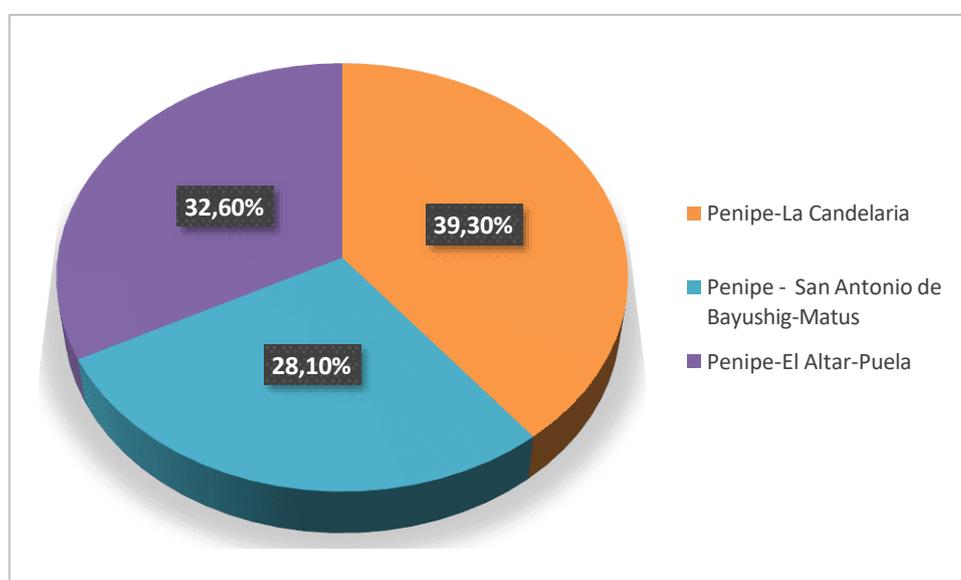
RUTAS DE SEGUNDO ORDEN RURALES				
Categoría	Penipe-La Candelaria	Penipe-San Antonio de Bayushig-Matus		Total
		Penipe-La Candelaria	Penipe-El Altar-Puela	
Buses	168	159	99	426
Camiones	162	131	170	463

Camionetas	668	534	690	1891
Jeep/SUV	394	313	308	1015
Sedan	679	309	517	1505
Taxis	117	57	44	218
Motocicletas	285	266	222	773
Total	2472	1768	2051	6291

Elaborado por: Paguay,2024.

Figura 17.

Conteo de las rutas de segundo orden Rurales de Penipe.

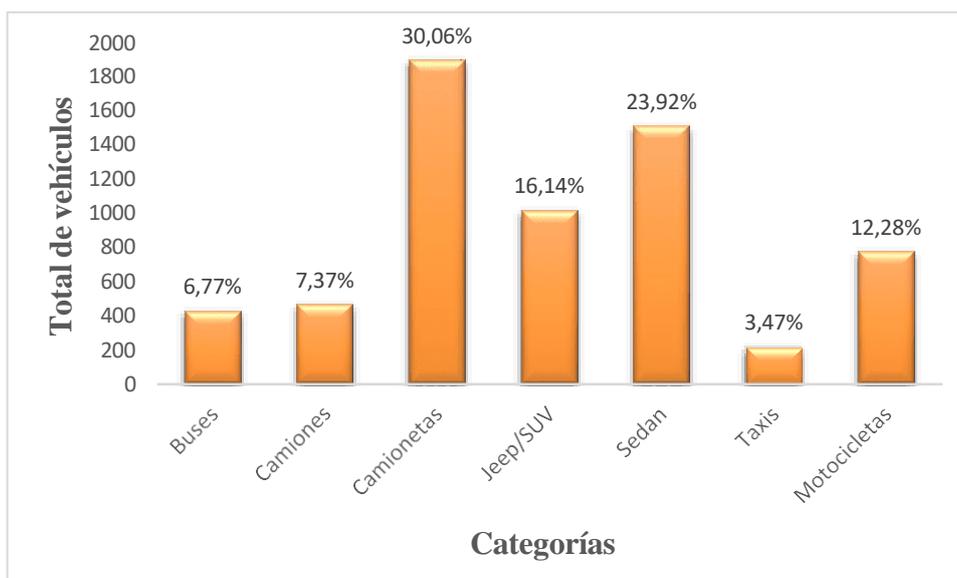


Elaborado por: Paguay,2024.

En la Figura 17, se puede apreciar el porcentaje más alto de vehículos de la ruta de segundo orden rurales de cantón Penipe que conecta de Penipe-La Candelaria tiene un porcentaje total de 39,30% debido a que esta ruta es el ingreso y salida de productos agrícolas y lugares turísticos de visitar, seguido esta la ruta Penipe- El Altar y Puela con un porcentaje total de 32,60% con respecto a las demás categorías. Además, existe la presencia de un centro de salud en El Altar y el GAD municipal El Altar.

Figura 18.

Conteo de la Flota Vehicular de las Rutas de Segundo Orden Rurales Penipe.



Elaborado por: Paguay,2024.

En la Figura 17, se observa el conteo de la flota vehicular de las rutas de segundo orden rurales cantón Penipe donde se indica que existe una mayor cantidad de vehículos transitados en la categoría “Camionetas” se registró un porcentaje total de 30,06% y mientras que en la categoría “Sedan” tiene un porcentaje de 23,92% a diferencia de las demás categorías. Además, los Taxis representan la categoría con menor porcentaje de 3,41% debido a que no cuentan con cooperativas de taxis dentro del cantón.

4.3 Establecer la incidencia de las variables distancia y tiempo con respecto a las características de los vehículos, que generan emisiones durante su recorrido por las vías del cantón Penipe.

El modelo IVE utiliza dos factores principales los cuales son: Flota Vehicular y localidad. Con respecto a la variable distancia y tiempo es uno de los parámetros de la localidad para realizar el cálculo de las emisiones.

4.3.1 Flota Vehicular

La flota vehicular es un grupo o conjunto de vehículos con distintos tamaños, formas donde se ingresan la tecnología de toda la flota vehicular, además el modelo IVE requiere de este parámetro para realizar el cálculo de emisiones que requiere de una clasificación específica. Para ello también se debe tomar encuesta.

Tabla 8.

Categorización de la flota vehicular

Categoría	Abreviatura
------------------	--------------------

Bus	Bus
Camión	Tk
Camioneta	Cmt
Jeep/SUV	Jp
Sedan	Sd
Taxi	Tx
Motocicleta	Mt

Elaborado por: Paguay,2024.

4.3.2 Localidad

Para estimar las emisiones de un área de estudio es necesario recolectar información referente de las condiciones ambientales, el porcentaje de uso de aire acondicionado, la distancia diaria recorrido, el número de partidas, el tiempo Soak y la velocidad promedio de partidas específicas del área. Una vez obtenido esta información se procede a ingresar los datos de entrada al modelo IVE llamada Localidad.

- **Características de la Localidad**

- **Condiciones climáticas**

En la tabla 9, se presentan las condiciones climáticas del cantón Penipe para su respectivo análisis en el Modelo IVE.

Tabla 9.

Condiciones Climáticas cantón Penipe.

PARÀMETROS	VALOR	UNIDAD
Temperatura promedio	14	°C
Humedad	80	%
Altitud	2488	m.s.n.m

Elaborado por: Paguay,2024.

- **Uso del aire acondicionado**

Para determinar el uso del aire acondicionado y en qué porcentaje usan, se realizó 10 encuestas de cada una de las categorías vehiculares para así obtener unos datos precisos del porcentaje del uso, como se indica en la tabla 10.

Tabla 10.

Porcentaje del tiempo del uso del aire acondicionado.

CATEGORÍAS	USO DEL AIRE
	ACONDICIONADO (%)
Buses	2
Camiones	2
Camionetas	3
Jeep/SUV	10
Sedan	10
Taxis	2
Motocicletas	0

Elaborado por: Paguay,2024.

El uso del aire acondicionado en un vehículo consume potencia del motor, lo que incrementa tanto el consumo de combustible como las emisiones del escape. Cuando existe una baja velocidad en tráfico congestionado el impacto es mayor que a la velocidad. También el clima y el nivel socioeconómico de la población influye el uso del aire acondicionado. Este parámetro es necesario para el factor de la localidad.

➤ **Bin Soak**

En la tabla 11, se presenta el porcentaje del tiempo Soak con sus respectivas categorías vehiculares donde se indica que para los Buses y Camiones se determinó que el porcentaje es del 23% durante 15 minutos, debido a la frecuencia de paradas programadas entre recorridos, donde el motor permanece apagado mientras el vehículo esta estacionado, el 27 % durante 2 horas corresponde específicamente a los descansos programados para la hora del almuerzo. Con respecto a los “Camionetas, Camiones, Jeep/SUV, Sedan, Taxis, Motocicletas” tienen un elevado porcentaje de tiempo de SOAK de 45% durante 15 minutos se refiera a que tienen unas breves pausas que realizan entre sus viajes o tareas.

Tabla 11.

Porcentaje del tiempo Soak.

TIEMPO SOAK	CATEGORIAS						
	Buses	Camiones	Camionetas	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas

15 min	23	23	45	45	45	45	45
30 min	-	-	-	-	-	-	-
1 hora	-	-	-	-	-	-	-
2 horas	27	27	27,2	27,2	27,2	27,2	27,2
3 horas	-	-	-	-	-	-	-
4 horas	-	-	-	-	-	-	-
6 horas	45	45	22,3	22,3	22,3	22,3	22,3
8 horas	-	-	-	-	-	-	-
12 horas	5	5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
18 horas	-	-	-	-	-	-	-
	100%						

Elaborado por: Paguay,2024.

Los distintos tipos de partidas influyen en las emisiones por el tubo de escape, siendo el factor más predominante es el Periodo de tiempo de SOAK antes de que se produzca la partida.

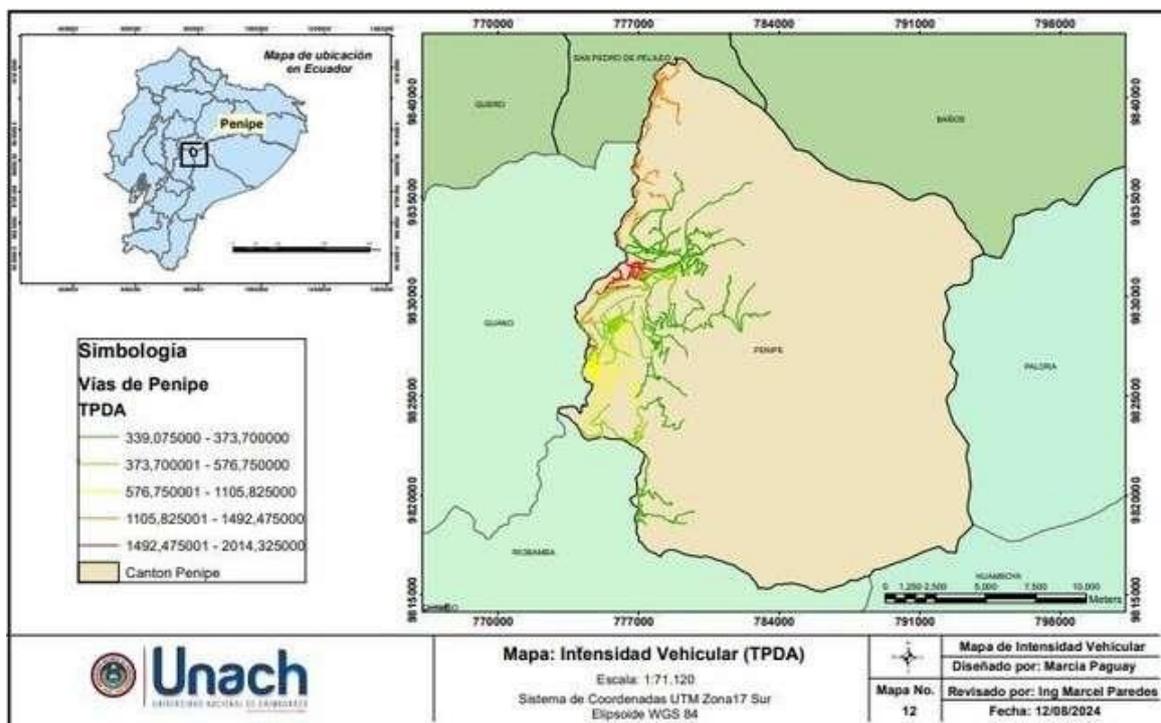
El Tiempo “SOAK” se refiere al periodo durante el cual un motor que ha estado en funcionamiento se mantiene apagado antes de ser reiniciado. Cuando un vehículo es encendido después de un periodo prolongado de inactividad esto puede resultar en un aumento en el volumen de emisiones. En el modelo IVE una “Partida en Frio” ocurre cuando el motor, tras haber estado detenido durante 18 horas o más, se encuentra completamente frio. Este tipo de arranque generalmente genera el mayor volumen de emisiones, ya que el motor necesita alcanzar su temperatura de funcionamiento y el catalizador, si está presente, tarda más en llegar a la temperatura optima. En contraste, una “Partida en caliente” se refiere a cuando el motor, aun caliente, se apaga por 5 minutos o menos antes de ser reiniciado.

4.4 Intensidad Vehicular

La Figura 19 muestra la intensidad vehicular del cantón Penipe, basada en la cantidad promedio de vehículos que transitan diariamente por las vías de primer y segundo orden.

Figura 19.

Mapa de Intensidad Vehicular



Elaborado por: Paguay,2024.

Se puede observar claramente que en las zonas que existe mayor intensidad vehicular son la ruta principal que conecta de Penipe a Guano, donde el flujo de vehículos es más elevado debido a la convergencia de tránsito local y turístico, especialmente en horas pico, donde mostraron valores elevados de flujo vehicular oscilando entre los 1492 y 2014 vehículos por día. En las rutas de segundo orden urbana manifiesta una afluencia moderada de vehículos desde la cabecera cantonal de Penipe que conecta con Nabuzo presentó una intensidad media de 576 a 1105 vehículos. Con respecto a las demás vías que se dirigen hacia las parroquias rurales presentan una baja intensidad, siendo menores de 339 a 375 vehículos al día, debido a la menor densidad poblacional, la escasez de actividades comerciales y turísticas reduce la frecuencia de tránsito en comparación con las áreas urbanas o más desarrolladas.

4.5 Cálculos de emisiones evaporativas vehiculares

4.5.1 Emisiones de las rutas principales

Tabla 12.

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

Emisiones de Contaminantes(ton/año)								
Categorías	CO	COV	COV evap	NOx	SOx	PM	CO ₂	CH ₄

Buses	10,40	2,09	0	17,46	0,16	9,57	1589,19	0
Camiones	8,82	1,60	0	30,47	0,17	18,09	1695,78	0
Camionetas	391,31	46,02	4,95	31,98	0,34	6,26	2972,35	8,40
Jeep/SUV	234,35	26,25	2,75	16,67	0,85	2,57	1482,50	4,99
Sedan	877,68	67,36	9,05	31,43	0,25	0,17	2222,44	13,47
Taxis	97,79	9,94	1,00	4,30	0,04	0,02	321,85	1,99
Motocicletas	20,58	7,86	0,75	0,11	0,01	0,19	69,09	1,59
TOTAL	1640,92	161,12	18,49	132,42	1,83	36,86	10353,20	30,45

Elaborado por: Paguay,2024

4.5.2 Emisiones de las rutas secundarias

Rutas secundarias urbanas

Tabla 13.

Emisiones generadas por cada categoría vehicular en las rutas de segundo orden cantón Penipe Urbano (Ton/año).

Categorías	Emisiones de Contaminantes(ton/año)							
	CO	COV	COV evap	NOx	SOx	PM	CO ₂	CH ₄
Buses	4,32	0,78	0	7,21	0,07	3,33	695,20	0
Camiones	2,67	0,60	0	9,19	0,05	6,35	473,34	0
Camionetas	329,85	37,18	4,99	24,51	0,23	5,96	1923,13	6,64
Jeep/SUV	182,72	20,78	2,70	11,53	0,11	2,30	919,08	3,85
Sedan	698,21	47,00	6,38	29,48	0,24	0,14	1825,92	9,40
Taxis	80,45	8,49	1,07	3,14	0,03	0,02	225,87	1,70
Motocicletas	14,17	5,11	0,57	0,09	0	0,12	33,88	1,02

TOTAL	1312,40	119,94	15,71	85,15	0,73	18,22	6096,42	22,60
--------------	----------------	---------------	--------------	--------------	-------------	--------------	----------------	--------------

Elaborado por: Paguay,2024.

En lo que respecta a las rutas de segundo orden, específicamente en las parroquias urbanas del cantón Penipe, se generaron un total de 1312,40 ton/año de CO. Dentro de esta categoría los “Sedan” fueron los mayores emisores con 698,21 ton/año seguida por la categoría “Camionetas” con un valor de 329,85, mientras que los “Camiones” contribuyeron con la menor cantidad emitiendo 2,67 ton/año de CO. Para el caso de VOC de igual manera el aportador con mayor valor fue “Sedan” con 47,00 ton/año seguido por la categoría “Camionetas” y “Jeep/SUV” con datos de 392,85 ton/año y 182,72 ton/año y su menor aportador de emisiones fueron los “Camiones” con 0,60 ton/año. Para los Compuestos orgánicos Volátiles Evaporables alcanzaron un total de 15,71 ton/año, cuyo mayor aportador de emisiones fue la categoría “Sedan” con 6,38 ton/año, mientras que la categoría de los “Buses y Camiones” genera una menor emisión de 0 ton/año. Por otra parte, los NO_x se estimó en 85,15 ton/año destacándose la categoría “Sedan” la cual aportó con 24,51 ton/año. Los SO_x fueron los contaminantes menos generados en el cantón, alcanzando un total de 0,73 ton/año.

El PM total registrado fue de 18,22 ton/año los cuales las categorías relevantes fueron “Camiones y Camionetas” con datos de 6,35 ton/año y 5,96 ton/año, para las demás categorías no presentan un número mayor de emisiones. El contaminante CO₂ de calentamiento global tuvo su más alto dato de emisión con 1923,13 ton/año generado por la categoría “Camionetas”, siguiéndolo “Sedan” con 1825,92 ton/año, las emisiones de la categoría de las “Motocicletas” fueron las menos relevantes para este contaminante. En el caso de CH₄ la categoría “Sedan” fue mayor aportador de emisiones con un valor de 9,40 ton/año, para las demás categorías no registran un número mayor de emisiones.

Rutas secundarias rurales

Tabla 14.

Emisiones generadas por cada categoría vehicular en las rutas de segundo orden cantón Penipe Rurales.

Categorías	Emisiones de Contaminantes(ton/año)							
	CO	COV	COV evap	NO _x	SO _x	PM	CO ₂	CH ₄

Buses	9,38	1,66	0	15,50	0,15	6,86	1530,88	0
Camiones	5,48	1,23	0	18,68	0,10	11,02	997,90	0
Camionetas	371,19	39,64	4,36	31,60	0,30	5,89	2563,30	7,22
Jeep/SUV	158,32	18,16	2,10	10,48	0,11	1,85	889,00	3,39
Sedan	639,18	46,08	5,26	29,59	0,23	0,11	1768,21	9,39
Taxis	48,52	5,12	0,52	1,88	0,02	0,01	151,52	1,02
Motocicletas	48,48	17,94	1,33	0,22	0,03	0,46	199,47	3,58
TOTAL	1280,54	129,83	13,57	107,95	0,94	26,20	8100,29	24,61

Elaborado por: Paguay,2024.

Con respecto a las rutas de segundo orden cantón Penipe Rurales, las emisiones de CO alcanzaron un total de 1280,54 ton/año. Las categorías con mayores emisiones fue la de “Sedan” con 639,18 ton/año, seguido está la de “Camionetas” que mostro un valor de 371,19 ton/año, mientras que los “Camiones” fueron los que menos aportaron con un valor de 5,48 ton/año. En el caso de los compuestos orgánicos volátiles, registraron un total de 129,83 ton/año, la categoría “Sedan” proporciona como el principal contaminante de emisiones, con un valor 46,08 ton/años y los “Camiones” emitieron una cantidad menor, alcanzando solo 1,23 ton/año. Por otro lado, los compuestos orgánicos volátiles evaporables alcanzaron un total de 13,57 ton/año. La emisión de NO_x se estimó en 107,95 ton/año, siendo la categoría “Camioneta” la mayor contribuyente con 31,60 ton/año. Además, los SO_x fueron los contaminantes menos generados en el cantón, con solo 0,94 ton/año.

El PM total registrado fue de 26,20 ton/año con la categoría “Camiones” como la más relevantes, con 11,02 ton/año. En cuanto a los contaminantes del calentamiento global con respecto al CO₂, la categoría “Camionetas” son los mayores generadores de este contaminante representa un total de 2563,30 ton/año. En el caso de CH₄ la categoría “Sedan” son los que mayor concentración aportaron con 9.30 ton/año con respecto a las demás categorías.

4.6 Inventario de emisiones contaminantes

En la tabla 15 muestra los valores de las emisiones se obtuvieron mediante el modelo IVE por cada recorrido del vehículo de prueba en diferentes rutas. Esto permite analizar la

degradación espacial y temporal. Se recopilieron datos de las rutas de primer y segundo orden de cantón.

Tabla 15.

Inventario de emisiones vehiculares del cantón Penipe (Ton/año).

Categoría	Inventario de Emisiones Contaminantes cantón Penipe (Ton/año).							
	CO	COV	COV evap	NO _x	SO _x	PM	CO ₂	CH ₄
Buses	24,11	4,53	0	40,17	0,38	19,75	3815,27	0
Camiones	16,97	3,43	0	58,34	0,32	35,46	3167,02	0
Camionetas	1092,35	122,84	14,30	88,09	0,86	18,11	7458,79	22,26
Jeep/SUV	575,39	65,19	7,54	38,68	1,07	6,72	3290,58	12,23
Sedan	2215,06	160,45	20,70	90,49	0,73	0,42	5816,57	32,26
Taxis	226,75	23,54	2,58	9,33	0,10	0,05	699,24	4,70
Motocicletas	83,23	30,91	2,65	0,42	0,04	0,77	302,43	6,19
Total	4233,87	410,89	47,77	325,52	3,50	81,29	24549,91	77,66
%	14,24	1,38	0,16	1,09	0,01	0,27	82,58	0,26

Elaborado por: Paguay,2024.

En el cantón Penipe, se identificó que el CO₂ representa la mayor concentración de emisiones contaminantes, con 24549,91 ton/año, lo que equivale al 82,58% del total. Le sigue el CO, con 4233,87 ton/año, representando el 14,24%. Estos dos contaminantes son los principales responsables de las emisiones en el cantón. Este resultado es consistente con los resultados de (Samaniego, 2021), quien realizó un estudio similar con el modelo IVE en el cantón Guano, donde se identificó que el CO₂ constituía el 95,3% de las emisiones totales y el CO el 3,5%. En menor cantidad los COV alcanzaron un conjunto total de 410,89 ton/año representado el 1,38%, seguido esta los NO_x con 325,52 ton/año que equivale al 1,09% y en cantidades muy reducidas alcanzaron los COVevap, SO_x, PM, CH₄ con porcentaje de 0,16%,0,01%,0,27% y 0,26%.

4.7 Determinar las emisiones vehiculares con relación a los protocolos establecidos en el software IVE para la determinación del nivel de emisiones

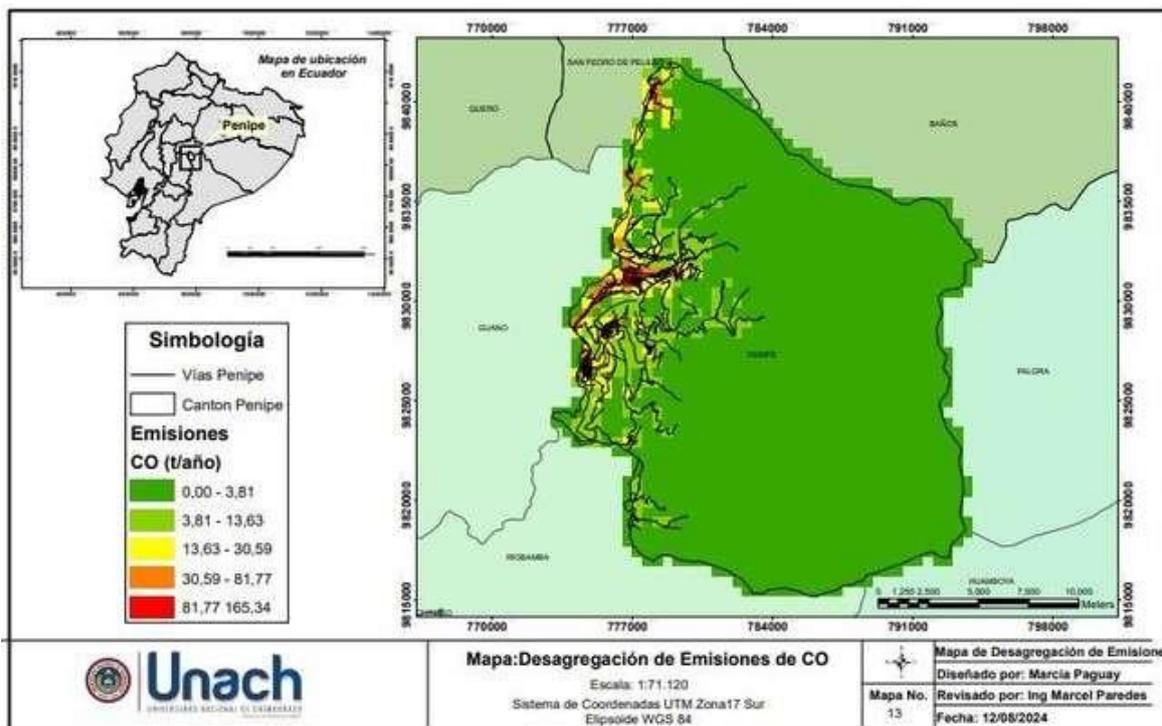
4.7.1 Desagregación espacial

En el análisis, se observó que las emisiones vehiculares disminuyen a medida que se dispersan desde la fuente de emisión. Durante este proceso, se interceptaron las rutas de primer y segundo orden del cantón Penipe con los datos de emisiones de cada contaminante.

Esto permitió identificar las zonas donde las concentraciones de emisiones son más elevadas, facilitando la determinación de las áreas donde presentan concentraciones más altas de emisiones.

Figura 20.

Desagregación espacial de CO en el cantón Penipe.



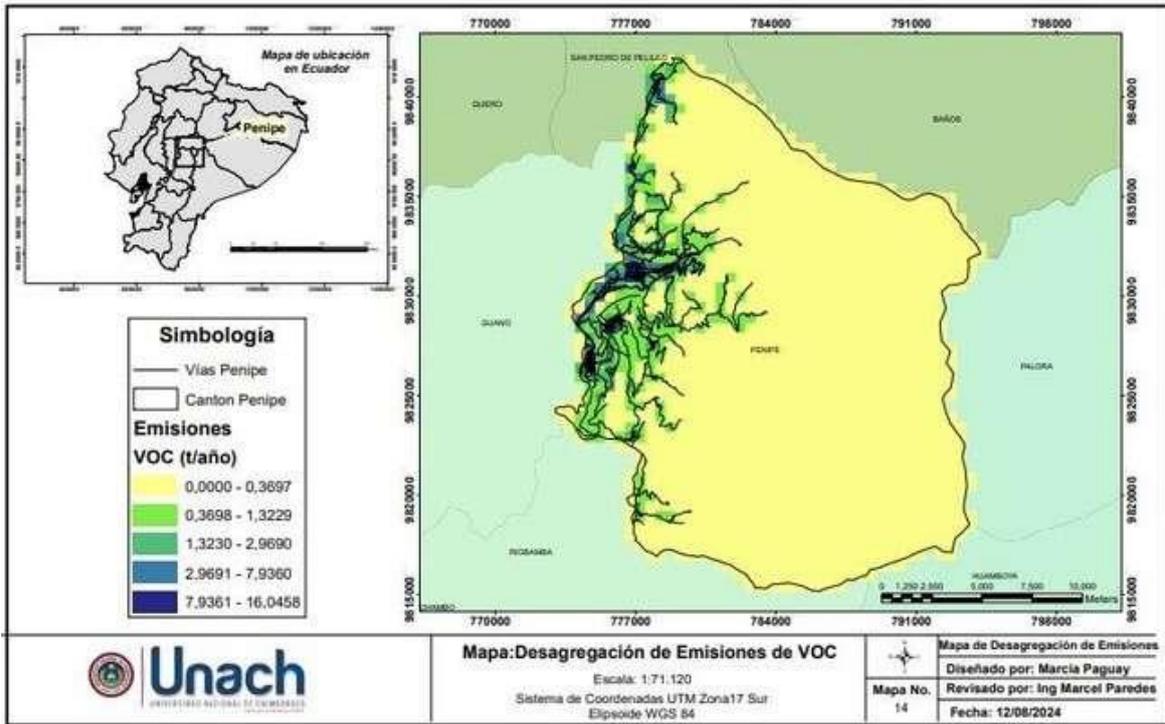
Elaborado por: Paguay, 2024.

La degradación espacial realizada en el cantón Penipe indicó que las áreas con mayor concentración de emisiones contaminantes corresponden a las zonas con mayor densidad poblacional, especialmente en la cabecera cantonal de Penipe e incluso en el centro de la parroquia rural El Altar, debido a su importancia como centros administrativos, comerciales y de servicio, además las rutas que conectan con otras provincias facilitan el tránsito de vehículos pesados y livianos. Por su parte, en las vías que conectan las parroquias de San Antonio de Bayushig, Matus, Puela, y la antigua vía Penipe- Baños y la zona urbana de Guzo, fueron sitios que mostraron moderados grados de emisión, debido a que tienen una densidad poblacional y un grado de urbanización relativamente poco pobladas. Para el caso de la parroquia rural La candelaria y la zona urbana de Nabuzo evidenciaron los niveles más bajos. La parroquia la Candelaria se encuentra al este del cantón está relativamente alejada de los principales centros de actividades comerciales y administrativas lo que contribuye a sus niveles bajos de emisiones gaseosas vehiculares. Al igual que la zona urbana de Nabuzo

es una zona menos comerciales y económicas lo que implica que hay menos transporte público. Este comportamiento se repite para cada uno de los contaminantes estudiados como se presenta en las figuras 21-27

Figura 21.

Desagregación espacial de COV en el cantón Penipe.

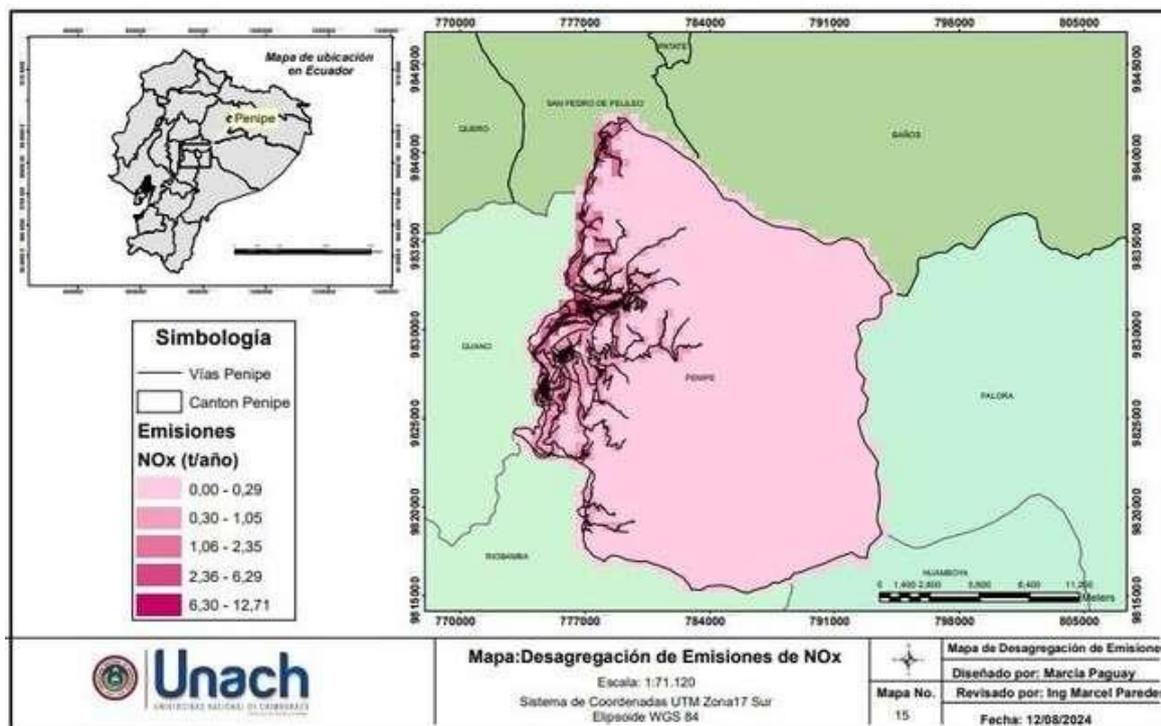


Elaborado por: Paguay, 2024.

En cuanto a los COV, las emisiones más altas se registraron en la cabecera cantonal de Penipe, la zona suroeste de la parroquia El Altar del cantón, con valores que oscilan entre 7,93 y 16,04 Ton/año en espacios de 1 km², siendo esto los valores más altos de contaminante en el territorio del cantón.

Figura 22.

Desagregación espacial de NOx en el cantón Penipe.

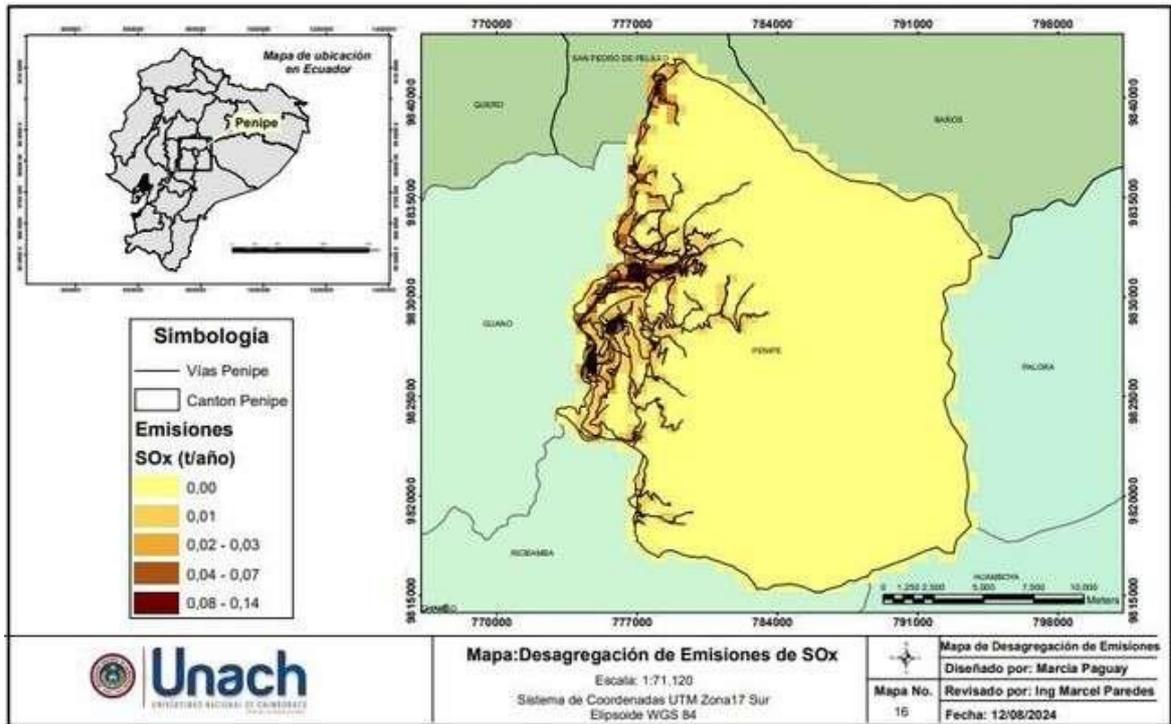


Elaborado por: Paguay, 2024.

Por parte de NOx, las emisiones en el centro de la cabecera cantonal de Penipe y la parroquia El Altar alcanzaron datos entre 6,30 y 12,71 ton/año en espacios de 1 km², Por su parte en parroquias rurales como Matus, Puela, y la vía que conecta a la parroquia rural de San Antonio de Bayushig y la zona urbana de Guzo de Penipe las emisiones estuvieron en rango de 1,06 y 2,35 ton/año. Las emisiones más bajas estuvieron en lugares que no tuvieron acceso de vías en buen estado o cerca de montañas o volcán Tungurahua. Con valores menores de 0,20 ton/año.

Figura 23.

Desagregación espacial de SOx en el cantón Penipe.

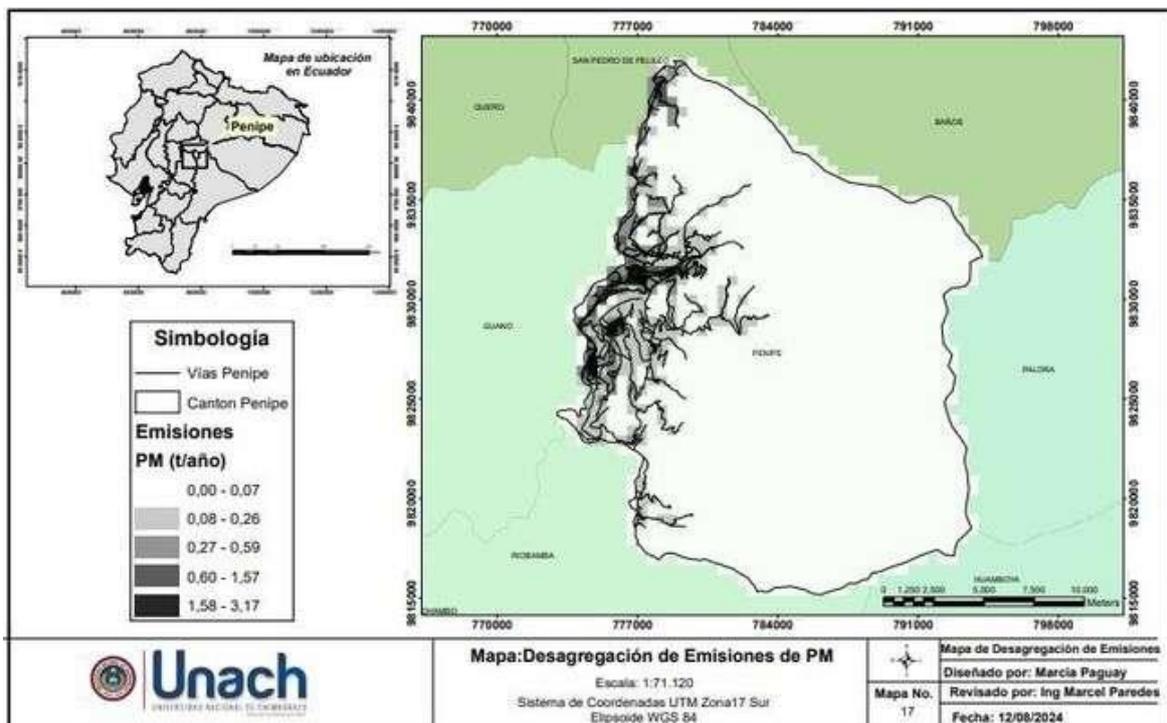


Elaborado por: Paguay, 2024.

En lo que respecta al SOx, se observa las emisiones en la zona centro de la cabecera cantonal de Penipe y la parroquia rural El Altar con un rango de 0,08 y 0,14 ton/año en espacio de 1km².

Figura 24.

Desagregación espacial de PM en el cantón Penipe.

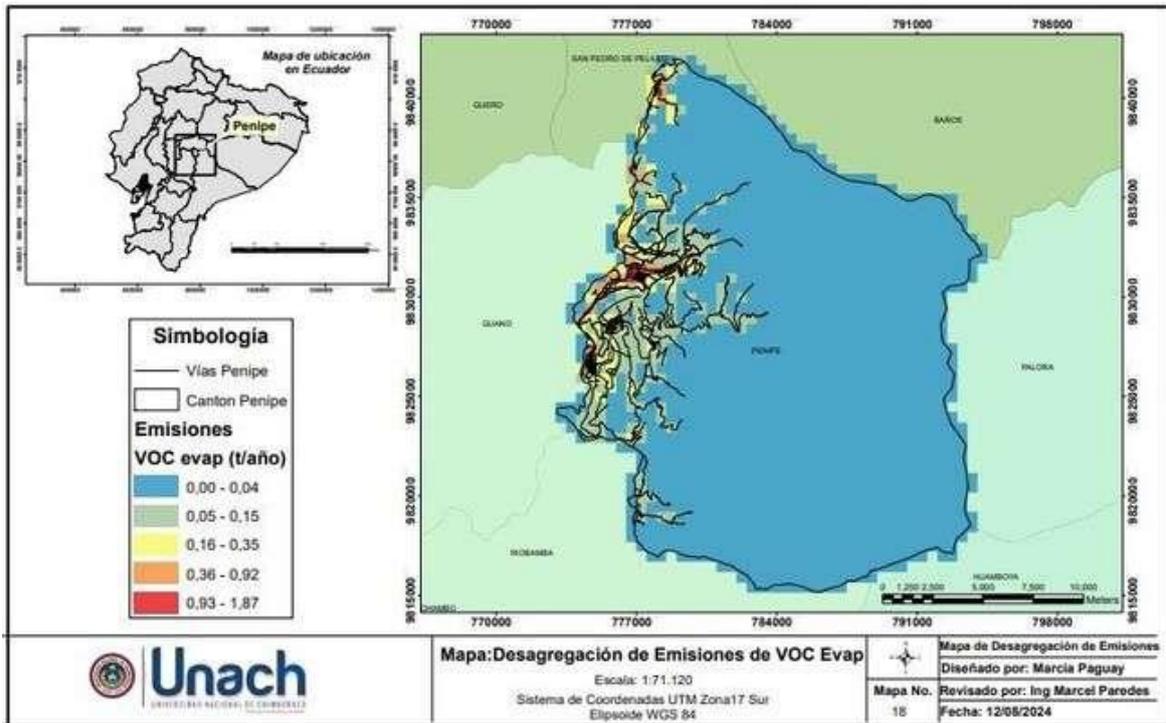


Elaborado por: Paguay,2024.

En cuanto al PM, se muestra que en el centro de la cabecera cantonal de Penipe, y en la parroquia rural El Altar equivale a 1,58 y 3,17 ton/año por cada 1 km².

Figura 25.

Desagregación espacial de COV evap en el cantón Penipe.

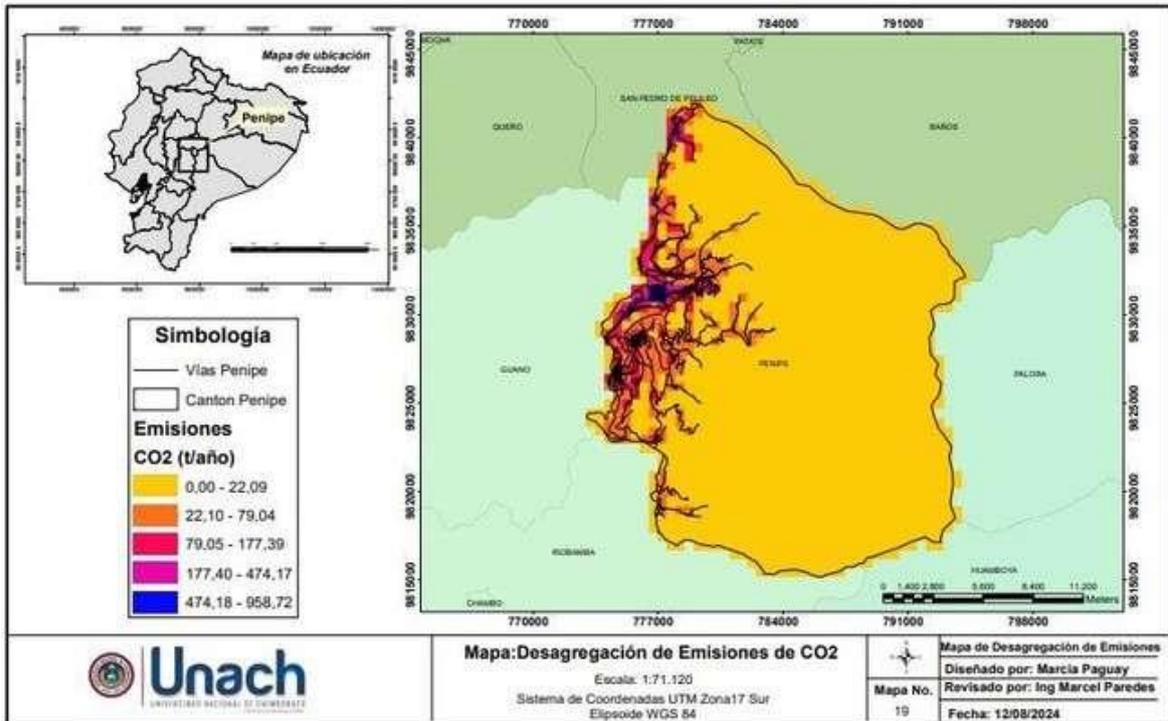


Elaborado por: Paguay,2024.

Con lo que respecta a los COV evap, se observa que en las zonas centros de la cabecera cantonal de Penipe y la parroquia rural El Altar valores entre 0,03 y 1,87 ton/año por km²

Figura 26.

Desagregación espacial de CO₂ en el cantón Penipe

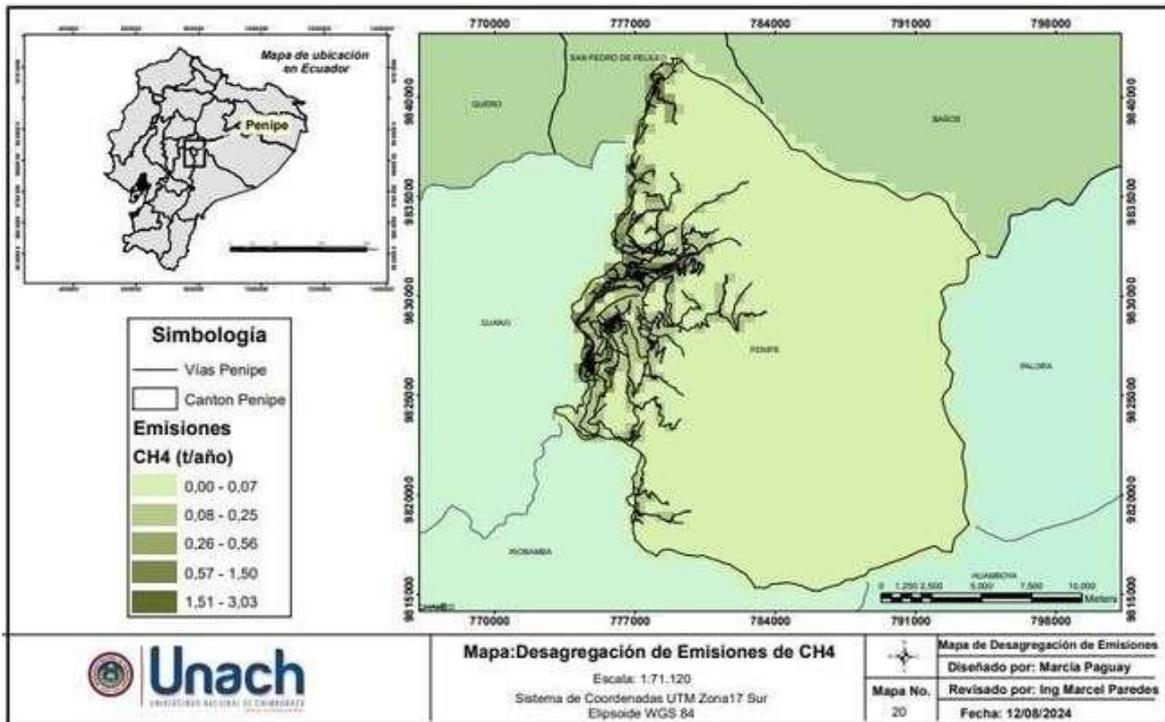


Elaborado por: Paguy,2024.

En cuanto al CO₂, las emisiones más altas se registraron en la cabecera cantonal de Penipe, la zona suroeste de la parroquia El Altar del cantón, con valores que oscilan entre 474 y 958 ton/año en espacios de 1 km², siendo esto los valores más altos de contaminante en el territorio del cantón.

Figura 27.

Desagregación espacial de CH₄ en el cantón Penipe.



Elaborado por: Paguay, 2024.

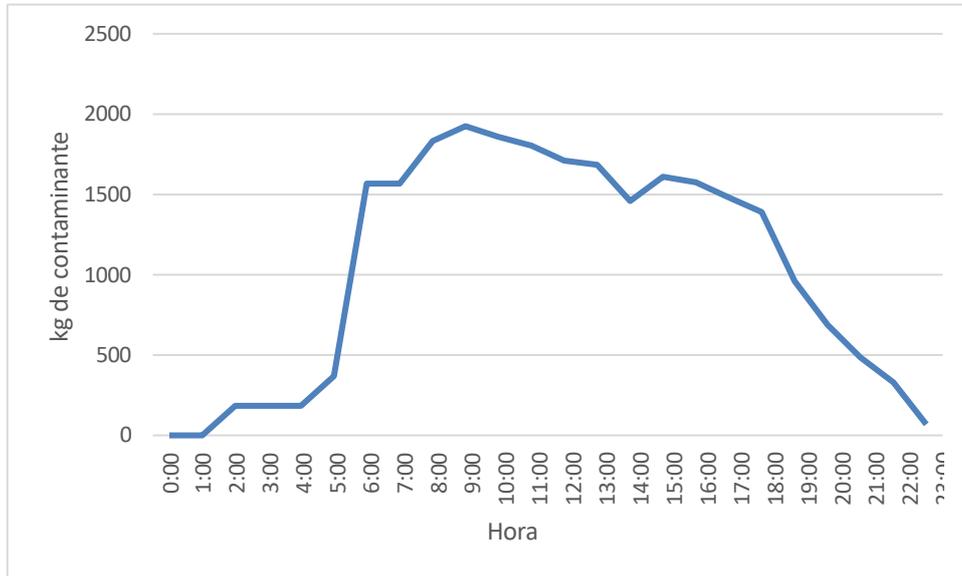
En el caso del CH₄, se indica que en las zonas centros de la cabecera cantonal de Penipe y la parroquia rural El Altar los valores máximos estuvieron alrededor de 1,51 y 3,03 ton/año por cada 1 km².

4.7.2 Desagregación temporal

Al aplicar la desagregación temporal, se identificó el comportamiento de los contaminantes a lo largo del día. Se identificó que durante la madrugada las emisiones de todos los contaminantes fueron bastante bajas hasta alrededor de las 5:00 h, momento en el que se produjo un crecimiento exponencial de emisiones hasta las 9:00h, lo cual se debe a la hora de mayor afluencia por el ingreso a las instituciones educativas y entidades administrativas municipales entre otros. Entre las 10:00 y 16:00 h, las emisiones fueron moderadas, con una disminución gradual. A partir de las 12:00 h hasta las 14:00h, las emisiones registraron una disminución del tráfico vehicular, debido a que una parte de las instituciones públicas se toman un descanso y la otra parte continúa transitando. Desde las 15:00 hasta las 18 :00 h, las emisiones se mantienen en niveles moderados, con una ligera tendencia a la baja. Durante este periodo, el tráfico vehicular sigue activo, debido a las actividades laborales y escolares que continúan hasta el final de la tarde. Finalmente, entre las 17:00 h y 23:00h se disminuyó de manera progresiva durante el transcurso de la noche, como se presenta en las Figuras 28-35.

Figura 28.

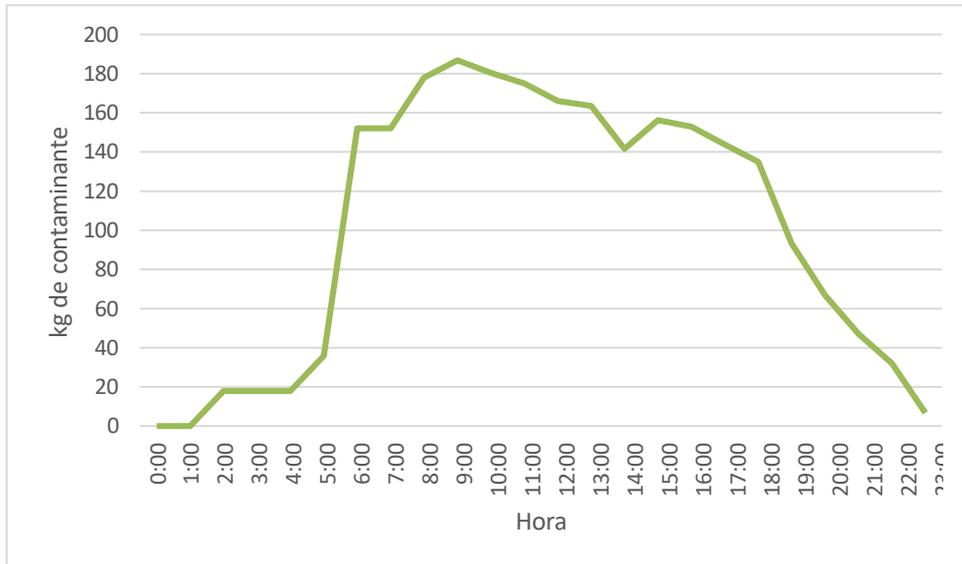
Desagregación temporal de CO en el cantón Penipe.



Elaborado por: Paguay,2024.

Figura 29.

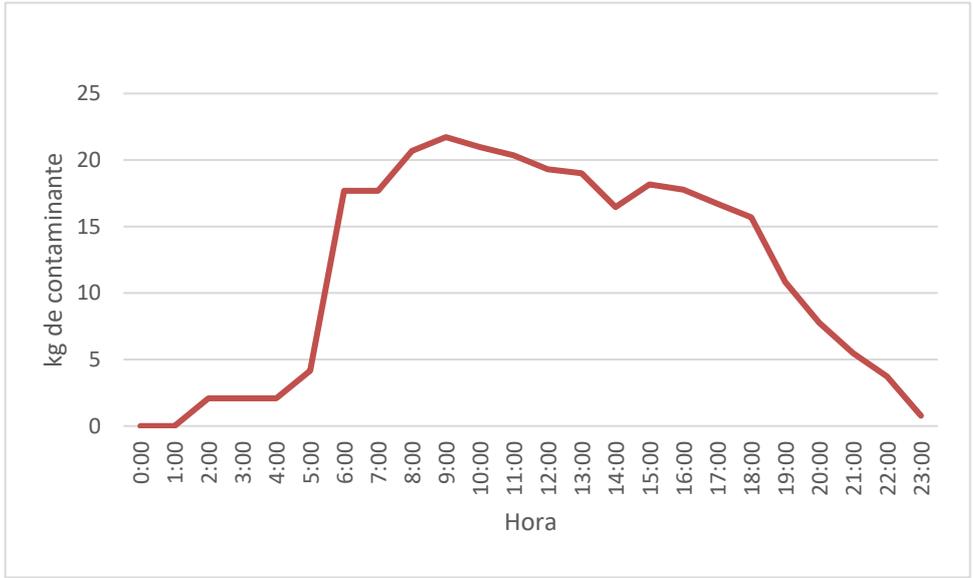
Desagregación temporal de VOC en el cantón Penipe.



Elaborado por: Paguay,2024.

Figura 30.

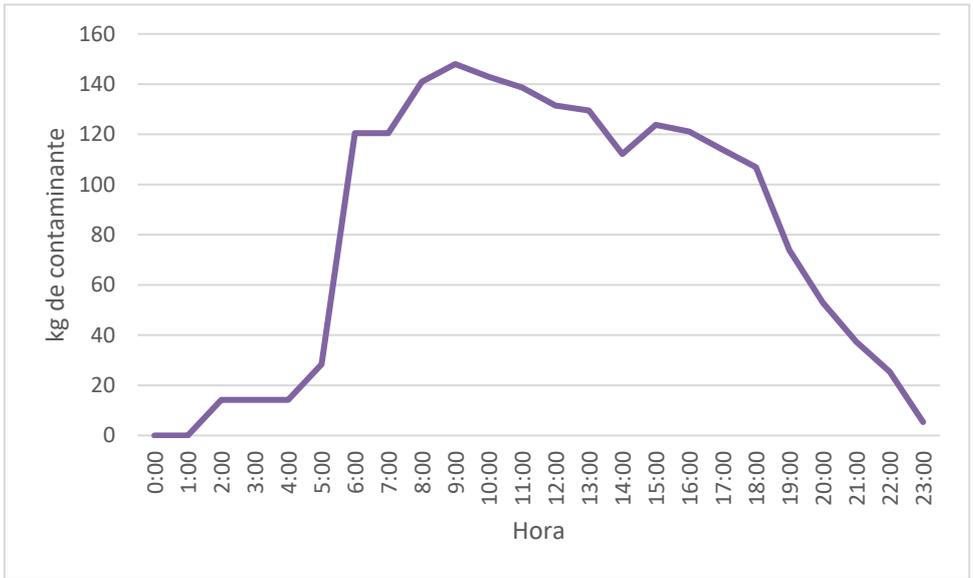
Desagregación temporal de VOC evap en el cantón Penipe.



Elaborado por: Paguay,2024.

Figura 31.

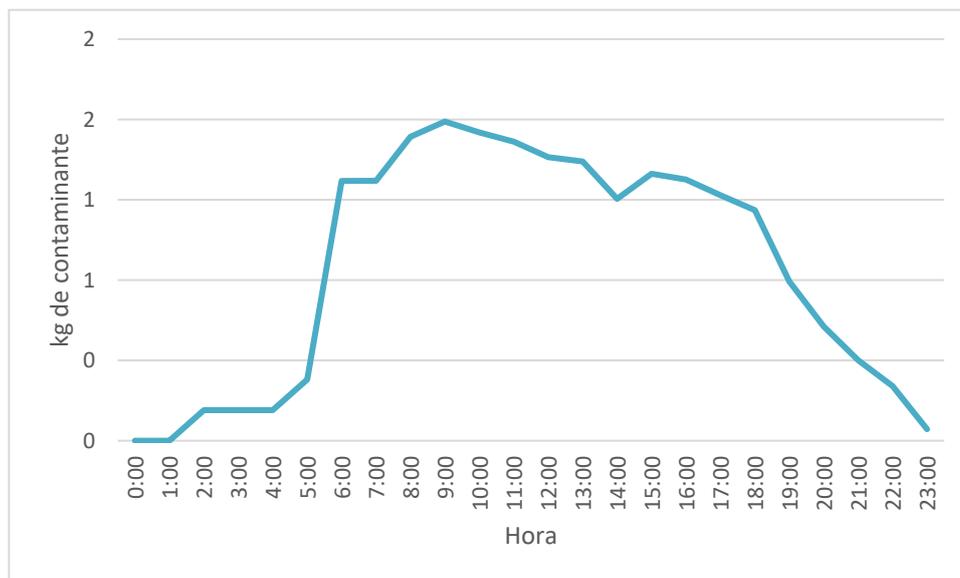
Desagregación temporal de NOx en el cantón Penipe.



Elaborado por: Paguay,2024.

Figura 32.

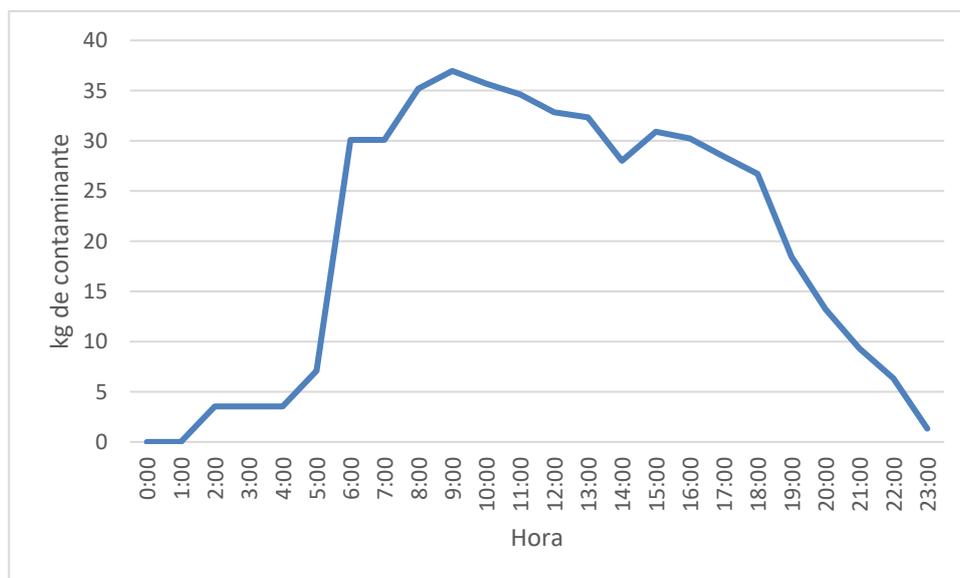
Desagregación temporal de SOx en el cantón Penipe.



Elaborado por: Paguay,2024.

Figura 33.

Desagregación temporal de PM en el cantón Penipe.



Elaborado por: Paguay,2024.

Figura 34.

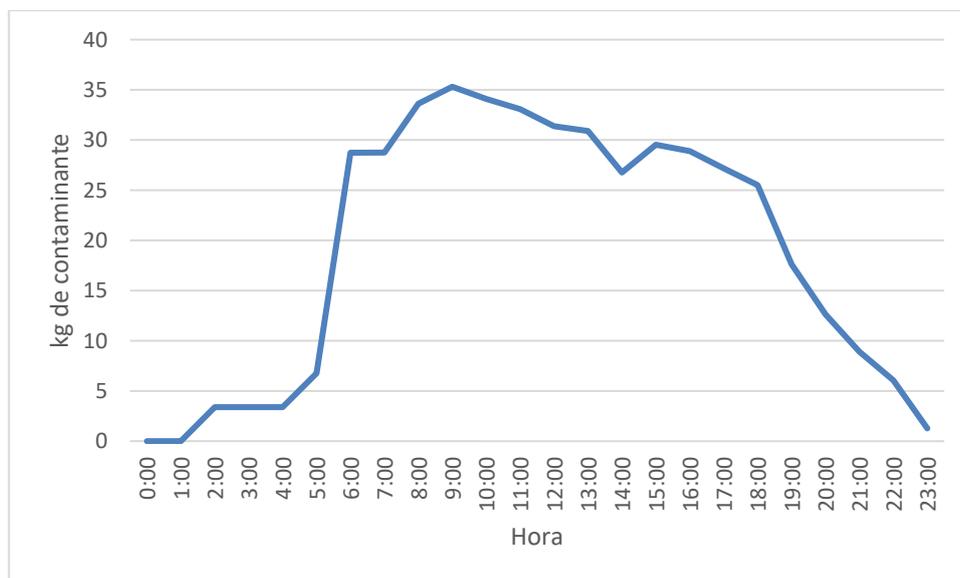
Desagregación temporal de CO₂ en el cantón Penipe.



Elaborado por: Paguay,2024.

Figura 35.

Desagregación temporal de CH₄ en el cantón Penipe.



Elaborado por: Paguay,2024.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

- Para la selección de las rutas, se realizó un levantamiento de información que permitió establecer las rutas de primer orden en el cantón Penipe, conectando con otros cantones. En cuanto a las rutas de segundo orden, se tomó en cuenta la zona urbana, considerando las áreas más transitadas de la cabecera cantonal de Penipe, así como también las zonas rurales más alejadas. En cada ruta seleccionada, se identificaron tres puntos representativos según el nivel socioeconómico: alto, mediano, bajo con el propósito de contabilizar y registrar los vehículos. Además, se observó que las rutas con mayor volumen de tráfico se encuentran en la cabecera cantonal de Penipe y en la parroquia rural El Altar. En contraste, las demás rutas, debido a su baja densidad poblacional, económica y comercial registraron una cantidad moderada de vehículos.
- Para la incidencia distancia/tiempo y sus partidas, junto con los factores de localidad y la flota vehicular fueron esenciales para el cálculo, ya que influye directamente en la producción de emisiones. Para ello se realizó una clasificación representativa de los vehículos tanto para el transporte de carga pesada que incluyen los buses, camiones y camionetas y el transporte de carga liviana como los Sedanes, Jeep/SUV, Motocicletas, Taxis, el cual se identificó que las categorías Camionetas y seguido esta la categoría Sedanes fueron los principales generadores de emisiones contaminantes. Por tanto, se estimó la concentración de los principales contaminantes atmosféricos a través del software IVE, encontrando que en la ciudad de Penipe se generaron 24539,91 ton/año de CO₂ de CO,4233,87 ton/año de COV,410,89 ton/año de NO_x ,325,52 ton/año de Material Particulado ,81,29 ton/año de CH₄,77,66 ton/año deCOVevap,47,77 ton/año de SO_x, 3,50 ton/año. Dando como resultado que el Contaminante del CO₂ es uno de los compuestos con mayor emisión que equivale al 82,58% de total de emisiones contaminantes. Además, la categoría “Camioneta” genero alrededor de 8817,60 ton/año con un porcentaje total de 29,66% de emisiones.
- Por último, Se elaboró la desagregación espacial y temporal de las emisiones atmosféricas en el cantón Penipe, obteniendo un mapa que mostro que el área con mayor generación de emisiones está en el centro del cantón Penipe y la parroquia el Altar, debido a que el cantón Penipe es el mayor flujo vehicular se concentra en la vía principal ya que se conecta con varios cantones cercanos lo que genera un tránsito constante de vehículos de transporte de mercaderías y personas que van hacia otros

cantones y en la parroquia el Altar por varios factores claves, al ser un lugar turístico y agrícola, atrae a un volumen considerable de visitantes y transportistas, lo que también contribuye a aumentar el flujo vehicular. Mientras que en las demás rutas presentaron un menor nivel de contaminantes debido al escaso tráfico que va hacia las parroquias. Además, la desagregación temporal permitió identificar los horarios de mayor emisión, destacando los picos entre 7:00 a 09:00 horas alcanzaron el pico máximo a las 8:00 horas y las 14:00 a 16:00 horas con un segundo pico destacado alrededor de las 15:00 horas de la tarde y alrededor de las 00:00 a 05:00 horas, cuando las emisiones son consistentemente bajas y entre las 19:00 y 00:00 horas, donde se observa una disminución progresiva tras los picos diurnos presentaron menores cantidades de emisiones.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que disponga más información actualizada de la calidad del aire en el PDOT del cantón Penipe y que se realice más estudios previos de tráfico o planes de movilidad, son un aporte esencial para poder identificar las características que rigen la circulación vehicular en la zona de estudio.
- Colocar cámaras en puntos estratégicos para verificar el flujo vehicular y registrar el tipo de vehículos. Esto facilite la recopilación de datos sobre la composición de la flota vehicular y su comportamiento en las vías.
- Finalmente se recomienda realizar un inventario de la flota vehicular en el cantón, considerando el tipo de vehículos, antigüedad y tecnología de motores. Esto permita identificar cuáles son los principales responsables de las emisiones.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, C. I. H. (2007). Determinación Experimental de Factores de Emisión en vehículos pesados de transporte Público. In *Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Departamento de Ingeniería Mecánica*.
- Amable Álvarez, I., Méndez Martínez, J., Bello Rodríguez, B. M., Benítez Fuentes, B., Escobar Blanco, L. M., & Zamora Monzón, R. (2017). Influencia de los contaminantes atmosféricos sobre la salud. *Revista Médica Electrónica*, 39(5), 1160–1170.
- Arcaya Pancca, P. C. (2016). Análisis del sistema de transporte público y la contaminación del aire de los vehículos livianos en la ciudad de Tacna – 2014. *Revista Veritas Et Scientia - Upt*, 5(1), 41–54. <https://doi.org/10.47796/ves.v5i1.213>
- Arias, S. M. A. (2022). *Impacto socioambiental generado por el acelerado crecimiento del parque automotor en la ciudad de Machala*.
- Chimbo, D. F. C., & Paucar, V. D. C. (2021). *Propuesta de reducción de gases contaminantes atmosféricos mediante la optimización de la red de transporte público de autobuses en la ciudad de Riobamba*.
- Clavijo, J. S. U. (2016). *Propuesta metodológica para la obtención del inventario de emisiones de fuentes móviles terrestre en la ciudad de Cuenca*. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7205/1/13152.pdf>
- Cocha, T. L. S. (2017). *Emisión de gases y su relación en la calidad del aire de la zona urbana de la Ciudad de Riobamba*. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25806/1/Tesis_t1270mshi.pdf
- Dávila, C. P. P. (2015). Desegregación espacio-temporal del inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos por fuentes fijas y móviles en Cundinamarca. In *Universidad Nacional de Colombia* (Vol. 151).
- Echharri, L. (2015). Población, ecología y ambiente - Tema 7 Contaminación de la atmósfera. *Universidad de Navarra*, 20.
- Ferrer, G. C. (2012). *Inventario de las emisiones de contaminantes atmosféricos por tráfico rodado en España. 2012(plan 94)*.
- García Molina, L. E. (2017). Estimación Indirecta de Emisiones Contaminantes de Fuentes Móviles en el casco urbano de la cabecera cantonal del Cantón Sevilla de Oro. In *Universidad del Azuay*. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/6928>
- González, J. D. (2018). *Determinación del factor Lambda (λ) de las mediciones de emisiones contaminantes de los vehículos a gasolina del CU Nezahualcóyotl*.
- González, D. M. N. (2017). *Estimación de patrones de conducción en una vía del sur de Cali para el cálculo de las emisiones atmosféricas con el modelo IVE*.
- Hernández Cerda, C. N., Ávila Galarza, A., & Cerda Alonso, D. G. (2022). Impacto de la Movilidad Urbana en la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana de San Luis Potosí, México. *Revista de Ciencias Ambientales*, 57(1), 1–27. <https://doi.org/10.15359/rca.57-1.8>
- Hilario Roman, N. (2017). Emisiones Contaminantes de Vehículos del Distrito De Huancayo. *Universidad Nacional Del Centro de Perú*, 165.
- INEC. (2024). *Estadísticas de Transporte (ESTRA) - Vehículos matriculados, 2023*.
- ISSRC. (2008). *Manual del Usuario del Modelo IVE Versión 2.0*. 1–55.
- Londoño, J., Andrés Correa, M., & Palacio, A. (2011). Estimación de las emisiones d contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes móviles en el área urbana de Envigado, Colombia. In *Revista EIA*.
- Páez, P. C. (2009). *Gestión de la contaminación atmosférica Urbana: El caso de Quito*. 1–17. <http://www.flacsoandes.edu.ec/web/imagesFTP/10088.ContaminacionQuito.pdf>

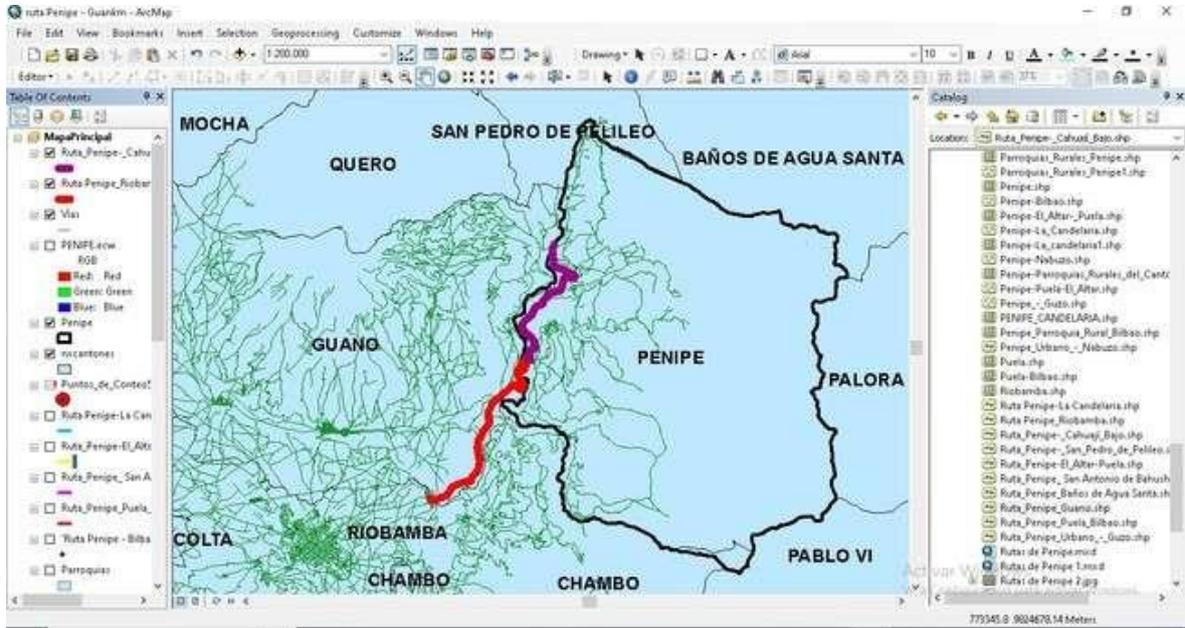
- PDOT Penipe. (2014). Datos Generales del Gobierno Autónomo Descentralizado Cantonal Penipe. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Gobierno Autónomo Descentralizado Cantón Penipe*, 1–136. https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0660000950001_PLAN_DE_DESARROLLO_Y_ORDENAMIENTO_TERRITORIAL_PENIPE_20-02-2015_23-14-44.pdf
- Placeres, M. R., Olite, F. D., & Toste, M. Á. (2006). La contaminación del aire: Su repercusión como problema de salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 44(2), 1–15.
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Penipe*. (2014).
- Rivas, M. E., Suárez, A., & Serebrisky, A. T. (2019). *Hechos estilizados de la movilidad urbana en América Latina y el Caribe División de Transporte*.
- Romero, B. (2017). *Desarrollo de aplicación para la obtención de bins de entrada de patrones de conducción de acuerdo al modelo internacional de emisiones vehiculares (IVE)*. 1–94. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7448>
- Samaniego, M. W. D. (2021). *Estimación de las Emisiones Atmosféricas Provenientes de Fuentes Móviles del cantón Guano Aplicando el Modelo Computacional International Vehicle Emissions (IVE)*.
- Sánchez, E. S., Ortiz, M. L. H., & Castrejón, M. L. G. (2014). Contaminación urbana del aire: Aspectos Físicoquímicos, Microbiológicos y Sociales. In *Universidad Autónoma del Estado de Morelos* (Vol. 1).
- Sarango, D., & Moncayo, P. (2016). *Determinación del indicador kilómetros-vehículo recorrido (KVR) para la ciudad de Cuenca*. <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12152/1/UPS-CT006103.pdf>
- Sarkan, B., Stopka, O., Gnap, J., & Caban, J. (2017). Investigation of Exhaust Emissions of Vehicles with the Spark Ignition Engine within Emission Control. *Procedia Engineering*, 187, 775–782. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.437>
- Subramani, T. (2012). Study of Air Pollution Due To Vehicle Emission in Tourism Centre. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 2(3), 1753–1763.
- Torrez, L. C. Q., & Aruquipa, L. S. R. I. (2017). Implementación de un Impuesto Municipal a la contaminación Vehicular (IMCV) en la ciudad de La Paz. *Universidad Mayor de San Andres*, 5(48), 01–75.
- Ubilla, C., & Yohannessen, K. (2017). Contaminación atmosférica efectos en la salud respiratoria en el niño. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 28(1), 111–118. <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2016.12.003>
- Valencia-Arroyave, D., Muñoz-Duque, M., Ramírez Muñoz, A., Jaramillo, B., & Hoyos-Restrepo, C. (2015). Modelo para la estimación de emisiones vehiculares como herramienta para la gestión ambiental institucional. *Producción + Limpia*, 10(1), 1–22. <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v10n1/v10n1a03.pdf>
- Vega, D., Ocaña, L., Parra, R., & Zambrano, C. (2015). *Inventario de Emisiones Atmosféricas del Tráfico Vehicular y Gasolineras del Distrito Metropolitano de Quito*. 7(2), 86–94. <http://avances.usfq.edu.ec>
- Zapata, E. M. T., Franco, W. H., Duque, C. M. G., Zuluaga, B. H. A., & García, M. V. (2019). *Actualización del inventario de emisiones atmosféricas en la ciudad de Manizales año base 2017*.

8. ANEXOS

Anexo A: Selección de rutas

Figura 36.

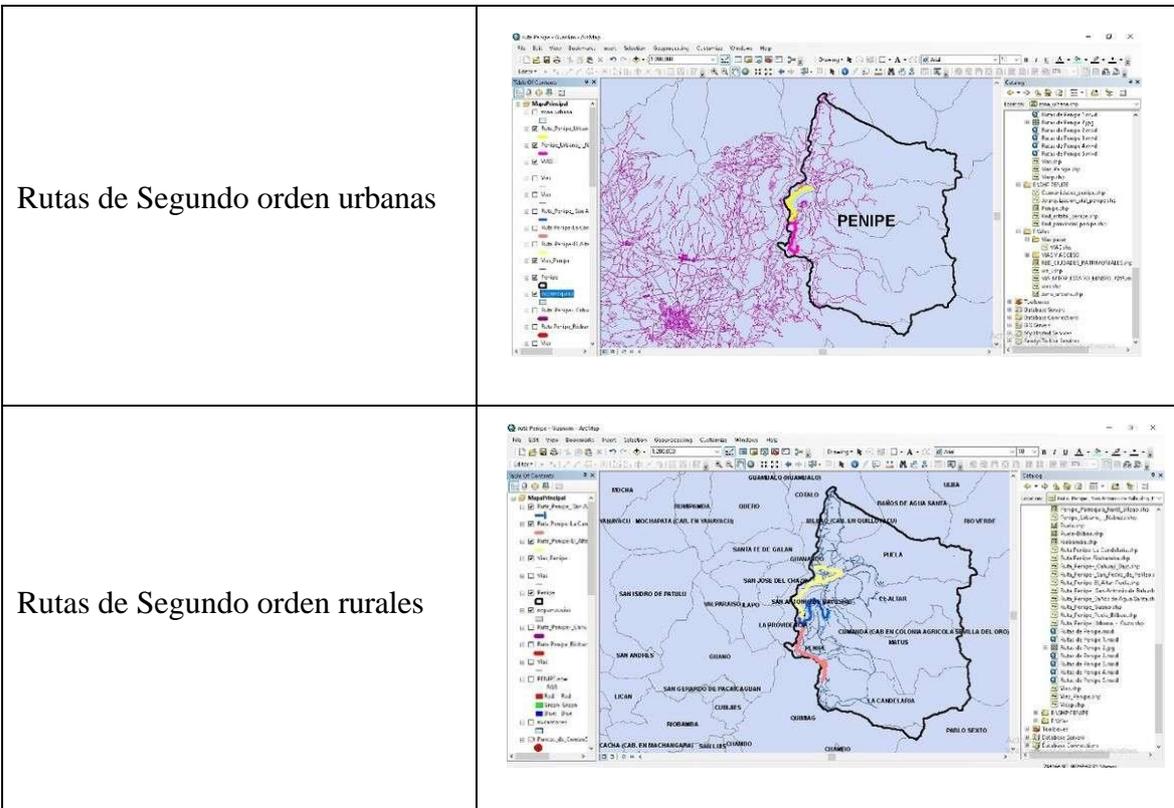
Selección de rutas de primer orden



Elaborado por: Marcia Paguay, 2024.

Figura 37.

Selección de rutas de segundo orden



Anexo B: Conteo vehicular

Figura 38.

Toma de datos en la zona de estudio



Conteo de rutas de primer orden

Tabla 16.

Promedio del Conteo diario de la Ruta Principal Penipe - Riobamba

Distancia	Vía	Horas	Punto 1							Punto 2							Punto 3							
			Buses	Camiones	Camionetas	Jeep	Sedan	Taxis	Motocicletas	Buses	Camiones	Camionetas	Jeep	Sedan	Taxis	Motocicletas	Buses	Camiones	Camionetas	Jeep	Sedan	Taxis	Motocicletas	
14,44 km	Penipe - Riobamba	0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2:00	1	0	2	1	1	0	0	1	2	7	3	5	1	1	2	2	8	4	4	2	1	1
		3:00	1	0	2	1	1	0	0	1	2	7	3	5	1	1	2	2	8	4	4	2	1	1
		4:00	1	0	2	1	1	0	0	1	2	7	3	5	1	1	2	2	8	4	4	2	1	1
		5:00	2	0	3	3	3	0	0	3	4	14	6	10	2	2	4	3	16	9	9	4	2	2
		6:00	9	0	13	11	11	1	1	12	17	58	24	43	8	8	15	14	68	36	36	15	9	9
		7:00	9	0	13	11	11	1	1	12	17	58	24	43	8	8	15	14	68	36	36	15	9	9
		8:00	10,5	0,5	15	7,5	12,5	1,5	1	14	20,0	68,5	28,5	51	9,5	9,5	18	16	80,5	42,5	42,5	18	10	10
		9:00	10,5	1,5	12	11,5	9,5	0,5	2,5	16	21,5	71	33,5	61	11,5	7	14,5	18,5	96,5	47,5	47,5	14,5	5	5
		10:00	10	0,5	16	9,5	12	5	2	12	19,0	55,5	36,5	47,5	12,5	6,5	15,5	14,5	76,5	49,5	49,5	16,5	10	10
		11:00	8,5	0,5	15,5	9	11,5	2,5	1,5	17	14	54,5	36	60,5	8	8,5	13,5	16,5	70	49	49	14	9	9
		12:00	9	0,5	14,5	8	9	0,5	0,5	10,5	14,5	63	33	54	7,5	6	16,5	14	88,5	40	40	14	7	7
		13:00	6	1,5	10	4,5	10	3	1	15,5	16,5	46	39,5	60,5	7,5	6	14,5	17,5	69,5	31,5	31,5	13,5	6,5	6,5
		14:00	5	1	9	4	9	3	1	13	14	39	34	51	7	5	12	15	59	27	27	11	6	6
		15:00	5	1	9	4	9	3	1	13	14	39	34	51	7	5	13	14	59	27	27	11	6	6
		16:00	5	1	9	4	9	3	1	13	14	39	34	51	6	5	13	14	59	27	27	11	6	6
		17:00	5	1	8	4	8	2	1	12	13	37	32	48	6	5	12	13	56	25	25	11	5	5
18:00	5	1	8	3	8	2	1	12	12	35	30	45	6	5	12	12	52	24	24	10	5	5		

19:00	2	1	4	2	4	2	0	6	7	18	16	24	5	2	6	7	28	13	13	5	3
20:00	1	0	2	1	2	2	0	3	3	9	8	12	5	1	3	3	14	6	6	3	1
21:00	1	0	1	0	1	2	0	2	2	5	4	6	5	1	2	2	7	3	3	1	1
22:00	1	0	1	0	1	1	0	2	2	5	4	6	3	1	2	2	7	3	3	1	1
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Total	107	13	165	100	141	35	16	192	230	735	463	743	128	94	207	214	999	508	508	196	101

Elaborado por: Paguay,2024.

Tabla 17.

Promedio del Conteo diario de la Ruta Principal Penipe - Guano

Distancia	Vía	Punto 1								Punto 2								Punto 3						
		Horas	Buses	Camiones	Camionetas	Jeep	Sedan	Taxis	Motocicletas	Buses	Camiones	Camionetas	Jeep	Sedan	Taxis	Motocicletas	Buses	Camiones	Camionetas	Jeep	Sedan	Taxis	Motocicletas	
11,88 km	Penipe - Guano	0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2:00	0	0	1	1	1	0	0	0	1	5	2	5	0	1	0,45	1	3	1	3	0	0	0
		3:00	0	0	1	1	1	0	0	0	1	5	2	5	0	1	0,45	1	3	1	3	0	0	0
		4:00	0	0	1	1	1	0	0	0	1	5	2	5	0	1	0,45	1	3	1	3	0	0	0
		5:00	1	1	3	1	3	0	0	1	2	11	3	10	1	1	1	3	6	2	6	0	1	1
		6:00	3	2	12	5	12	0	1	3	8	45	14	43	2	6	4	11	25	6	26	1	2	2
		7:00	3	2	12	5	12	0	1	3	8	45	14	43	2	6	4	11	25	6	26	1	2	2
		8:00	3	2,5	14,5	5,5	14	0	1,5	3	9,5	53,5	16	50	2,5	7	4,5	12,5	29,5	7,5	30,5	1	2,5	2,5
		9:00	1	5,5	18	8	13	1	2,5	4,5	10,5	50,5	15,5	32	3	13	3,5	9,5	36,5	14,5	24,5	1,5	3,5	3,5
10:00	2	3,5	20,5	7	14	0,5	2	5	12,5	39,5	25	48	1,5	7	4	11	45,5	4,5	20,5	1	7	7		

11:00	1	3,5	19,5	8,5	15	2,5	2,5	8,5	10	34,5	19	41,5	5,5	14,5	4	10,5	25,5	9,5	26,5	1	4,5	
12:00	3,5	1	28,5	6,5	19,5	0,5	1,5	4,5	10,5	40,5	9,5	47,5	6,5	10	3,5	6	24	5,5	15,5	0,5	2	
13:00	2	2	24,5	7,5	18	5	3,5	7,0	11,5	50	13	48,5	5	10	4	8	25	6,5	18,5	0	5,5	
14:00	2	2	21	6	17	4	3	6	9	43	11	46	4	10	3	6	21	6	18	0	5	
15:00	2	2	21	6	16	4	3	6	9	43	11	44	4	9	6	9	43	11	44	4	9	
16:00	2	2	21	6	15	4	3	6	9	40	10	41	4	9	6	9	40	10	41	4	9	
17:00	2	2	20	6	14	4	3	6	9	38	10	39	4	8	6	9	38	10	39	4	8	
18:00	2	2	18	5	14	4	3	5	9	35	9	36	4	8	5	9	35	9	36	4	8	
19:00	1	1	10	5	13	2	2	3	8	33	8	34	2	7	3	8	33	8	34	2	7	
20:00	1	1	5	5	11	1	2	1	8	30	8	29	1	7	1	8	30	8	29	1	7	
21:00	0	1	2	4	9	1	2	1	3	25	7	24	1	6	1	3	25	7	24	1	6	
22:00	0	0	2	2	7	1	1	1	1	10	3	19	1	4	1	1	10	3	19	1	4	
23:00	0	0	0	1	2	0	0	0	0	5	1	5	0	1	0	0	5	1	5	0	1	
Total		31	35	277	100	242	34	40	73	150	686	211	695	54	144	65	148	530	137	492	27	93

Elaborado por: Paguay,2024.

Tabla 18.

Promedio del Conteo diario de la Ruta Secundaria UrbanoPenipe – Guzo de Penipe

Distancia	Vía	Horas	Punto 1								Punto 2								Punto 3				
			Buses	Camiones	Camionetas	Jeep	Sedan	Taxis	Motocicletas	Buses	Camiones	Camionetas	Jeep	Sedan	Taxis	Motocicletas	Buses	Camiones	Camionetas	Jeep	Sedan	Taxis	Motocicletas
6,01 km	Penipe	0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Urbano -	1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Guzo de Penipe	2:00	1	2	5	1	4	1	1	1	1	6	1	5	0	1	0	1	4	2	4	0	1	
	3:00	1	2	5	1	4	1	1	1	1	6	1	5	0	1	0	1	4	2	4	0	1	
	4:00	1	2	5	1	4	1	1	1	1	6	1	5	0	1	0	1	4	2	4	0	1	
	5:00	1	4	11	3	8	1	3	1	2	11	3	10	1	2	0	1	7	4	7	1	1	
	6:00	5	17	46	12	36	6	11	6	9	48	11	44	3	9	2	5	30	15	30	3	5	
	7:00	5	17	46	12	36	6	11	6	9	48	11	44	3	9	2	5	30	15	30	3	5	
	8:00	6	19,5	54,5	14,5	42	7	12,5	7	10,5	56,5	12,5	52	3,5	10	2	5,5	35	17,5	18,5	3,5	6	
	9:00	6	14	52	11,5	41,5	6,5	7	6	13,5	56	11,5	41	6	6,5	5	5	37,5	16,5	22	3	6	
	10:00	6,5	6	36	12,5	46,5	3,5	7	6,5	17,5	52,5	16	32	5	6,5	4,5	9,5	38,5	24	23,5	14,5	10,5	
	11:00	5	13	42,5	18,5	44,5	3	8	6,5	9	51,5	14,5	38,5	4,5	4,5	4,5	6,5	29,5	31	19,5	16,5	5,5	
	12:00	4	8	37	11	33	5	10	5	7,0	43	14,5	41	6	6	3,5	12,5	44	22,5	18,5	1,5	5	
	13:00	9	8,5	41,5	12	44,5	3	8,5	8,5	5,5	47	10	46,5	7	7,5	4	7,5	32,5	12,5	25,5	3	4	
	14:00	7	7	35	10	38	3	7	7	5	40	9	40	6	6	3	6	28	11	22	2	3	
	15:00	7	7	35	10	38	3	7	7	5	40	9	40	6	6	7	5	40	9	22	6	6	
	16:00	7	7	35	10	38	3	7	7	5	40	9	40	6	6	7	5	40	9	22	6	6	
	17:00	7	7	33	10	36	2	7	7	4	38	8	37	6	6	7	4	38	8	20	6	6	
	18:00	6	6	31	9	33	2	6	6	4	35	8	35	5	6	6	4	35	8	19	5	6	
	19:00	3	3	17	5	18	1	3	3	2	19	4	19	3	3	3	2	19	4	10	3	3	
	20:00	2	2	8	2	9	1	2	2	1	9	2	9	1	2	2	1	9	2	5	1	2	
	21:00	1	1	4	1	4	0	1	1	1	5	1	5	1	1	1	1	5	1	3	1	1	
	22:00	1	1	4	1	4	0	1	1	1	5	1	5	1	1	1	1	5	1	3	1	1	
	23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total		91	154	587	171	562	58	122	97	113	661	156	593	74	100	66	87	512	214	329	80	84

Elaborado por: Paguay,2024.

Tabla 19.

Promedio del Conteo diario de la Ruta Secundaria Urbano Penipe – Nabuzo.

Distancia	Vía	Horas	Punto 1							Punto 2							Punto 3						
			Bus	Camiones	Camionetas	Jeep	Sedan	Taxis	Motociclet	Buses	Camiones	Camionetas	Jeep	Sedan	Taxis	Motociclet	Buses	Camiones	Camionetas	Jeep	Sedan	Taxis	Motociclet
		0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2:00	1	0	2	1	1	0	1	0	1	2	1	2	0	1	0	0	1	0	1	0	0
		3:00	1	0	2	1	1	0	1	0	1	2	1	2	0	1	0	0	1	0	1	0	0
		4:00	1	0	2	1	1	0	1	0	1	2	1	2	0	1	0	0	1	0	1	0	0
		5:00	1	1	5	2	2	0	1	1	1	4	3	4	0	2	1	1	1	0	1	0	1
		6:00	6	3	20	9	7	1	4	6	6	17	11	15	0	8	3	3	5	1	4	1	3
		7:00	6	3	20	9	7	1	4	6	6	17	11	15	1	8	3	3	5	1	4	1	3
		8:00	7	3	23	11	8,5	1	5	7	7,0	20,5	12,5	18	1	9,5	3	3	6	1,5	5	1	3
		9:00	5	2	23,5	16,5	13,5	1,0	6,5	5	5,0	20	20	17	1	8	2	2,5	3	0	2	0	3,5
		10:00	5,5	6,5	25	16	9	2,0	7,5	5,5	5,5	19,5	19,5	12,5	2	13	6,5	2	8,5	2	5,5	1,5	5
		11:00	5	4	24	9	12	2	9,5	5	5	25,5	17,5	12	1,5	6,5	4	3,5	9	3	8,5	0	5,5
		12:00	5,5	2	26,5	11	20,5	2	11	5,5	5,5	27	12	16,5	2	5,5	2	5	10,5	3,5	10,5	0	5
		13:00	4	3,5	23	16,5	21,5	1	11	3,5	3,5	21,5	10	13,5	0,5	4	3,5	4	10,5	4	9,5	0	6
		14:00	3	3	20	14	18	0	9	3	3	18	9	11	0	3	3	3	9	3	8	0	5
		15:00	3	3	20	14	18	0	9	3	3	18	9	11	0	3	3	3	18	9	8	0	3
		16:00	3	3	20	14	18	0	9	3	3	18	9	11	0	3	3	3	18	9	8	0	3
		17:00	3	3	18	13	17	0	9	3	3	17	8	11	0	3	3	3	17	8	8	0	3
	Penipe Urbano - Nabuzo	18:00	3	3	17	12	16	0	8	3	3	16	8	10	0	3	3	3	16	8	7	0	3
6,70 km		19:00	1	1	9	7	9	0	4	1	1	9	4	5	0	2	1	1	9	4	4	0	2

20:00	1	1	5	3	4	0	2	1	1	4	2	3	0	1	1	1	4	2	2	0	1
21:00	0	0	2	2	2	0	1	0	0	2	1	1	0	0	0	0	2	1	1	0	0
22:00	0	0	2	2	2	0	1	0	0	2	1	1	0	0	0	2	1	1	0	0	
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Total	64	45	308	185	209	14	115	61	64	284	168	195	13	87	45	44	157	61	99	8	56
--------------	----	----	-----	-----	-----	----	-----	----	----	-----	-----	-----	----	----	----	----	-----	----	----	---	----

Elaborado por: Paguay,2024.

Tabla 20.

Promedio del Conteo diario de la Ruta Secundaria Rural Penipe- La Candelaria.

Distancia	Vía	Horas	Punto 1				Punto 2				Punto 3														
			Buses	Camiones	Camionetas	Jeep	Sedan	Taxis	Motocicletas	Buses	Camiones	Camionetas	Jeep	Sedan	Taxis	Motocicletas									
13,5 km	Penipe - La Candelaria	0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		2:00	1	1	2	1	2	0	1	1	1	2	1	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
		3:00	1	1	2	1	2	0	1	1	1	2	1	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
		4:00	1	1	2	1	2	0	1	1	1	2	1	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
		5:00	1	1	4	2	3	0	2	2	1	4	3	4	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0
		6:00	5	5	14	8	12	1	6	7	4	14	9	15	1	7	1	0	5	1	3	0	1	1	1
		7:00	5	5	14	8	12	1	6	7	4	14	9	15	1	7	1	0	5	1	3	0	1	1	1
		8:00	6	6	20	11	17	1	9	8	5	20	12,5	21,5	1,5	9,5	1,5	1,5	6,5	1,5	4,5	0	2	2	2
		9:00	5	4	16	17	18	3	8	6	7	17	16,5	16,5	2	7,5	0	1,5	6	0	2	0	3	3	3
		10:00	6	9	19	16	21	3	12	4,5	6	25,5	10,5	19,5	4	7	0	2	5	2	1,5	0	1,5	1,5	1,5
		11:00	5	4	19	9	22	1	10	8	8	25	17,5	25,5	5	4,5	1	2,5	6,5	3	0,5	0	0,5	0,5	0,5
		12:00	6	4	22	11	23	3	7	5,5	10	20,5	12	37	5	10	1	3,5	5,5	3,5	1,5	0	0,5	0,5	0,5
13:00	6	4	19	17	20	3	13	5,5	6	23	10	38	7	7,5	1	3	5,5	4	5	0	4,5	4,5	4,5		

14:00	5	3	16	14	17	2	11	5	5	20	9	32	6	6	1	1	5	3	4	0	4
15:00	5	3	16	14	17	2	11	5	5	20	9	32	6	6	1	1	20	9	4	6	6
16:00	5	3	16	14	17	2	11	5	5	20	9	32	6	6	1	1	20	9	4	6	6
17:00	4	3	15	13	16	2	10	4	5	18	8	30	6	6	1	1	18	8	4	6	6
18:00	4	3	14	12	15	2	9	4	5	17	8	29	5	6	1	1	17	8	4	5	6
19:00	2	2	7	7	8	1	5	2	2	9	4	15	3	3	0	0	9	4	2	3	3
20:00	1	1	4	3	4	1	3	1	1	5	2	8	1	2	0	0	5	2	1	1	2
21:00	1	0	2	2	2	0	1	1	1	2	1	4	1	1	0	0	2	1	1	1	1
22:00	1	0	2	2	2	0	1	1	1	2	1	4	1	1	0	0	2	1	1	1	1
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	73	62	241	182	246	27	134	82	82	282	152	385	62	101	13	18	145	61	48	28	50

Elaborado por: Paguay,2024.

Tabla 21.

Promedio del Conteo diario de la Ruta Secundaria Rural Penipe-San Antonio de Bayushig-Matus.

Distancia	Vía	Horas	Punto 1				Punto 2				Punto 3												
			Bus	Camiones	Camionetas	Jeep	Sedan	Taxis	Motocicletas	Buses	Camiones	Camionetas	Jeep	Sedan	Taxis	Motocicletas							
11,42 km	Penipe -San Antonio de Bayushig-Matus	0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2:00	1	1	2	2	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
		3:00	1	1	2	2	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
		4:00	1	1	2	2	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0

5:00	1	1	5	3	2	0	3	1	1	3	1	3	0	1	1	0	2	1	1	0	1
6:00	4	5	20	14	8	1	11	4	4	12	4	11	1	2	3	1	8	3	4	0	4
7:00	4	5	20	14	8	1	11	4	4	12	4	11	1	2	3	1	8	3	4	0	4
8:00	5	5,5	23,5	16	9,5	1	13	5	4,5	14	4,5	13,5	1,5	2,5	4	1,5	9	4	4,5	0	4
9:00	3,5	4	23	12	5	1	4	4	4,5	8,5	8,5	8,5	2	4,5	3	0,5	8,5	2,5	2	0	2,5
10:00	4,5	8,5	21	9,5	4	0,5	5	3,5	5,5	7,5	3,5	10,5	0,5	2	2,5	2,5	8,5	3,5	1,5	0	3,5
11:00	2,5	4	20,5	12	5,5	1,5	13	4	2	6,5	4,5	13,5	3,5	2,5	3,5	3	7,5	3,5	0,5	0	3,5
12:00	6	4	31,5	23,5	6,5	3,5	18,5	5	2,0	14,5	4,5	5,5	1,5	4,5	4	1,5	3,5	2	1,5	0	2
13:00	5	4	22,5	15	11	2,5	12	3,5	2,5	7,5	5	10,5	2	6	3	2,5	9	3,5	5	0	3,5
14:00	4	3	19	13	9	2	10	3	2	6	4	9	2	5	3	2	8	3	4	0	3
15:00	4	3	19	13	9	2	10	3	2	6	4	9	2	5	3	2	6	4	4	2	5
16:00	4	3	19	13	9	2	10	3	2	6	4	9	2	5	3	2	6	4	4	2	5
17:00	4	3	18	12	9	2	10	3	2	6	4	8	2	5	2	2	6	4	4	2	5
18:00	4	3	17	11	8	2	9	3	2	6	4	8	2	5	2	2	6	4	4	2	5
19:00	2	2	9	6	4	1	5	1	1	3	2	4	1	2	1	1	3	2	2	1	2
20:00	1	1	5	3	2	1	2	1	1	2	1	2	0	1	1	1	2	1	1	0	1
21:00	1	0	2	2	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1
22:00	1	0	2	2	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	62	62	304	197	116	24	153	53	43	126	65	143	24	57	44	27	104	51	49	8	56

Elaborado por: Paguay,2024.

Tabla 22.

Promedio del Conteo diario de la Ruta Secundaria Rural Penipe-El Altar-Puela.

D . i s	V í a	H o	Punto 1	Punto 2	Punto 3
----------------	--------------	------------	----------------	----------------	----------------

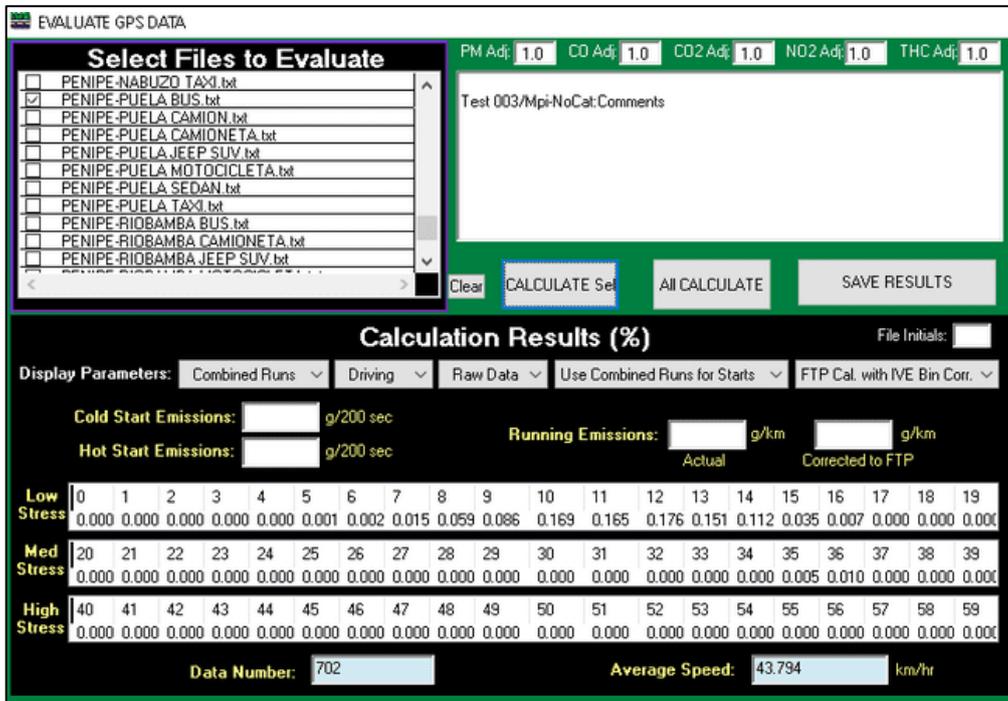
		Bus	Camiones	Camionetas	Jeep	Sedan	Taxis	Motocicletas	Buses	Camiones	Camionetas	Jeep	Sedan	Taxis	Motocicletas	Buses	Camiones	Camionetas	Jeep	Sedan	Taxis	Motocicletas
	0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2:00	0	0	2	1	3	0	1	0	1	2	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1
	3:00	0	0	2	1	3	0	1	0	1	2	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1
	4:00	0	0	2	1	3	0	1	0	1	2	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1
	5:00	1	1	5	2	5	0	1	0	1	5	1	2	0	2	0	2	2	1	1	0	2
	6:00	3	2	17	8	18	0	4	2	5	16	3	7	0	7	2	8	6	2	2	0	5
	7:00	3	2	17	8	18	0	4	2	5	16	3	7	0	7	2	8	6	2	2	0	5
	8:00	4	3,5	24,5	11,5	25	0,5	5,5	2	6,5	23	4,5	10,5	0	9,5	2	2,5	8	3,5	3,5	0	7,5
	9:00	3	5	27	13,5	28,5	2,5	5	3	3,0	13	9,5	6,5	0	7	2	3	11,5	4	7,5	0	1,5
14,65 km	10:00	2	10,5	28,5	13,5	21,5	4	12,5	2	3,5	19	4,5	6,5	0	2	2	2,5	6,5	3	7	0	4,5
Penipe -El Altar- Puela	11:00	2,5	9	29,5	10,5	31	4	11	2	4	17,5	5	13	0	3,5	2	3,5	7,5	2	3	0	2,5
	12:00	3	9	35	26,5	32,5	4,5	11	1	1,0	15	3,5	7	1,5	4	2	2,5	7,5	2,5	9,5	0	4,5
	13:00	4	5,5	19	15,5	26,5	4,5	8,5	2,0	3,0	19	6	9	0	3,5	2	0	5,5	1,5	3,5	0	1,5
	14:00	3	5	16	13	23	4	7	2	3	16	5	8	0	3	2	0	5	1	3	0	1
	15:00	3	5	16	13	23	4	7	2	3	16	5	8	0	3	2	3	16	5	3	0	3
	16:00	3	5	16	13	23	4	7	2	3	16	5	8	0	3	2	3	16	5	3	0	3
	17:00	3	4	15	12	21	4	7	2	2	15	5	7	0	3	2	2	15	5	3	0	3
	18:00	3	4	14	12	20	3	6	2	2	14	5	7	0	3	2	2	14	5	3	0	3
	19:00	2	2	8	6	11	2	3	1	1	8	2	4	0	1	1	1	8	2	1	0	1
	20:00	1	1	4	3	5	1	2	0	1	4	1	2	0	1	0	1	4	1	1	0	1
	21:00	0	1	2	2	3	0	1	0	0	2	1	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0
	22:00	0	1	2	2	3	0	1	0	0	2	1	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0

	23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		47	76	303	189	342	43	106	26	48	243	71	117	2	65	26	46	143	49	58	0	52

Elaborado por: Paguay,2024

Figura 41.

Aplicación Speed Emission Evaluation.

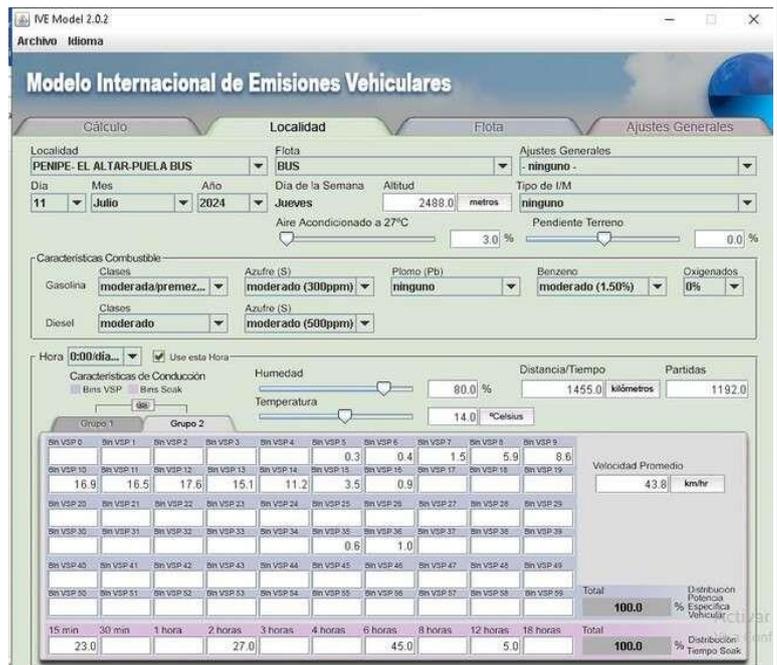


Anexo D: Calculo del Modelo IVE

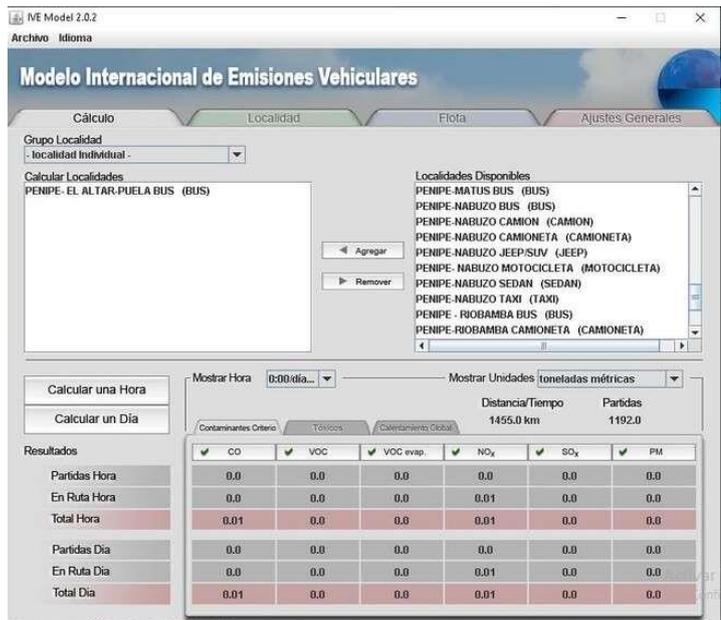
Archivo Flota



Archivo Localidad



Cálculo de Contaminantes Criterios



Cálculo de Contaminantes de Calentamiento Global

Resultados	CO ₂	N ₂ O	CH ₄
Partidas Hora	0.08	0.0	0.0
En Ruta Hora	0.7	0.0	0.0
Total Hora	0.78	0.0	0.0
Partidas Dia	0.08	0.0	0.0
En Ruta Dia	0.7	0.0	0.0
Total Dia	0.78	0.0	0.0

Anexo E: Encuesta

Encuesta para la caracterización de la flota vehicular

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

Señale a que categoría vehicular corresponde el automóvil que usted conduce

Bus
 Camión
 Camioneta
 Jeep
 Sedan
 Taxi
 Motocicleta

¿Cuántas veces al día enciende su vehículo?

Texto de respuesta corta

¿Qué periodo de tiempo permanece apagado su vehículo?

15 minutos
 15 a 30 minutos
 30 a 60 minutos
 2 a 6 horas
 6 a 12 horas

¿Qué periodo de tiempo permanece apagado su vehículo desde que lo apaga en la noche?