



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**“ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS  
PROVENIENTES DE FUENTES MÓVILES DEL CANTÓN GUANO  
APLICANDO EL MODELO COMPUTACIONAL  
INTERNATIONAL VEHICLE EMISSIONS (IVE)”**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTORA: WENDY DAYANA SAMANIEGO MENESES**

**DIRECTORA: Ing. MARÍA RAFAELA VITERI UZCÁTEGUI MSc.**

Riobamba – Ecuador

2021

**©2021, Wendy Dayana Samaniego Meneses**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Wendy Dayana Samaniego Meneses, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 17 de septiembre de 2021



**Wendy Dayana Samaniego Meneses**

**060509880-5**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Proyecto Técnico, “**ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS PROVENIENTES DE FUENTES MÓVILES DEL CANTÓN GUANO APLICANDO EL MODELO COMPUTACIONAL INTERNATIONAL VEHICLE EMISSIONS (IVE)**”, realizado por la señorita: **WENDY DAYANA SAMANIEGO MENESES**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Juan Carlos González García Msc.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

2021-09-17

Ing. María Rafaela Viteri Uzcátegui MSc.  
**DIRECTORA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

2021-09-17

Ing. María Soledad Núñez Moreno MSc.  
**MIEMBRO DE TRIBUNAL**

2021-09-17

## **DEDICATORIA**

A todas las personas que me apoyaron y ayudaron a lo largo de mi vida estudiantil en la ESPOCH, sobre todo a mis padres y hermanas por su apoyo incondicional.

Wendy

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en la cual me forje, gracias a todos mis docentes que me transmitieron sus conocimientos, a mis amigos y familia que siempre me apoyaron.

Wendy

## TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	x
RESUMEN.....	¡Error! Marcador no definido.
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
1.1. Antecedentes.....	5
1.2. Bases teóricas.....	6
1.3. Bases conceptuales.....	6
1.3.1. <i>Calidad del Aire</i> .....	6
1.3.2. <i>Contaminación</i> .....	7
1.3.3. <i>Contaminante</i> .....	7
1.3.4. <i>Contaminación Atmosférica</i> .....	7
1.3.5. <i>Fuentes móviles</i> .....	8
1.3.6. <i>Monóxido de Carbono</i> .....	8
1.3.7. <i>Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)</i> .....	8
1.3.8. <i>Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>)</i> .....	9
1.3.9. <i>Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs)</i> .....	9
1.3.10. <i>Gases de Efecto Invernadero (GEI)</i> .....	9
1.3.11. <i>Inventario Atmosférico</i> .....	9
1.3.12. <i>International Vehicle Emissions (IVE)</i> .....	10
1.3.13. <i>Disaggregation of on-Road Vehicle Emissions (DROVE)</i> .....	10
1.4. Base Legal.....	11

### CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA.....	13
2.1. Área de Estudio.....	13

2.1.1. <i>Localización del proyecto</i> .....	13
2.2. <b>Descripción del Modelo Internacional De Emisiones (IVE)</b> .....	14
2.2.1. <i>Patrones de conducción</i> .....	15
2.2.2. <i>Patrones de partida</i> .....	17
2.2.3. <i>Selección de Rutas</i> .....	18
2.2.4. <i>Condiciones Climáticas</i> .....	19
2.2.5. <i>Características del combustible</i> .....	19
2.2.6. <i>Distribución de Flota Vehicular</i> .....	19
2.2.7. <i>Selección de sitios de conteo del cantón</i> .....	20
2.3. <b>Desagregación Espacial y Temporal</b> .....	23

### CAPÍTULO III

3. <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	24
3.1. <b>Rutas</b> .....	24
3.2. <b>Condiciones climáticas</b> .....	29
3.3. <b>Características del Combustible</b> .....	29
3.4. <b>Bines</b> .....	30
3.5. <b>Conteo Vehicular</b> .....	32
3.6. <b>Tecnología Vehicular</b> .....	36
3.7. <b>Intensidad vehicular</b> .....	38
3.8. <b>Emisiones</b> .....	39
3.9. <b>Desagregación Espacial</b> .....	40
3.10. <b>Desagregación Temporal</b> .....	46

CONCLUSIONES.....	48
-------------------	----

RECOMENDACIONES.....	50
----------------------	----

### BIBLIOGRAFÍA

### ANEXOS



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Clasificación de contaminantes atmosféricos.....	7
<b>Tabla 1-2:</b>	Factores de correlación para Localidades específicas en el modelo IVE .....	14
<b>Tabla 2-2:</b>	Parámetros para el estudio de la actividad vehicular .....	15
<b>Tabla 3-2:</b>	Niveles de valores VSP .....	17
<b>Tabla 4-2:</b>	Niveles de estrés del motor.....	17
<b>Tabla 5-2:</b>	Categoría de Soak para Patrones de Partida en el modelo IVE .....	18
<b>Tabla 6-2:</b>	Categorización Vehicular .....	18
<b>Tabla 1-3:</b>	Condiciones Climáticas .....	29
<b>Tabla 2-3:</b>	Características de combustibles.....	29
<b>Tabla 3-3:</b>	Tecnología Vehicular (%) .....	37
<b>Tabla 4-3:</b>	Emisiones anuales generadas por categoría vehicular en el cantón Guano .....	39
<b>Tabla 5-3:</b>	Comparación en porcentaje de contaminante en ciudades del Ecuador .....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b> Mapa del Cantón Guano .....	13
<b>Figura 2-2:</b> Avenida Asunción y 20 de Diciembre .....	20
<b>Figura 3-2:</b> 20 de Diciembre y Francisco Cajo.....	21
<b>Figura 4-2:</b> Avenida los Elenes y Gracia Moreno. ....	21
<b>Figura 5-2:</b> Carretera Panamericana E35, sector San Andrés.....	22
<b>Figura 6-2:</b> Carretera E490, sector Tamaute.....	22
<b>Figura 1-3:</b> Ruta realizada por vehículo particular (VP) .....	24
<b>Figura 2-3:</b> Ruta realizada por taxi (Tx) .....	25
<b>Figura 3-3:</b> Ruta realizada por Moto (Mt) .....	26
<b>Figura 4-3:</b> Ruta realizada por Camión (Cm) .....	27
<b>Figura 5-3:</b> Ruta realizada por Bus (Bs) .....	28
<b>Figura 6-3:</b> Bines por categoría de Vehículo .....	30
<b>Figura 7-3:</b> Conteo Punto 1.....	32
<b>Figura 8-3:</b> Conteo Punto 2.....	33
<b>Figura 9-3:</b> Conteo Punto 3.....	34
<b>Figura 10-3:</b> Conteo Punto 4.....	35
<b>Figura 11-3:</b> Conteo Punto 5.....	36
<b>Figura 12-3:</b> Porcentaje de vehículos por categoría.....	37
<b>Figura 13-3:</b> Intensidad Vehicular .....	38
<b>Figura 14-3:</b> Desagregación espacial de a) CO, b) VOC, c) VOCEvap, d) NO <sub>x</sub> , e) SO <sub>x</sub> , f) PM, g) CO <sub>2</sub> y h) CH <sub>4</sub> .....	45
<b>Figura 15-3:</b> Desagregación temporal de a) CO, b) VOC, c) VOCEvap, d) desagregación temporal de NO <sub>x</sub> , e) SO <sub>x</sub> , f) PM, g) CO <sub>2</sub> y h) CH <sub>4</sub> .....	47

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** REGISTRO FOTOGRÁFICO

**ANEXO B:** INTERFAZ DEL MODELO IVE

**ANEXO C:** MODELO DE ENCUESTA

**ANEXO D:** REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>CH<sub>4</sub></b>	Metano
<b>CO</b>	Monóxido de Carbono
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Carbono
<b>NO<sub>x</sub></b>	Óxidos de Nitrógeno
<b>SO<sub>x</sub></b>	Óxidos de Azufre
<b>VSP</b>	Potencia Específica del Motor

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo estimar las emisiones atmosféricas provenientes de fuentes móviles del cantón Guano aplicando el modelo computacional *International Vehicle Emissions* (IVE) del año 2019, dicho modelo usó como variables principales factores de emisión, actividad vehicular y flota. Para ello se establecieron cinco categorías vehiculares, Vehículos Particulares (VP), Taxi (Tx), Buses (Bs), Camiones (Cm) y Motos (Mt), de las cuales se determinaron los patrones de conducción a partir del trazado de rutas en diversos sectores socioeconómicos del cantón, recopilando datos de velocidad y altura segundo a segundo, útiles para el cálculo de potencia específica vehicular (VSP), así también fueron necesarias variables ambientales y características de combustibles. Se determinó la flota vehicular a partir de inspecciones in situ, además se realizaron conteos en cinco puntos del cantón en diferentes tipos de vías, siendo necesario para la determinación de intensidad vehicular; posteriormente se realizó una desagregación espacial, con un dominio de 1km por 1km y una resolución temporal de una hora, a partir del modelo DROVE y el software ArcMap. Una vez recabada la información por categoría, fue ingresada a la interfaz del modelo IVE, donde se estimaron las emisiones de ocho contaminantes atmosféricos, dando como resultado una generación aproximada de 182338,89 ton totales, de las cuales el 95% correspondió a dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), sobresaliendo la categoría Bs que fue la que aportó un 25,6% de este contaminante. De igual modo, los puntos de mayor generación de emisiones estuvieron en autopistas y zonas comerciales, teniendo a las 07h00 la mayor emisión, esto a causa del estilo de vida de la población. Para futuros estudios es recomendable realizar estimaciones de emisiones de fuentes puntuales, de área y origen biogénico que ayudarán a una evaluación completa de la calidad del aire del cantón.

**Palabras clave:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <CALIDAD DEL AIRE>, <GUANO (CANTÓN)>, <EMISIONES ATMOSFÉRICAS>, <MODELO COMPUTACIONAL>, <INTERNATIONAL VEHICLE EMISSIONS (IVE)>, <DESAGREGACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL>.

LEONARDO  
FABIO MEDINA  
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE  
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC, o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION ECIBCE, I=QUITO, serialNumber=3000621485, cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE  
Fecha: 2021.10.25 16:41:05 -05'00'



1963-DBRA-UTP-2021

## **ABSTRACT**

The current research aims to estimate the atmospheric emissions generated by mobile sources from Guano county with the use of the International Vehicle Emissions (IVE) 2019 computational model. This model used emission factors, vehicle activity and fleet as main variables. For this, five vehicle categories were established, they were: Private Vehicles (VP), Taxicabs (Tx), Buses (Bs), Trucks (Cm) and Motorcycles (Mt) which driving patterns were determined from the route tracing in several socioeconomic sectors of the county by registering the speed and height permanently. These data were useful for calculating the vehicle specific power (VSP), as well as environmental variables and fuel characteristics. The vehicle fleet was determined through on-site inspections; In addition, counts were carried out in five points of the county on different types of roads, this aspect was necessary for determining the vehicle intensity. Subsequently, a spatial disaggregation was also carried out with a 1km by 1km domain and a temporal resolution of one hour based on the DROVE model and ArcMap software. Once the information per category was collected, it was necessary to register it into the interface through the IVE model where the emissions of eight atmospheric pollutants were estimated and resulted in an approximate generation of 182,338.89 total tons from which, 95% correspond to carbon dioxide (CO<sub>2</sub>). The outstanding category was the Bs with 25.6% of this pollutant; similarly, the points with the highest emission generation were located on highways and commercial areas which reflected the highest emission level at 07:00 due to the lifestyle of the population. For future studies it is recommended to carry out point sources, area and biogenic origin emission estimations which contribute to a complete evaluation of the air quality in the county.

**Keywords:** <ENGINEERING SCIENCES AND TECHNOLOGY>, <AIR QUALITY>, <GUANO (COUNTY)>, <ATMOSPHERIC EMISSIONS>, <COMPUTER MODEL>, <INTERNATIONAL VEHICLE EMISSIONS (IVE)>, <SPACE AND TEMPORARY DEAGGREGATION>.

## INTRODUCCIÓN

El incremento de las actividades antropogénicas ha generado un aumento masivo de emisiones atmosféricas en el mundo, lo que provoca un deterioro en la calidad ambiental. De acuerdo a datos obtenidos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 2016 se atribuyó a la contaminación del aire 3,8 millones de muertes y el 7,7% de la mortalidad mundial, así también menciona que aproximadamente 249 mil muertes prematuras son consecuencia de la contaminación del aire exterior y alrededor del 88% de la misma son muertes que suceden en países de bajos y medios ingresos, además a causa del uso de combustibles se atribuyen alrededor de 83 mil muertes prematuras en América del Norte, así como también más de 150 millones de habitantes en América Latina viven en ciudades con condiciones excedentes de las Guías de Calidad de Aire esto de acuerdo a lo señalado por la OMS en su informe en 2017. Los contaminantes relacionados con condiciones perjudiciales para la calidad de aire incluyen material particulado (PM), ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (VOCs), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), gases de efecto invernadero (GEI) entre otros (Kim et al., 2017, pp.268-279), este tipo de contaminantes son generados a partir de fuentes fijas (industrias y generación de energía), y fuentes móviles (medios de transporte) (Aguirre y Machado, 2016, p.24). En la actualidad, la actividad vehicular es una de las fuentes más importantes de emisiones de contaminantes atmosféricos, cuyo incremento provoca que el planeta afronte múltiples alteraciones con repercusiones en el cambio climático y deterioro de la salud humana. Ecuador cuenta con escasas investigaciones dirigidas a conocer los efectos en la contaminación del aire, de acuerdo con la Secretaría Técnica de Planificación (SENPLADES) la calidad de aire presenta falencias como la falta de información de confianza, falta de seguimiento y proceso de actualización de la información. Según el reporte de emisiones mundial de la Unión europea (Crippa et al., 2020, p.30), el tráfico vehicular en el Ecuador produce aproximadamente 14 Mt/año CO<sub>2</sub>, que representan el 34% de emisiones totales de este contaminante importante siendo este un aporte a considerar (Ministerio del Ambiente República del Ecuador, 2010, p.1). Particularmente en el cantón Guano, las investigaciones han estado dirigidas hacia la evaluación de contaminantes del agua y suelo, dejando enteramente relegada la calidad del aire en dicho territorio, esto a pesar de que desde hace varios años ha existido un incremento en el flujo vehicular debido a las actividades que se desarrollan día a día en el cantón. De acuerdo con (Morris y Trivedi, 2013, p.3) los inventarios de emisiones vehiculares surgen como una herramienta para estimar e identificar contaminantes atmosféricos bajo diversas condiciones a escala general, aunque en países en vías de desarrollo se ha dejado de lado la distribución espacial y variabilidad temporal de los contaminantes dando cuenta únicamente emisiones totales.

## **Formulación de Incógnita**

¿Son las emisiones atmosféricas provenientes de fuentes móviles significativas en el cantón Guano?



## **JUSTIFICACIÓN**

La necesidad de estimar los niveles de emisiones atmosféricas ha ganado interés en la actualidad, dado que se han convertido en fuentes viables para entender los múltiples problemas asociados a la calidad del aire y así proponer medidas regulatorias que permita formular estrategias factibles en la reducción de la contaminación de este componente ambiental. Los inventarios de emisiones vehiculares surgen como una herramienta para establecer una estimación de contaminantes procedentes de este tipo de fuentes móviles (Guadalupe, 2016, p.22), es allí donde radica la importancia de desarrollar los mismos, ya que servirán como base para establecer políticas eficientes orientadas a la conservación de la calidad de aire y estrategias de mitigación, asegurando así el derecho al vivir en un ambiente sano y equilibrado como contempla la Constitución de la República del Ecuador (Ministerio del Ambiente República del Ecuador, 2010).

Los inventarios de emisiones son utilizados como punto de partida para la regulación de los contaminantes vehiculares cuantificando y reconociendo las emisiones principales, además esto complementado con metodologías de desagregación espacial y temporal que permitirán conocer puntos críticos, dando relevancia a este proyecto. Siendo el cantón Guano el área de estudio debido a que su crecimiento poblacional y comercial ha provocado un mayor flujo vehicular especialmente fines de semana y feriados, ocasionando interés en la contaminación del aire (Gobierno Autónomo Decentralizado del Cantón Guano, 2015), llegando a ser necesaria la estimación de emisiones que este sector genera como paso previo a la creación de políticas públicas, las mismas que contribuirán a la protección ambiental y por ende a la salud de los habitantes.

El presente estudio es viable ya que se posee el acceso a la información inicial requerida, así como también los recursos computacionales y bibliográficos para su realización, todo esto integrado bajo la detallada dirección académica de docentes propios de la institución con experticia en el tema.

## **OBJETIVOS**

### **General**

- Estimar las emisiones atmosféricas provenientes de fuentes móviles del cantón Guano aplicando el modelo computacional International Vehicle Emissions (IVE) del año 2019.

### **Específicos**

- Determinar la actividad, distribución y tecnología de la flota vehicular presente en el área de estudio.
- Aplicar el modelo computacional IVE para la determinación de las emisiones vehiculares.
- Desagregar espacial y temporalmente las emisiones generadas por fuentes móviles en la localidad.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Antecedentes

En la primera Cumbre de la tierra llevada a cabo en Estocolmo en 1972, se planteó la conservación y mejora del ambiente, considerando por primera vez el cambio climático y las actividades que pudieran provocarlo (Vengoechea, 2012, p.10). Años más tarde, en el protocolo de Kioto en 1977, se consideran la importancia de las emisiones de dióxido de carbono y gases de efecto invernadero como principales agentes de afectación hacia la calidad del aire, estableciendo importancia en la reducción de su generación (Jackson, 2014, p.12).

Esto ha despertado el interés de varios sectores de investigación a escala mundial, tanto es así que United States Environmental Protection Agency (EPA), ha desarrollado programas para estimación de emisiones vehiculares como MOBILE y MOVES, cuya aplicación ha permitido estimar las emisiones vehiculares a lo largo del territorio estadounidense, contribuyendo a la generación de políticas en pro de la conservación de la calidad del aire (US EPA, 2014). En tanto que, la unión europea a través de la agencia de ambiente, desarrollo un sistema de modelación de emisiones vehiculares llamado *Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport* (COPERT), el cual ha demostrado gran certeza en la generación de inventarios de emisiones atmosféricas generadas por los automotores con amplia aplicación en los países europeos (Iniestra, 2009, p.34).

Varios investigadores se han centrado también en el estudio de emisiones atmosféricas generadas por el transporte, tal es el caso de Borge (2014, pp.809-819), que ha realizado varios estudios en diversas localidades de Europa, enfocado en el modelamiento y estimación de estas, logrando generar varios planes para el manejo de la calidad del aire. En América del Sur, el modelo *International Vehicle Emissions* (IVE) por su facilidad de adaptación a la realidad de países con ingresos medios y bajos, ha sido ampliamente utilizado para la estimación de emisiones, siendo así el caso de Bogotá en donde Giraldo (2005, pp.1-3), categorizó toda la flota vehicular así como también el comportamiento de los conductores para evaluar la emisiones generadas por fuentes móviles en esta localidad, encontrando que, los buses generan 50% de las emisiones de PM<sub>10</sub>, cerca del 30% de las emisiones de CO y 40% de las emisiones de NO<sub>x</sub>.

En el Ecuador, Ministerio del Ambiente República del Ecuador (2010) realizó el Plan Nacional de la Calidad del Aire que sirvió para identificar de forma precisa los sectores de mayor contribución de contaminantes atmosféricos para futuros programas de control, siendo uno de los puntos más relevantes las emisiones generadas por el transporte. Guadalupe (2016) realizó una emisión de contaminantes de fuentes móviles terrestres en Quito para la cual caracterizó la flota vehicular así

como también rutas y puntos de conteo obteniendo que buses medianos, pequeños y camiones medianos emiten de manera significativa NOx comparándolo con las demás categorías de transporte. Un estudio similar fue realizado por Peñafiel (2019, pp. 5-10), donde se estimó un inventario de fuentes móviles terrestres para la ciudad de Azogues, mediante la aplicación del *Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares* (IVE).

## **1.2. Bases teóricas**

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente también conocida como la Primera Cumbre para la Tierra, celebrada en Estocolmo (Suecia) del 5 al 1 de junio de 1972, fue la primera Conferencia de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) Organización de las Naciones Unidas, que enunciaba los principios para la conservación y mejora del medio ambiente internacional. Planteó también la cuestión del cambio climático por primera vez, alertando a los gobiernos sobre las actividades que pudieran provocarlo y de la magnitud de éstas sobre el clima (ONU, 2017).

Con la finalidad de establecer la importancia de formular y llevar a cabo medidas oportunas para la mejora de la calidad del aire para beneficio y bienestar de la población, a través de la realización de estudios enfocados a conocer la realidad del ambiente y así poder plantear a futuro medidas para controlar los mismos. El proyecto técnico se base en conocer la realidad de emisiones atmosféricas de la flota vehicular en el cantón Guano, mediante la estimación de emisiones atmosféricas con utilización del modelo IVE que permite adaptabilidad de condiciones dependiendo de la localidad (Peñafiel, 2019, pp.1-3).

Actualmente uno de los más grandes inconvenientes que se prueba con el pasar de los años es el crecimiento de las emisiones de contaminantes a la atmósfera, como consecuencia de ocupaciones humanas e industriales; lo que produce secuelas graves a grado ambiental y a la salud humana. Para elaborar las bases teóricas es necesario detectar, obtener y consultar la literatura (documentos) pertinente para el problema de investigación, así como extraer y recopilar la información de interés (Malagón, 2011, p.5).

## **1.3. Bases conceptuales**

### ***1.3.1. Calidad del Aire***

La estimación de la calidad del aire permite identificar las consecuencias de la contaminación generados por actividades antropogénicas, de esta manera se prioriza la implementación de medidas de prevención y control para evitar el deterioro ambiental y efectos adversos a la salud humana. Al alterar la composición atmosférica se altera la calidad de vida en la biosfera, afectando

así directamente a los ecosistemas y recursos naturales de los mismos. Las diferentes actividades antropogénicas han modificado la composición del aire ocasionando cambios en el clima, a su vez esto ha impactado al sector económico por elevados costos que están asociados a la atención en salud y también por todos los controles que demandan a todas aquellas fuentes generadoras de dicha contaminación a la atmósfera (Gracia, 2012, p.84).

### **1.3.2. Contaminación**

La presencia en el medio de uno o más contaminantes o la combinación de ellos, en concentraciones tales y con un tiempo de permanencia tal, que causen en estas, condiciones negativas para la salud, la flora, la fauna y los ecosistemas, a su vez que estos produzcan en el hábitat de los seres vivos, el aire, el agua, los suelos, los paisajes o los recursos naturales en general, un deterioro importante (MAE, 2015, p.1).

### **1.3.3. Contaminante**

Cualquier elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos o combinación de ellos, que causa un efecto adverso al aire, agua, suelo, flora, fauna, seres humanos, a su interrelación o al ambiente en general (MAE, 2015, p.1).

### **1.3.4. Contaminación Atmosférica**

La contaminación atmosférica referida a 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, 2017, p.112). En el Ecuador se ha realizado estimación de emisiones en algunas provincias, más se ha dejado de lado a pequeñas localidades como el cantón Guano que se encuentra situado al norte de la Provincia de Chimborazo y cuenta con afluencia de varia flota vehicular, la misma que emite diferentes gases a la atmósfera. Los tipos de contaminantes (Tabla 1-1) se pueden clasificar en función de su origen, por su estado físico y por su composición química (Malagón, 2011, p.6).

**Tabla 1-1:** Clasificación de contaminantes atmosféricos

<b>En base a su origen</b>	<b>En base a su estado físico</b>	<b>En base a su tipo de composición química</b>
<b>Primarios</b>	Gases	Inorgánicos
<b>Secundarios</b>	Partículas: solidos, líquidos	Orgánicos

Realizado por: Samaniego, Wendy, 2021.

Las diferentes concentraciones de los contaminantes se definen por niveles de alerta, de alarma y de emergencia, estos ayudan a accionar la toma de medidas dependiendo los niveles de contaminación y así mitigar, reducir, prevenir el daño a zonas afectadas y preservar la salud poblacional (Malagón, 2011, p.4).

“Los contaminantes primarios, son los aquellos emitidos directamente a la atmósfera como: monóxido de carbono (CO); los contaminantes secundarios se forman en la atmósfera a partir de reacciones químicas de sus precursores, ejemplo: el ozono (O<sub>3</sub>), formado por reacciones de contaminantes primarios: compuestos orgánicos volátiles (COV<sub>s</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)” (Ubilla, 2017, p.112).

### ***1.3.5. Fuentes móviles***

Estas comprenden a vehículos particulares, transporte público y de carga. Esta contaminación se incrementa por el aumento del parque automotor, principalmente derivado del uso masivo de vehículos particulares. Comprende los medios de locomoción (transporte automotor). La realización de un inventario de fuentes fijas contaminantes constituye un importante paso para cuantificar el potencial de emisiones de este tipo, en un territorio determinado (Galarza, 2018, pp.19-23).

### ***1.3.6. Monóxido de Carbono***

El CO es un gas incoloro, inodoro y venenoso, que se forma cuando los combustibles no se oxidan completamente. Es uno de los principales gases contaminantes que se emiten por los tubos de escape de los vehículos. En las zonas urbanas, un porcentaje muy alto de la presencia de CO se debe normalmente a las emisiones por el tráfico vehicular, otra fuente importante son los procesos industriales de combustión. La emisión de CO produce problemas de contaminación del aire de tipo interior y exterior. En términos de muertes accidentales por asfixia, son mucho más críticas las concentraciones, y por tanto las exposiciones, que se generan en el interior de viviendas y espacios cerrados (Tapia, 2010, p.13).

### ***1.3.7. Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)***

Es un gas incoloro, inodoro y muy soluble en agua. Solo es considerado contaminante cuando se encuentra en concentraciones elevadas. Su tiempo de vida media oscila entre 50 y 200 años, no obstante, el incremento de su concentración en la atmósfera es uno de los responsables del conocido "efecto invernadero". Este puede proceder de combustión completa de compuestos con carbono, de la oxidación de CO, incendios forestales entre otros (Malagón, 2011, pp.20-21).

### ***1.3.8. Óxidos de Nitrógeno (NOx)***

Compuestos formados por moléculas de oxígeno y de nitrógeno, siendo los más importantes el monóxido de nitrógeno (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), formándose por la oxidación del nitrógeno molecular (N<sub>2</sub>). “El nitrógeno por ser un gas inerte y al alcanzar altas temperaturas durante la combustión, reacciona una pequeña parte de este y da lugar a la formación del NO, oxidándose rápidamente y formando el NO<sub>2</sub>, este último es un gas precursor del efecto invernadero” (Aguirre y Machado, 2015, p.29).

### ***1.3.9. Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs)***

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA, 2018, p.1) los define como cualquier compuesto de carbón, excluyendo al monóxido de carbono, dióxido de carbono, ácido carbónico, carburos o carbonatos metálicos y carbonato de amonio; que participan en reacciones atmosféricas fotoquímicas. “Las principales fuentes antropogénicas constituyen todos los procesos de combustión (fundamentalmente el tráfico y las industrias), así como la evaporación por la gestión y almacenamiento de los combustibles en reservas, en el llenado de vehículos y uso de disolventes” (Tapia, 2010, p.14).

### ***1.3.10. Gases de Efecto Invernadero (GEI)***

Son aquellos gases presentes en la atmósfera que contribuyen al efecto invernadero. Son de origen natural y antropogénico, la emisión continuada de estos gases provoca un mayor calentamiento de la superficie terrestre, ya que absorben mayor radiación de la que posteriormente es devuelta por la superficie terrestre. “El efecto de estos gases en el cambio climático depende de tres factores principales: la cantidad o concentración de estos en la atmósfera, el tiempo que permanecen en ella y el nivel de impacto en la temperatura global” (CEPSA, 2015, pp.45-52). La mayor parte del mundo científico también está de acuerdo sobre las consecuencias a largo plazo de la emisión continuada de gases de efecto invernadero si no se llevan a cabo mayores esfuerzos adicionales a los actuales: un mayor calentamiento y cambios en el clima global, aumentando la probabilidad de grandes, generalizados e irreversibles cambios en los ecosistemas y población (CEPSA, 2015 pp.45-52).

### ***1.3.11. Inventario Atmosférico***

Es el conjunto de datos que caracterizan y consolidan, mediante sumatoria, las emisiones de contaminantes atmosféricos, de acuerdo con el tipo de fuente y el tipo y cantidad de contaminantes

emitidos, en un área geográfica y en un intervalo de tiempo determinados estos son instrumentos indispensables en los procesos de gestión de calidad del aire y 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. “El inventario de emisiones debe mejorar estas características en la medida en que se hace dinámico y se ajusta y complementa de forma periódica” (Gaitán, 2017, p.7). Los países en desarrollo se recopila la información mayormente en búsquedas de internet, informes ambientales procedentes de agencias privadas o gubernamentales. “En los países de América del Sur no se cuenta con la suficiente información de inventarios nacionales, es por ello por lo que se aplica la exploración con índices socioeconómicos para el desarrollo de inventarios locales” (Pinto et al., 2021, p.2).

Dentro de un inventario de emisiones se consideran: fuentes puntuales (industrias), fuentes móviles (vehículos automotores que circulan por la urbe), fuentes de área (casas, comercios, servicios, y los vehículos que no circulan por las carreteras), y fuentes naturales (erosión de suelo y emisiones biogénicas) (Pinto et al., 2021, p.3).

#### ***1.3.12. International Vehicle Emissions (IVE)***

Es posible estimar las emisiones de contaminantes criterio, gases efecto invernadero y otras sustancias tóxicas provenientes de vehículos de pasajeros (particulares y taxis), motocicletas, buses y camiones. Para la estimación del inventario de emisiones, el modelo requiere información acerca de los siguientes componentes: la tasa de emisión de contaminantes de los vehículos (factores de emisión), el nivel de actividad de los vehículos y la distribución tecnológica de la flota como el uso de aire acondicionado, tipo de combustible utilizado, sistemas de control de emisiones. El modelo IVE cuenta con la opción de ingresar los factores de emisión propios de cada ciudad. Sin embargo, en caso de que esta información no esté disponible, el modelo utiliza factores de emisión desarrollados a partir del ciclo de conducción del Método de Prueba Federal (FTP) de Estados Unidos para ser luego ajustados a la realidad de las características observadas de la ciudad para la cual se está elaborando el análisis (Giraldo y Behrentz, 2005, p.72). “Este modelo presenta ciertas características favorables como; simplicidad y flexibilidad de uso, adaptabilidad a características de cualquier país, con baja demanda de insumos y utiliza mediciones de campo” (Peñañiel, 2019, pp.1-3).

#### ***1.3.13. Disaggregation of on-Road Vehicle Emissions (DROVE)***

Es un código computacional de libre acceso que fue desarrollado en lenguaje R, este permite realizar desagregaciones espaciales y temporales de emisiones vehiculares, aportando así a la correcta gestión de la calidad del aire. Además, permite trabajar con información obtenida de



otros modelos de emisiones. “DROVE trabaja con tres opciones que son: el uso de información sobre la longitud de los tramos de carretera (opción 1), la longitud de los tramos de carretera tipo de carreteras (opción 2) y longitud de los tramos de carretera + flujos de tráfico (opción 3)”(González et al ., 2020, pp.9-12). Los datos que se ingresan deben estar en formato de archivo csv o txt, esta información en tablas debe contener datos de flujos totales de emisiones, indicando la categoría vehicular con la emisión total de los contaminantes analizados en unidades de ton/año o kg/día, en el caso de no poseer la información por categoría solo se realiza la tabla de emisiones único una grilla del lugar de estudio(González et al ., 2020, pp.3-6).

La elaboración de celda de cuadrícula se puede realizar utilizando un sistema de información (SIG) como ArcGis o QGis. Para el caso de la desagregación espacial se puede realizar en una variada gama de resoluciones para determinar el valor del contaminante por área. En la desagregación temporal se emplea también información del tipo de vía y conteo horario para su posterior generación, donde se obtiene la cantidad de contaminante que se genera por hora (González et al ., 2020, pp.9-12).

#### **1.4. Base Legal**

A nivel local poco se ha documentado sobre los efectos de la contaminación del aire en la salud. Según datos de la Organización Panamericana de Salud (OPS), en el Ecuador, se producen cerca de 500 muertes por año debido a enfermedades relacionadas con la mala calidad del aire. Así también, un estudio realizado en Quito en el año 2001 evidenció que los niños que asistían a escuelas ubicadas en lugares de creciente contaminación ambiental tenían mayor incidencia de infecciones respiratorias (OPS, 2001).La contaminación del aire ha sido reconocida como un problema de salud pública a nivel internacional debido a que se relaciona con problemas de salud. La Constitución vigente (Constitución de la República del Ecuador, 2008, p.23), uno de los derechos de los que gozan los ciudadanos es a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, declarándose además de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la preservación del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (artículo 14) y concomitantemente, el Estado tiene como deberes primordial, promover el desarrollo sustentable y proteger el patrimonio natural y cultural (OPS, 2001).

Reforma al Texto Unificado de Legislación Secundaria Medio Ambiente (Acuerdo Ministerial N° 028). El anexo tres Libro VI del Acuerdo Ministerial N° 028 se establece bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión 28 Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. La Entidad Ambiental de Control verificará, mediante sus respectivos programas de monitoreo, que las concentraciones a nivel de

suelo en el aire ambiente de los contaminantes comunes no excedan los valores estipulados en esta norma. Dicha Entidad quedará facultada para establecer las acciones necesarias para, de ser el caso de que se excedan las concentraciones de contaminantes comunes del aire, hacer cumplir con la presente norma de calidad de aire. Caso contrario, las acciones estarán dirigidas a prevenir el deterioro a futuro de la calidad del aire (MAE, 2015, p.1).

Norma INEN de la Calidad del Aire. Esta norma establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) que emplean gasolina. Esta norma se aplica a las fuentes móviles terrestres de más de tres ruedas (vehículo automotor, vehículo prototipo). Esta norma no se aplica a las fuentes móviles que utilizan combustibles diferentes a gasolina. Esta norma no se aplica a motores de pistón libre, motores fijos, motores náuticos, motores para tracción sobre rieles, motores para aeronaves, motores para tractores agrícolas, vehículos motorizados clásicos, vehículos de competencia deportiva, maquinarias y equipos para uso en construcciones y aplicaciones industriales (NTE INEN 2204, 2017, p.3).

El Ministerio del Ambiente (MAE) ejecuta el Plan Nacional de la Calidad del Aire (PNCA), instrumento que tiene como objetivo, alcanzar una gestión adecuada de la calidad del aire para proteger la salud de la población, los recursos naturales y el patrimonio cultural del Ecuador (MAE, 2010, p.1). El Proyecto 1 del Programa 1 del PNCA, considera el desarrollo del inventario nacional de emisiones, a fin de establecer la primera estimación de la cantidad de contaminantes atmosféricos, que se emiten tanto de fuentes naturales como antropogénicas; como instrumento básico e indispensable para la formulación, implantación y seguimiento del PNCA. Los inventarios de emisiones constituyen herramientas claves e imprescindibles para la gestión de la calidad del aire. Proporcionan información relevante sobre el aporte de fuentes, tanto antropogénicas como naturales; a fin de identificar los mayores emisores de contaminantes primarios y de gases de efecto invernadero (GEI) (MAE, 2010, p.1). El MAE, consciente de su responsabilidad en la gestión de la calidad del aire, promueve el uso de ésta y otras herramientas, a fin de alcanzar un mejor entendimiento de los problemas de contaminación atmosférica en el país, como paso previo a la aplicación de acciones para el control de la contaminación atmosférica (Tapia, 2010, pp.6-12).

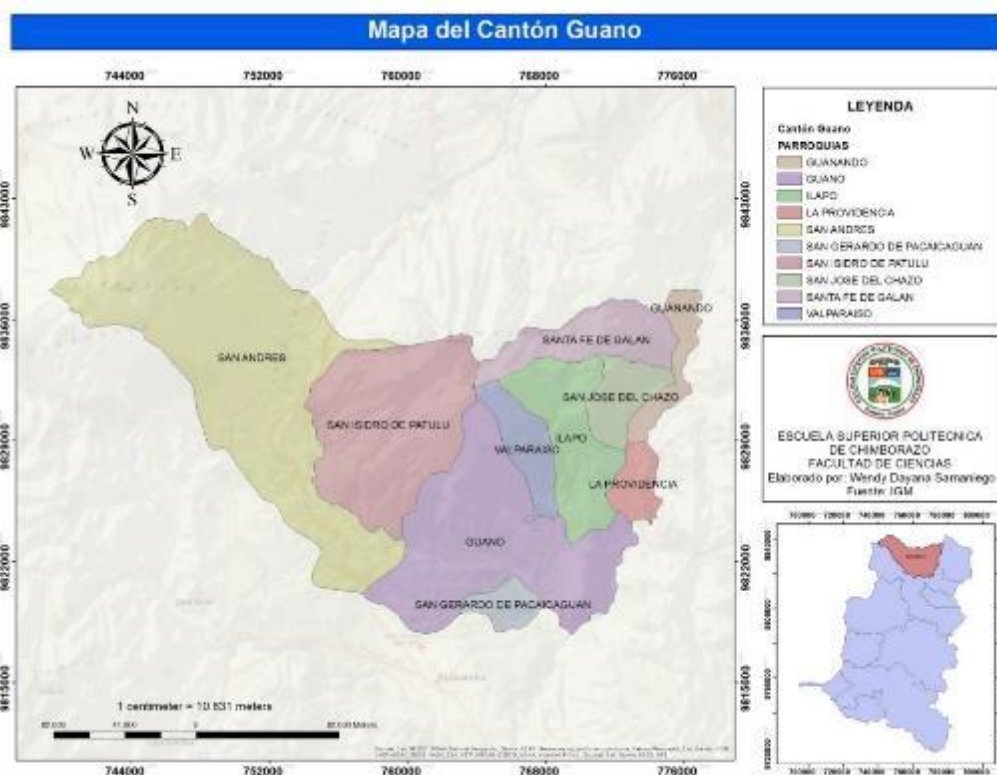
## CAPÍTULO II

### 2. METODOLOGÍA

#### 2.1. Área de Estudio

##### 2.1.1. Localización del proyecto

El presente proyecto se llevó a cabo en el cantón Guano que se encuentra situado al norte de la Provincia de Chimborazo como se visualiza en la Figura 1-2, el cual cuenta con un rango altitudinal de territorio que varía desde los 2.280 m.s.n.m. en la Comunidad Cahujá Bajo, parroquia Guanando, hasta los 6.310 m.s.n.m. (Nevado Chimborazo), parroquia San Andrés, debido a este fenómeno en el cantón se registran temperaturas que oscilan desde bajo 0°C (Nevado Chimborazo) hasta los 28,3°C en los meses más calurosos y cuenta con una temperatura promedio de 12,6 °C (Gobierno Autónomo Decentralizado del Cantón Guano, 2015, p.40).



**Figura 1-2:** Mapa del Cantón Guano

**Fuente:** Departamento de Ordenamiento Territorial del GAD-Guano.

**Realizado por:** Samaniego, Wendy, 2021.

## 2.2. Descripción del Modelo Internacional De Emisiones (IVE)

Las estimación de emisiones atmosféricas de fuentes móviles se obtuvo a partir del uso del modelo computacional IVE, cuyos componentes esenciales fueron: factores de emisión, actividad vehicular (localidad) y distribución vehicular (flota) (ISSRC, 2008b, pp.5-8). El esquema de estimación del Modelo IVE se fundamentó en interacción de la base de factores de emisión con cada uno de los factores de corrección y por la distancia-vehículo para cada tecnología (ISSRC, 2008b, p.5). Los factores de correlación fueron ordenados en múltiples categorías, como se indica en la Tabla 1-2.

**Tabla 1-2:** Factores de correlación para Localidades específicas en el modelo IVE

<b>Variabes Locales</b>	<b>Variabes de Calidad de Combustible <math>K_{(Fuel)[t]}</math></b>	<b>Variabes de potencia y de conducción <math>K_{[dt]}</math></b>
<b>Temperatura Ambiente <math>K_{(Tmp)[t]}</math></b>	Gasolina Total	Potencia Especifica Vehicular (VPS)*
<b>Humedad Ambiente <math>K_{(Hmd)[t]}</math></b>	Gasolina Azufre	Pendiente
<b>Altitud <math>K_{(Alt)[t]}</math></b>	Gasolina Plomo	Uso de aire Acondicionado
<b>Programa de Inspección/ Mantenimiento <math>K_{(IM)[t]}</math></b>	Gasolina Benceno	Distribución de Partida en frío
<b>Base de Factores de Correlacion <math>K_{(Cntry)[t]}</math></b>	Gasolina Oxigenados Diesel Total Diesel Azufre	

Fuente: (ISSRC, 2008).

La base de cálculo del modelo se sustentó en la Ecuación 1-2, la cual multiplica la base de factores de emisión por la serie de factores de correlación que están en dependencia de los valores asignados en el modelo, estimando así los ajustes del factor de emisión para cada tipo de vehículo y tecnología (ISSRC, 2008b, pp.11-14). Además este modelo permitió ingresar los factores en dependencia a la realidad de la localidad.

### Ecuación 1-2.

$$Q_{[t]} = B_{[t]} * K_{(Tmp)[t]} * K_{(Hmd)[t]} * K_{(Alt)[t]} * K_{(IM)[t]} * K_{(Cntry)[t]} * K_{(fuel)[t]} * K_{[dt]}$$

Donde:

$Q_{[t]}$  = factores de emisión para cada tecnología

$B_{[t]}$ =base de factores de emisión

$K_{(T_{mp})[t]}$ =factor de corrección de temperatura ambiente

$K_{(H_{md})[t]}$ =factor de corrección de humedad

$K_{(Alt)[t]}$ =factor de corrección de altitud

$K_{(IM)[t]}$ =factor de corrección de Inspección/Mantenimiento

$K_{(C_{ntry})[t]}$ =base de factores de corrección

$K_{(f_{uel})[t]}$ =factor de corrección de combustible

$K_{[dt]}$ =variable de potencia y conducción

Para la estimación fue esencial la determinación de la actividad vehicular en la localidad en cuestión, ésta consistió en la identificación de parámetros dinámicos como patrones de conducción, magnitud de conducción, patrones de partida, condiciones climáticas y características de combustible; estos parámetros se detallan en la Tabla 2-2. (Peñañiel, 2019, pp.4-5).

**Tabla 2-2:** Parámetros para el estudio de la actividad vehicular

Parámetro	Descripción	Influencia	Método
Patrones de conducción	Distancia de recorrido, perfiles de velocidad y altitud.	Directamente proporcionales al consumo de combustible y emisiones contaminantes	GPS a bordo del vehículo
Patrones de partida	Tiempos entre puestas en marcha del motor.	A mayor tiempo, menos temperatura en el motor y menos eficiencia de combustión.	Registro de partida
Condiciones climáticas	Altitud, temperatura ambiente, humedad relativa.	Influencia directa en la eficiencia de la combustión del motor y por ende mayores emisiones contaminantes.	INAMHI
Características del combustible	Calidad del combustible, cantidad de impurezas y aditivos.	Influencia directa en la eficiencia de la combustión del motor y por ende mayores emisiones contaminantes.	Informe del ente regulador
Uso del aire acondicionado	Porcentaje de tiempo en el que se usa el aire acondicionado.	Directamente proporcionales al consumo de combustible y emisiones contaminantes.	Registro de partida

Fuente: (Peñañiel Urgiles, 2019).

### 2.2.1. Patrones de conducción

En IVE los patrones de conducción están en función de dos parámetros: Potencia específica vehicular (VPS) y estrés del motor, los cuales se obtuvieron conociendo la tecnología del vehículo y el comportamiento de éste en tramos de vías seleccionados, detallado en la sección 2.2.3, considerando la variación de velocidad y altitud segundo a segundo.

La ventaja del modelo sobre otros similares es la utilización del concepto de Potencia Específica del Motor (VSP), la cual se calculó a partir de la Ecuación 2-2, donde se consideró la aceleración y velocidad del vehículo, así como también la pendiente del terreno.

**Ecuación 2-2.**

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

Donde:

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

$$v = \text{velocidad} \left( \frac{m}{s} \right)$$

$$a = \text{aceleración} \left( \frac{m}{s^2} \right)$$

$$h = \text{altitud} (m)$$

Otra variable intrínsecamente relacionada con VSP es el estrés del motor, la cual se determinó en base a la potencia generada por el vehículo en complemento con las revoluciones por minuto (RPM) del motor, como se indica en la Ecuación 3-2.

**Ecuación 3-2.**

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

Donde:

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

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

Los parámetros VSP y estrés del motor generaron “Bines”, que son diferentes compartimientos de energía, necesarios en el cálculo del modelo. Existen 20 intervalos de valores VSP, mencionados en la Tabla 3-2, y tres de estrés, señalados en la Tabla 4-2, con un total del 60 bines (ISSRC, 2008b, pp.20-22).

**Tabla 3-2:** Niveles de valores VSP

Nivel (bin)	VSP (kW/Ton)	
	Valor Inferior	Valor Superior
0	-80,0	-44,0
1	-44,0	-39,9
2	-39,9	-35,8
3	-35,8	-31,7
4	-31,7	-27,6
5	-27,6	-23,4
6	-23,4	-19,3
7	-19,3	-15,2
8	-15,2	-11,1
9	-11,1	-7,0
10	-7,0	-2,9
11	-2,9	1,2
12	1,2	5,3
13	5,3	9,4
14	9,4	13,6
15	13,6	17,7
16	17,7	21,8
17	21,8	25,9
18	25,9	30,0
19	30,0	1000,0

Fuente: (ISSRC, 2008).

**Tabla 4-2:** Niveles de estrés del motor

Nivel (bin)	Estrés del Motor (sin unidades)	
	Límite Inferior	Límite Superior
0 a 19	-1,6	3,1
20 a 39	3,1	7,8
40 a 59	7,8	12,6

Fuente: (ISSRC, 2008).

### 2.2.2. Patrones de partida

Los patrones de partida para IVE se establecieron en base a los periodos (Soak) utilizados en el cálculo de ajustes por conducción, representados en la Tabla 5-2, los cuales se definen como el periodo de tiempo en el que un motor caliente es apagado y vuelto a encender, estos fueron obtenidos a partir de una encuesta compuesta de 22 preguntas a conductores, para este factor fue importante diferenciar entre el intervalo de tiempo entre el arranque y apagado del motor, dado

que también tiene incidencia en el nivel de emisiones.

**Tabla 5-2:** Categoría de Soak para Patrones de Partida en el modelo IVE

<b>Descripción de Bin</b>	<b>Comienzo de Periodo Soak (minutos)</b>	<b>Final de Periodo Soak (minutos)</b>
15 min	0	15
30 min	16	30
1 hora	31	60
2 horas	61	120
3 horas	121	180
4 horas	181	240
6 horas	241	360
8 horas	361	480
12 horas	481	720
18 horas	721	n/a

**Fuente:** (ISSRC, 2008).

### 2.2.3. Selección de Rutas

Las rutas fueron seleccionadas dentro y fuera del área urbana de Guano, tomando en cuenta el nivel socioeconómico como parámetro de selección, siendo estos: alto ingreso, mediano - bajo ingreso y zona comercial (Guadalupe, 2016. p.93). Para el mejor procesamiento de información, se determinaron categorías vehiculares de acuerdo con la Tabla 6-2, ya que el modelo IVE trabaja con una clasificación vehicular para la cuantificación de datos y así obtener una mayor representatividad de la información.

**Tabla 6-2:** Categorización Vehicular

<b>Categorías</b>	<b>Abreviaturas</b>
Vehículos particulares	VP
Taxis	Tx
Motos	Mt
Camión	Cm
Buses	Bs

**Realizado por:** Samaniego, Wendy, 2021.

La recolección de información en rutas se llevó a cabo mediante la utilización de un dispositivo de posicionamiento global (GPS) modelo Garmin GPSMAP 78 Handheld, el cual fue programado



para la recolección de datos de velocidad, altura y ubicación segundo a segundo. Éstas se realizaron en la base a la categorización vehicular descrita en la Tabla 6-2.

#### **2.2.4. Condiciones Climáticas**

Las condiciones (altitud, humedad relativa y temperatura) del área de estudio fueron obtenidas del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Guano (2015, pp.30-50) y del Boletín Climatológico de 2015 del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

#### **2.2.5. Características del combustible**

Fue importante también determinar el tipo de combustibles utilizados en los vehículos en el cantón, dicha información se obtuvo a partir de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (2017), cuyos parámetros a considerar fueron los siguientes: contenido de azufre (ppm), peso molecular (g/mol), y densidad (g/gal).

#### **2.2.6. Distribución de Flota Vehicular**

La flota vehicular se determinó a partir de diferentes puntos que fueron escogidos en base a tres grupos generales siendo estos: autopistas, vías arteriales y calles residenciales. En dichos puntos se realizaron conteos vehiculares por hora con horarios de 07:00 am a 12:00 pm y 14:00 a 20:00 pm durante dos semanas, para la primera semana los conteos se realizaron durante la mañana, mientras que para la segunda semana los conteos fueron en la tarde como lo establece el Manual del IVE en el Anexo D (ISSRC, 2008a, p.17).

La identificación para tecnología vehicular se aplicó con una cámara para conocer las características del vehículo, de igual modo la aplicación de encuestas se realizó en los puntos ya mencionados, además se recolectó información con apoyo de los dueños de los vehículos, en caso contrario se tomaron fotos de las placas para consultar la información requerida, además se complementaron con inspecciones in situ. Algunas de las inquietudes que se buscó obtener con la encuesta fue: marca y modelo, el kilometraje, tipo de combustible, el cilindraje, presencia de convertidos catabólico, mantenimiento entre otras variables (Guadalupe, 2016, p.49). Las encuestas se aplicaron en parqueaderos, centro de revisión vehicular, parada de buses y taxis en base a los puntos antes mencionados.

### 2.2.7. Selección de sitios de conteo del cantón

#### *Dentro del Área Urbana*

- Primer punto: Avenida Asunción y 20 de Diciembre.

Este punto estuvo ubicado en el sector del Redondel de la Tejedora, a la entrada principal del Cantón Guano, zona comercial que comunica a dependencias gubernamentales, como se aprecia en la figura 2-2.

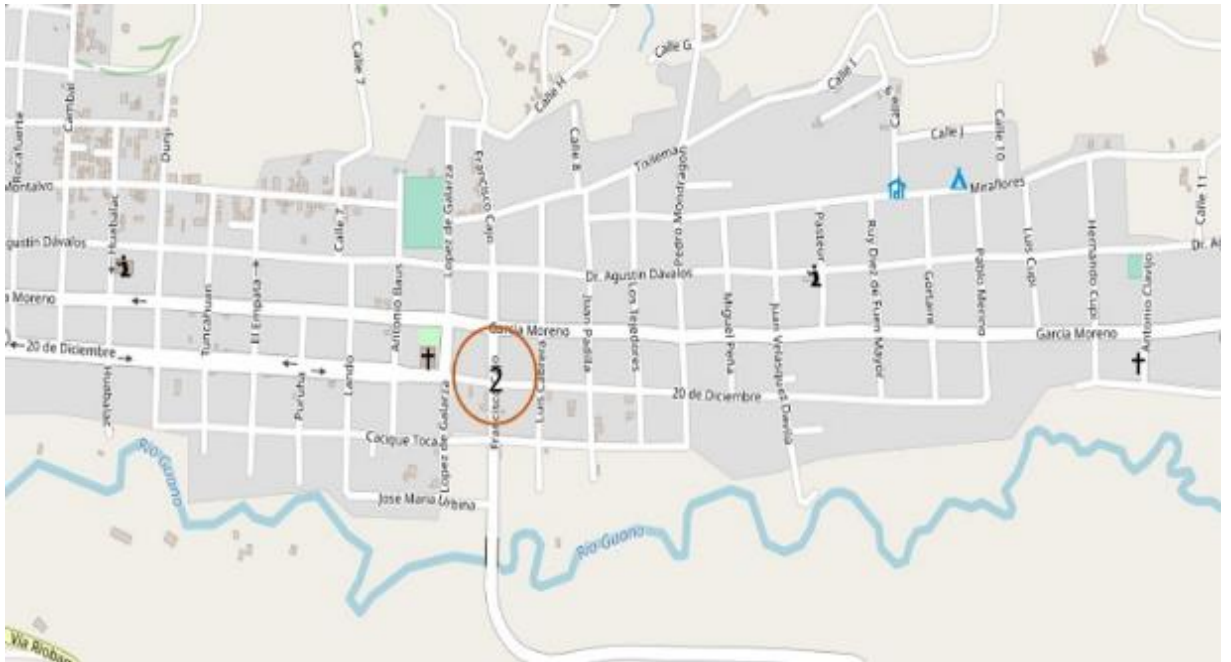


**Figura 2-2:** Avenida Asunción y 20 de Diciembre

Fuente: (Open Street Maps, 2021).

- Segundo punto: 20 de Diciembre y Francisco Cajo.

Punto ubicado en el nuevo acceso a la ciudad Guano, la cual está cerca de la Dirección Municipal del Cantón Guano (figura 3-2).



**Figura 3-2:** 20 de Diciembre y Francisco Cajo

Fuente: (Open Street Maps, 2021).

- Tercer punto: Avenida los Elenes y Gracia Moreno.

El punto estuvo ubicado en el sector Santa Teresita (figura 4-2) que cuenta con diversos sitios de expendio de comida típica de la ciudad Guano, además que es el punto de salida hacia varias parroquias del Cantón.



**Figura 4-2:** Avenida los Elenes y Gracia Moreno

Fuente: (Open Street Maps, 2021).

- Punto cuatro: Carretera Panamericana E35, sector San Andrés.

Este punto estuvo ubicado en el sector San Andrés sitio de gran flujo vehicular debido a que es una arteria vial importante del país que conecta el centro con la capital del Ecuador. Está ubicada a la parte norte del Cantón (figura 5-2).

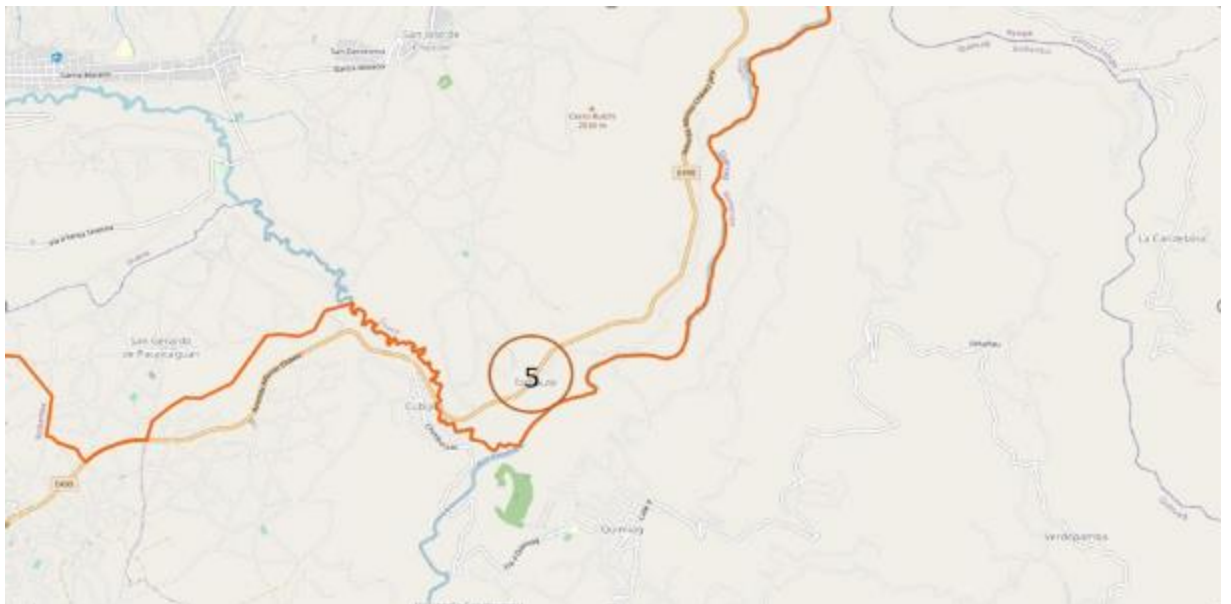


**Figura 5-2:** Carretera Panamericana E35, sector San Andrés

**Fuente:** (Open Street Maps, 2021).

- Punto cinco: Carretera E490, sector Tamaute.

Punto ubicado en el sector Tamaute, este punto es de importancia debido a que por este sitio pasa una carretera agrícola y de comercio ya que se dirige hacia la región Oriental del Ecuador (figura 6-2).



**Figura 2-6-2:** Carretera E490, sector Tamaute

**Fuente:** (Open Street Maps, 2021).

### 2.3. Desagregación Espacial y Temporal

La desagregación espacial permitió conocer cómo se distribuyen los contaminantes en el área de estudio, para ello se trabajó en base a una metodología Top-down, que usa principalmente al factor de desagregación (Saide et al, 2009, p.9). Los datos de entrada necesarios para este cálculo fueron la longitud de los segmentos viales, una malla geográfica de dimensiones 1km x 1km la cual se elaboró en ArcMap como muestra la metodología usada por (Ibarra-Espinosa et al. 2020, pp.3-10), tipo de vía evaluada y el aforo vehicular, los cuales fueron procesados en el *Algorithm For Spatial And Temporal Disaggregation Of On-Road Vehicle Emission Inventories (DROVE)*, que emplea la Ecuación 4-2

#### Ecuación 4-2.

$$DF_{j,i} = \frac{l_j * F_{j,i}}{\sum_0^n l_j * F_{j,i}}$$

Donde:

$DF_{j,i}$ = factor de desagregación

$l_j$ =longitud total de los segmentos contenidos en la celda j

$F_{j,i}$ = flujo de trafico en la celda j de la categoría vehicular i

Una vez hallado el factor desagregación, éste se multiplicó por el total de emisiones calculadas por IVE, como se muestra en la Ecuación 5-2.

#### Ecuación 5-2,

$$E_{i,j} = DF_{j,i} * E_t$$

Donde:

$E_{i,j}$ = emisión en la celda j de la categoría vehicular i

$DF_{j,i}$ = factor de desagregación

$E_t$ = emisión total

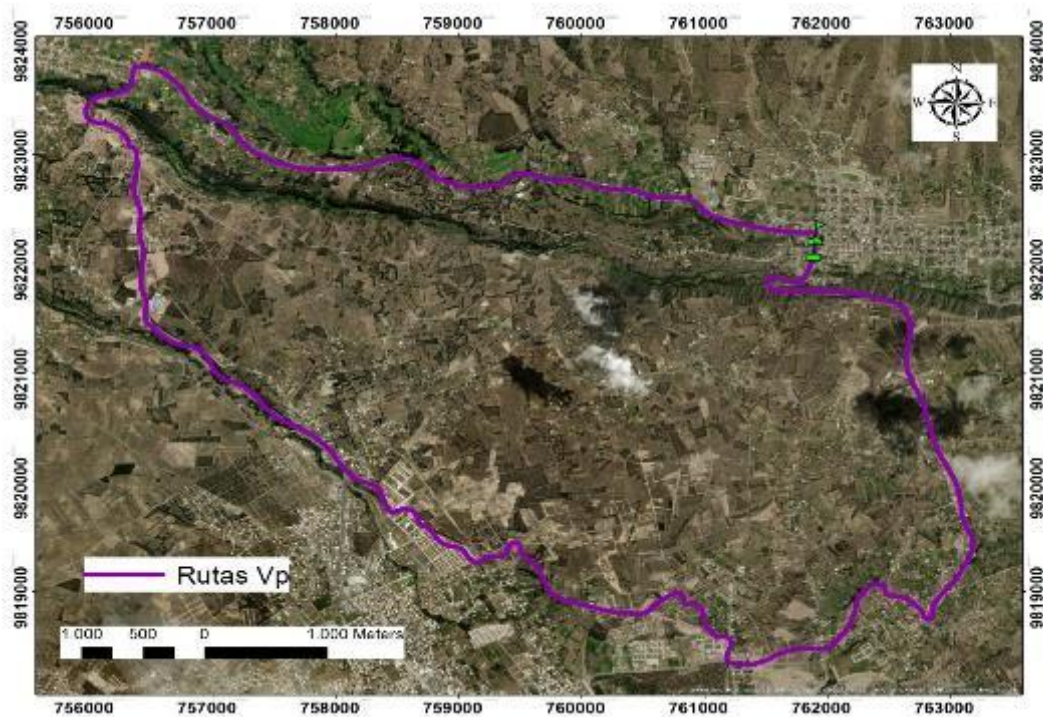
La desagregación temporal permitió distribuir a los contaminantes a lo largo de las horas del día. Para esto se aplicó una función de distribución horaria para cada categoría de vehículo, a través del algoritmo DROVE (González et al., 2020, p.2768).



## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

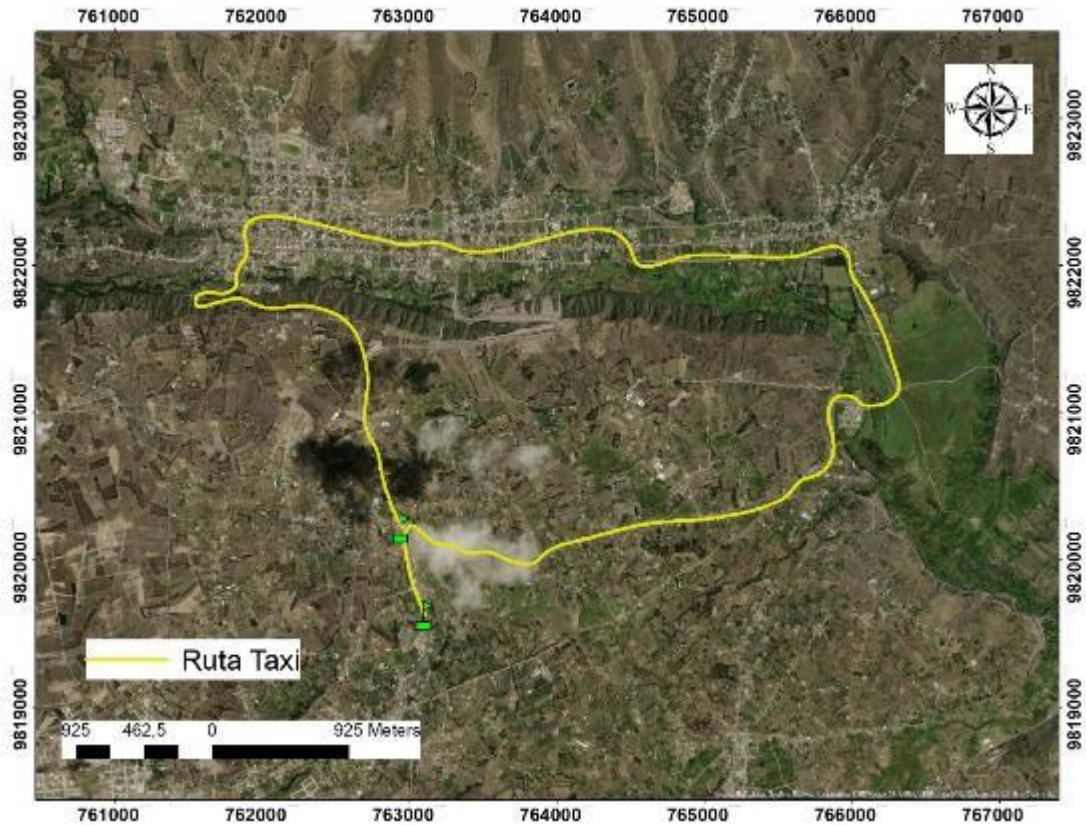
#### 3.1. Rutas



**Figura 1-3:** Ruta realizada por vehículo particular (VP)

Realizado por: Samaniego, W. 2021.

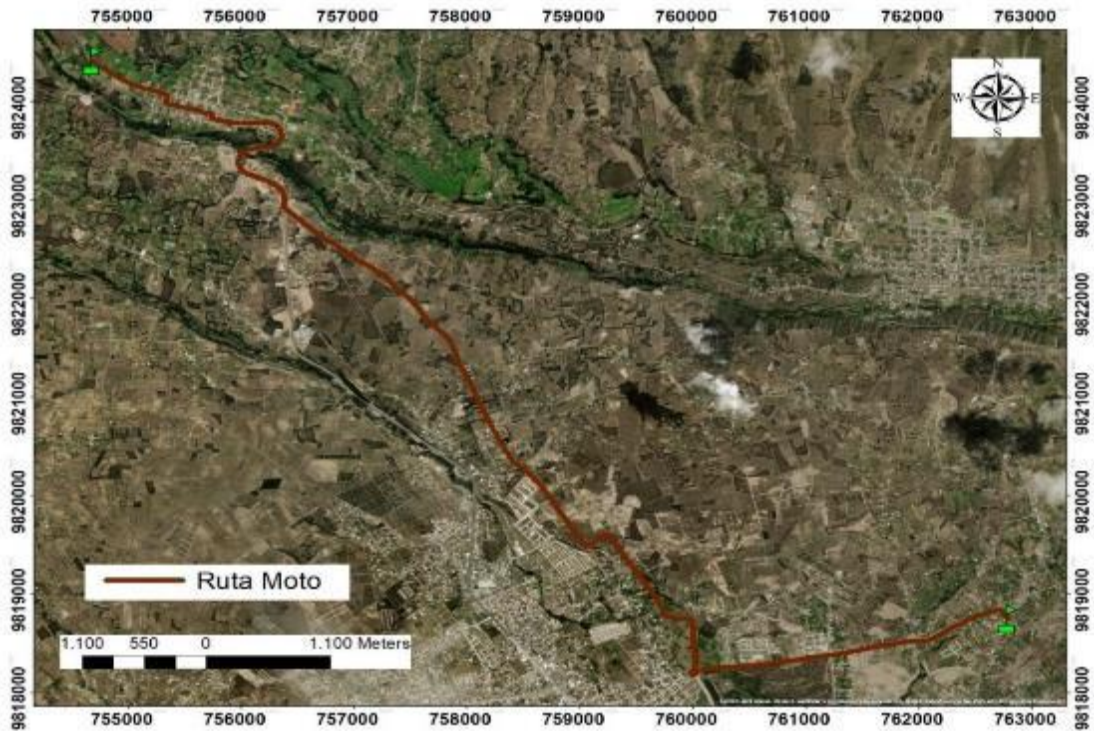
La ruta recorrida inició en el redondel de La Tejedora, tomando posteriormente la calle Agustín Davalos con dirección hacia la carretera Guano – San Andrés, se continuó hasta la intersección con la autopista E35, siguiendo el recorrido por ésta hasta la vía La República atravesando el sector de Langos San Miguel conectándose nuevamente hacia la vía Riobamba – Guano, para finalmente terminar el trazado en el punto de partida como se indica en la figura 1-3; recorriendo una distancia total de 22,67km con una velocidad promedio de 34,27km/h, teniendo el punto altitudinal más alto de 2985 m.s.n.m y la altitud menor registrada fue 2712 m.s.n.m. Ésta ruta recorrió zonas de altos, medios y bajos ingresos económicos como se indicó en la metodología. Esto contrasta con lo realizado por (Guadalupe, 2016, pp.37-41).



**Figura 2-3:** Ruta realizada por taxi (Tx)

Realizado por: Samaniego, W. 2021.

Se partió del límite cantonal Guano – Riobamba dirigiéndose hasta la entrada principal del cantón Guano, se tomó la calle Agustín Dávalos desde el parque central de la localidad hasta llegar sector de Santa Teresita, posteriormente a ello se continuó por la avenida Los Elenes para conectar con la vía Santa Teresita finalizando así con la llegada a la capilla del sector Langos Panamericana (figura 2-3), con una distancia total recorrida de 13km en todo el tramo a una velocidad promedio de 34,36km/h, a su vez el punto altitudinal más alto para la categoría Tx fue de 2800 m.s.n.m y el punto más bajo correspondió a 2584 m.s.n.m. Esta ruta atravesó zonas de altos, medios y bajos ingresos económicos.

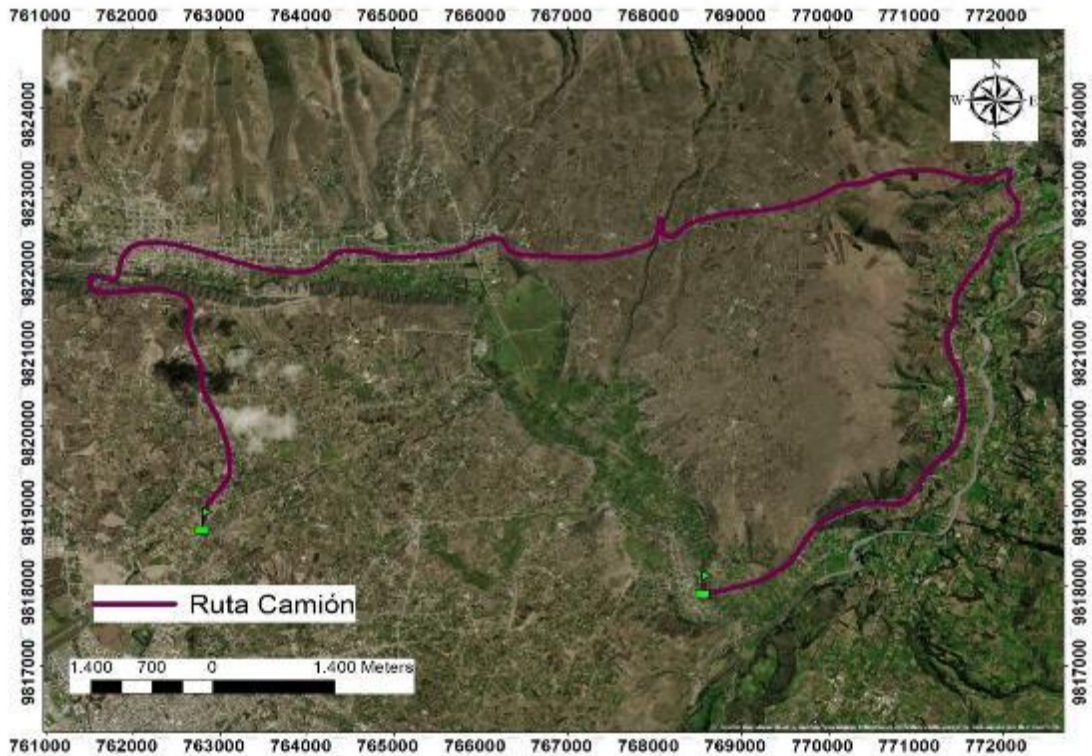


**Figura 3-3:** Ruta realizada por Moto (Mt)

Realizado por: Samaniego, W. 2021.

Empezó el recorrido en el cementerio de la parroquia San Andrés, avanzando por la autopista E35 hasta la vía La República, se atravesó por la comunidad Langos San Miguel para posteriormente conectarse con la vía Guano – Riobamba tendiendo como punto final el límite intercantonal (figura 3-3). La distancia total recorrida fue de 12,67km alcanzando una velocidad promedio de 69,82km/h. Las zonas atravesadas fueron del altos, medios y bajos ingresos económicos. El punto altitudinal más alto registrado fue de 2892 m.s.n.m y el más bajo correspondió a 2770 m.s.n.m.

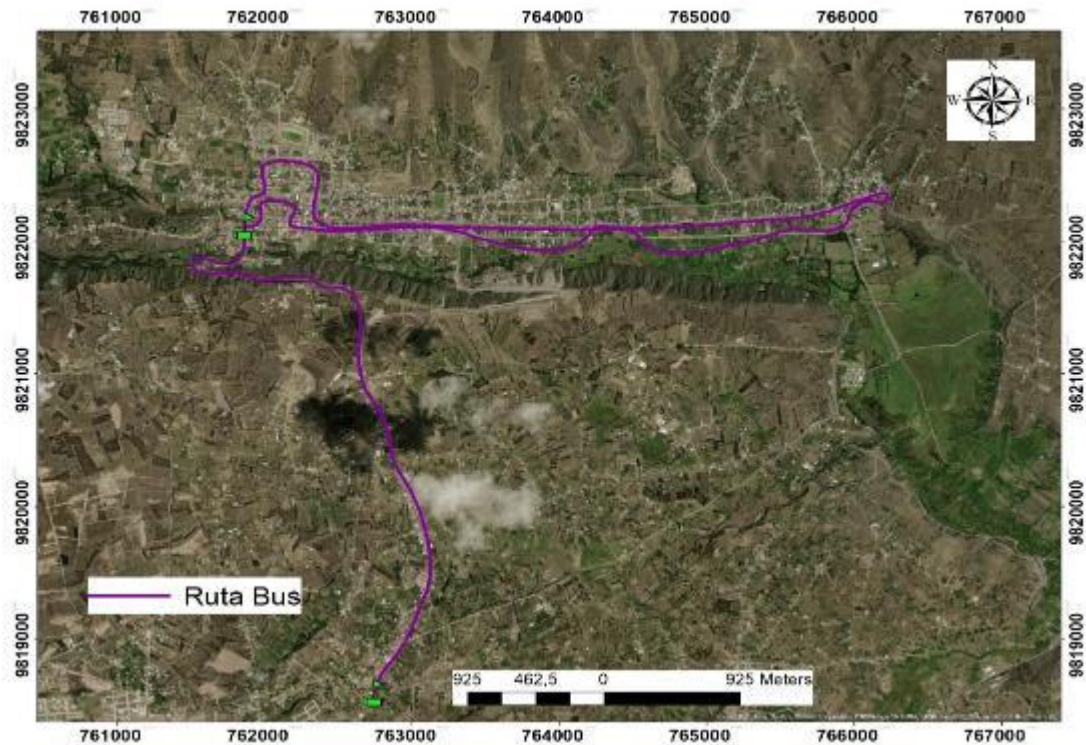




**Figura 4-3:** Ruta realizada por Camión (Cm)

**Realizado por:** Samaniego, W. 2021.

El punto de partida fue la vía Riobamba – Guano, en el límite intercantonal, se siguió por la misma hasta la entrada principal del cantón Guano, se avanzó por la calle Agustín Dávalos hasta el barrio Santa Teresita, posterior a ello se tomó la vía Guano – Ilapo atravesando las comunidades de San José de Chocón y Santa Rosa de Cullog, luego hacia la parroquia San José de Chazo, se partió con dirección a la parroquia La Providencia atravesando la zona de Pungal hasta conectar con la carretera E490 (Riobamba – Penipe), para terminar en el límite intercantonal ubicado en el sector de Tamaute (figura 4-3). En total se recorrió una distancia de 24km a una velocidad promedio de 23,77km/h, siendo el punto altitudinal más alto de 2781 m.s.n.m, mientras que el punto más bajo fue de 2473 m.s.n.m. El recorrido atravesó zonas de altos, medios y bajos ingresos económicos.



**Figura 5-3:** Ruta realizada por Bus (Bs)

**Realizado por:** Samaniego, W. 2021.

Se partió del límite Guano – Riobamba con dirección hacia la entrada principal del cantón, se prosiguió por la calle Asunción y luego se atravesó la avenida 20 de Diciembre para ascender por la calle León Hidalgo hasta la calle Marcos Montalvo, luego se descendió por la avenida Tomás Ramírez hasta la avenida 20 de Diciembre, una vez en el sector de La Inmaculada, se tomó la calle García Moreno hasta el sector de Santa Teresita, donde se encuentra la parada de buses, se retornó por la calle García Moreno desde el sector de Santa Teresita hasta el parque central de Guano para finalmente retornar por la vía Guano – Riobamba como se señala en la figura 5-3. El punto altitudinal más alto en el recorrido fue de 2826 m.s.n.m, a su vez el punto más bajo registrado fue de 2634 m.s.n.m. Se transitó una distancia total de 15,23km a una velocidad promedio de 18,51km/h, atravesando zonas de altos, medios y bajos ingresos económicos.

Todos los recorridos de las rutas trazadas abarcaron los sectores de la población semejantes a los realizados por Davis (2005), en cuyo estudio se manifiesta la importancia de atravesar zonas de ingresos altos, medios y bajos, así como también la ocurrencia de variaciones topográficas dado que esto permite la representatividad de los datos, independientemente de los kilómetros recorridos.

### 3.2. Condiciones climáticas

Las características climatológicas del cantón Guano para el año 2019 fueron las detalladas en la Tabla 1-3.

**Tabla 1-3:** Condiciones Climáticas

Parámetro	Valor	Unidad
Temperatura promedio	12.6	°C
Humedad	72	%
Altitud	2 728	m.s.n.m

**Realizado por:** Samaniego, Wendy, 2021.

**Fuente:** (GAD Guano 2019).

### 3.3. Características del Combustible

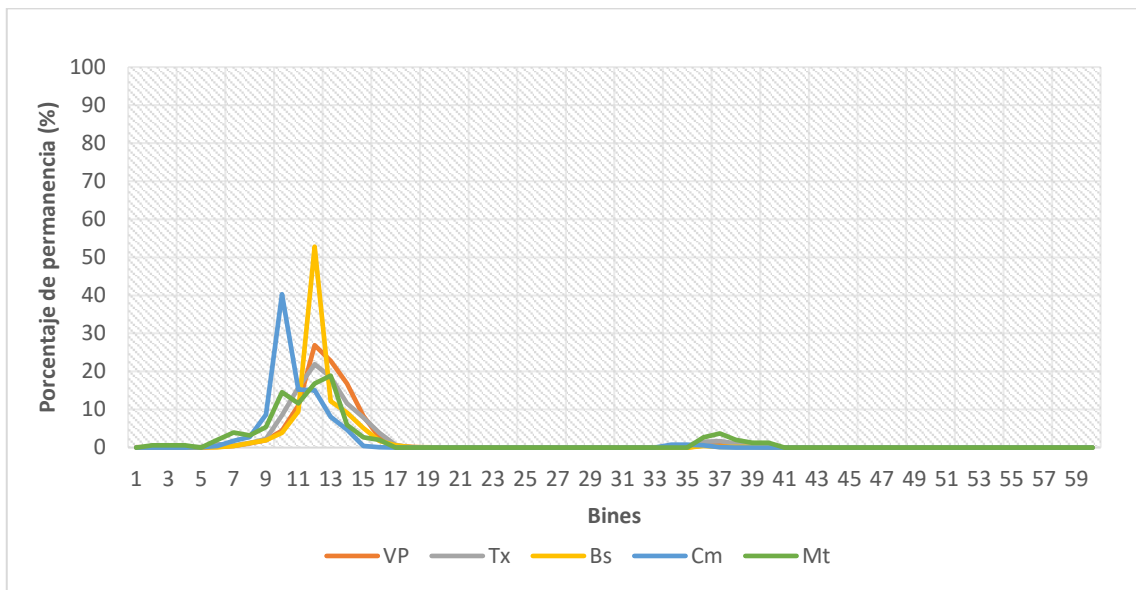
Las características principales de combustible están detalladas en la tabla 2-3.

**Tabla 2-3:** Características de combustibles

Combustible	Contenido de azufre (ppm)	Peso molecular (g/mol)	Densidad (g/gal)	Peso molecular SO2 (g/gal)
<b>Diésel (Ecuador)</b>	462	236,55	3252,05	0,406
<b>Gasolina (Ecuador)</b>	462	189,24	2453,08	0,406
<b>Diésel (Colombia)</b>	490	-	-	-
<b>Gasolina (Colombia)</b>	300	-	-	-

**Fuente:** (NTE INEN 2204, 2017; Uribe, 2014).

### 3.4. Bines



**Figura 6-3:** Bines por categoría de Vehículo

**Realizado por:** Samaniego, Wendy, 2021.

La figura 6-3 muestra el comportamiento de BINES de potencia para cada categoría vehicular, en VP se observa que el bin número 12 es el predominante en esta categoría, dado que mantiene un porcentaje de permanencia correspondiente a un 26,9%, descendiendo bruscamente entre los bines 13 y 14 hasta llegar al bin 16 donde el tiempo de permanencia es cercano a cero, manteniendo esta tendencia hasta aproximadamente el bin 35 donde existe un ligero incremento en 0,5% hasta el bin 40, para finalmente permanecer cercano a cero en los bines restantes. Estos resultados tienen un alto nivel de semejanza a los obtenidos por (Guadalupe, 2016) en su estudio de “ Modelación de emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres en Quito , Ecuador” donde se determinó que vehículos particulares que mantuvieron el mayor porcentaje de permanencia en el bin número 12, indicando así que los vehículos se mantienen a velocidades bajas de manera constante, así también existe una alta relación entre los bines 35 y 38, comportamiento similar demostró (Romero, 2017) en su estudio de Obtención de bines de entrada de patrones de conducción para IVE.

La banda gris representa la categoría vehicular Tx, donde se observa el punto más alto en el bin número 12 que tiene un porcentaje de permanencia de 26,9% , procede a descender desde el bin 14 con 11,6% de permanencia, en los bines 16 y 17 el descenso es brusco con un valor de 3,6% y 0,6 % respectivamente, se mantiene un comportamiento similar a partir del bin 18 hasta el bin 36 con valores cercanos a cero, hasta el número 37 donde hay un incremento en 1,7% para finalmente descender por completo en el bin 40 y en los restantes. Esto contrasta con los valores obtenidos por (Ascaribay, 2019, p.8) en cuyo estudio se evidenció que el mayor porcentaje de

permanencia de la categoría taxis estuvo en el bin 12, pero alcanzando valores cercanos al 50%, esto dado que el flujo de tránsito en la ciudad de Cuenca fue más lento, sin embargo los demás valores de bins se asemejan en gran proporción siendo en su mayoría valores de cero.

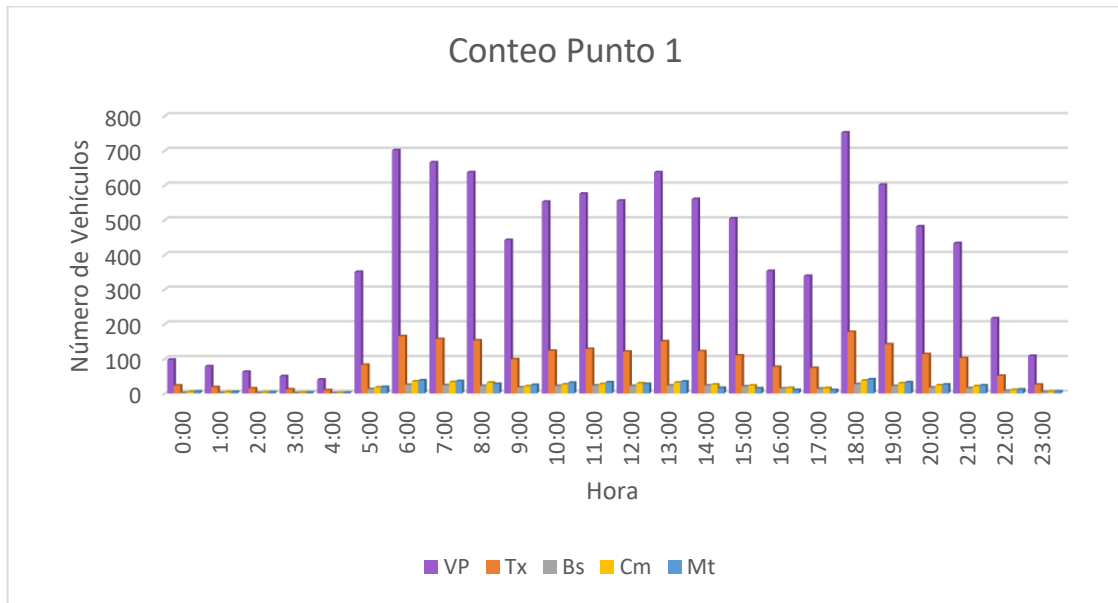
En la categoría Bs el pico más significativo se encuentra entre los bins 11 y 15, siendo el número 12 el de máximo valor, dado que alcanza un 52,8 %. En el resto de bins mantiene una tendencia similar con valores cercanos a cero a excepción de los bins 34 hasta el 36 donde existen un ligero incremento de 0,4%. De acuerdo a Guadalupe (2016), en este tipo de transporte prevalece el rango de bins entre 11 y 16, esto a causa de los recorridos más recurrentes de estos vehículos pesados, los cuales de manera general se realizan a velocidades bajas.

La categoría Cm el pico más alto se encuentra en el bin número 10 con un valor de 40,3% de permanencia, manteniéndose así hasta llegar a los bins 11 y 12 que poseen un valor de 15,2% para luego caer hasta el bin 15 con valor 0,4%, a partir de bin 17 se registran valores de cero, manteniéndose así hasta el bin número 34 donde tiene un incremento del 0.8% y vuelve a descender en el bin 37 llegando a cero y sosteniendo esta tendencia para los bienes restantes.

Bins de potencia comprendidos en rangos de 1 a 11, hacen referencia a un descenso en la potencia, en la mayoría de los casos significando que existe un descenso en la pendiente de terreno (Guadalupe, 2016, p.90). Estableciendo así que para el cantón Guano, en el caso de esta categoría, los recorridos habituales se hacen existiendo una pendiente negativa, pudiendo asumirse que, generalmente estos vehículos parten desde zonas altas del cantón hasta zonas de menor nivel altitudinal.

La categoría Mt representada por la banda verde es una de las más irregulares en el trazado de los bins puesto que, de valores de 0,6% en los primeros cinco bins alcanza un valor de 4% en el bin número 7, luego asciende de manera progresiva hasta el bin 10 con un valor de 14,6%, al bin siguiente cae hasta un valor de 11,6% para finalmente alcanzar su pico más alto en el bin 13 con un valor de 18,9%. Entre los bins 17 y 35 el valor desciende a cero, existiendo un incremento de 3,7% en el bin 37; los bins restantes tienen un valor de cero. Este comportamiento se contrasta con lo realizado por Lents (2004, p.24), en el cual esta categoría alcanzó su máxima permanencia en el bin número 10, pero con una conducta bastante irregular aduciendo al tipo de conducción agresivo que se realiza con este tipo de vehículos, especialmente en ciudades de países de ingresos medios y bajos.

### 3.5. Conteo Vehicular

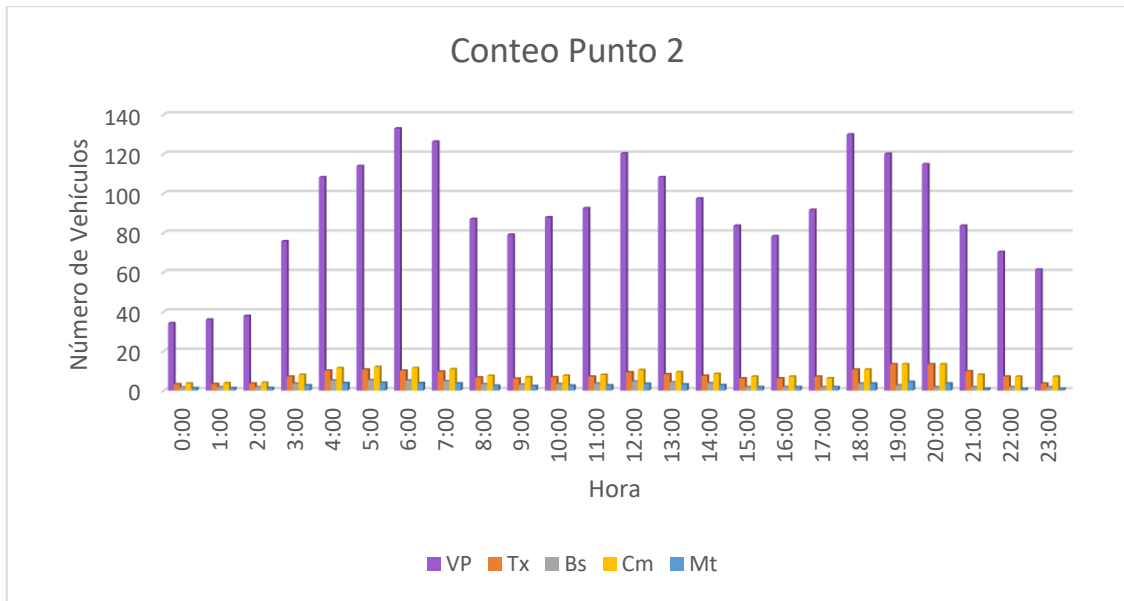


**Figura 7-3:** Conteo Punto 1

Realizado por: Samaniego, Wendy, 2021.

La figura 7-3 representa la cantidad de vehículos contabilizados a lo largo del día en la Avenida Asunción y 20 de Diciembre, así pues se puede observar que la categoría predominante es VP seguida por Tx, luego Mt, Cm y Bs. Se evidencia que la mayor cantidad de vehículos se presenta en horas de 06:00am, 13:00h y 18:00h con un número de 701, 637 y 752 vehículos particulares respectivamente, en las demás horas del día existe valores menores a los antes mencionados, siendo las 04:00h la hora donde menor circulación vehicular existe con un número de 40 unidades. La categoría Tx, cuenta con una presencia vehicular elevada a las mismas horas que la categoría VP, alcanzando valores de 165, 150 y 177 vehículos respectivamente, incluyéndose también las 07:00h con un número de 157 taxis, de igual modo la menor cantidad de unidades se evidencia entre las 03:00h y 04:00h con valores de 12 y 9 vehículos. Para la categoría Mt el comportamiento vehicular es similar a las dos anteriores, teniendo que a las 06:00h con 38 motos, 07:00h con 37 motos, 13:00h con 34 motos y 18:00h con 40 motos, son las horas representativas de flujo vehicular, contrastando con las 02:00h, 04:00h y 23:00h que cuentan con 4, 3 y 5 unidades. Para la categoría Cm el comportamiento vehicular es similar a Mt, teniendo que las horas de mayor circulación son semejantes, con valores de 25, 24, 23 y 27 camiones respectivamente, de igual manera en las horas de menor presencia vehicular llegando a 2, 1 y 4 vehículos respectivamente. La categoría Bs tiene cierta similitud con VP, ya que los horarios de mayor flujo vehicular son los mismos con valores registrados de 18, 17 y 18 buses respectivamente, de igual manera la menor circulación fue a las 04:00h con un solo vehículo de esta categoría.

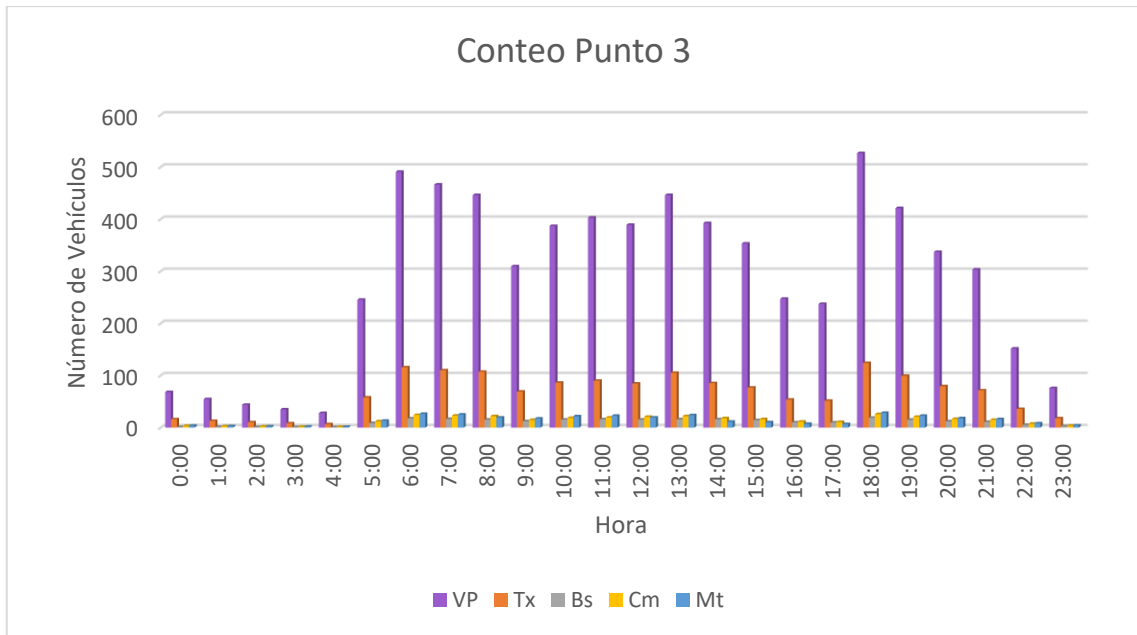




**Figura 8-3:** Conteo Punto 2

**Realizado por:** Samaniego, Wendy, 2021.

En este punto de conteo la categoría predominante fue VP, dado que superó ampliamente a las demás como se observa en la figura 8-3, siendo las 06:00 horas las de mayor presencia vehicular alcanzando 133 unidades en ese lapso de tiempo, así también en las 18:00 horas se registró un valor aproximado de 130 vehículos, los valores más bajos se encuentran en horas de la madrugada, siendo las 0:00 horas donde se registraron los mínimos con aproximadamente 34 vehículos. Por otra parte, las categorías Tx y Cm experimentaron un comportamiento similar a lo largo del día, teniendo picos de afluencia de vehículos a las 06:00 h, 12:00h y 19:00h con valores entre 10 y 13 automotores. Así también, las categorías Bs y Mt, las cuales registraron la menor cantidad de vehículos a lo largo del día, mantuvieron la tendencia de incremento a tempranas horas de la mañana, mediodía e iniciada la noche. El común denominador en todas las categorías fue el descenso en la cantidad de vehículos en horas de la madrugada. Cabe resaltar que de todas las categorías, en este punto de conteo se registraron los valores más bajos.

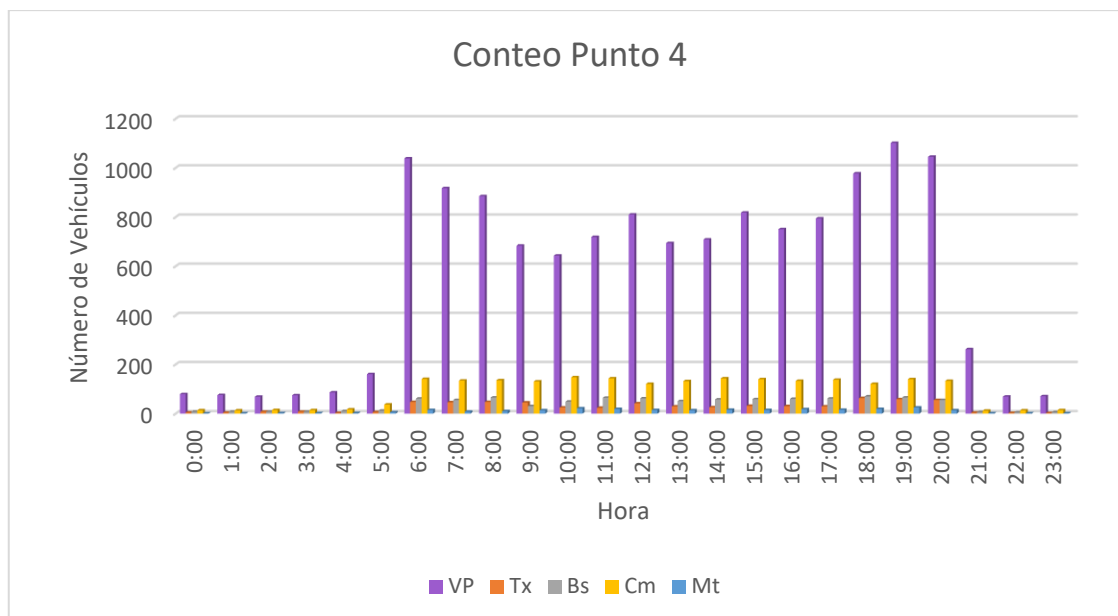


**Figura 9-3:** Conteo Punto 3

**Realizado por:** Samaniego, Wendy, 2021.

En el punto de conteo 3, ubicado en la Avenida los Elenes y Gracia Moreno se registró una cantidad moderada de vehículos en comparación con los demás puntos considerados en el presente estudio, asimismo se observa una predominante ventaja de los vehículos particulares con respecto a las otras categorías tal como se aprecia en la figura 9-3. En este sitio los valores más altos obtenidos fueron de VP, siendo las 18:00 h el pico máximo con un valor de 527 vehículos, mientras que a las 4:00 h se contabilizaron únicamente 28 automotores. Las demás categorías mantuvieron una tendencia similar, es decir, alta presencia de vehículos en horas de la mañana, mediodía y temprana la noche, con valores disminuidos durante la madrugada.

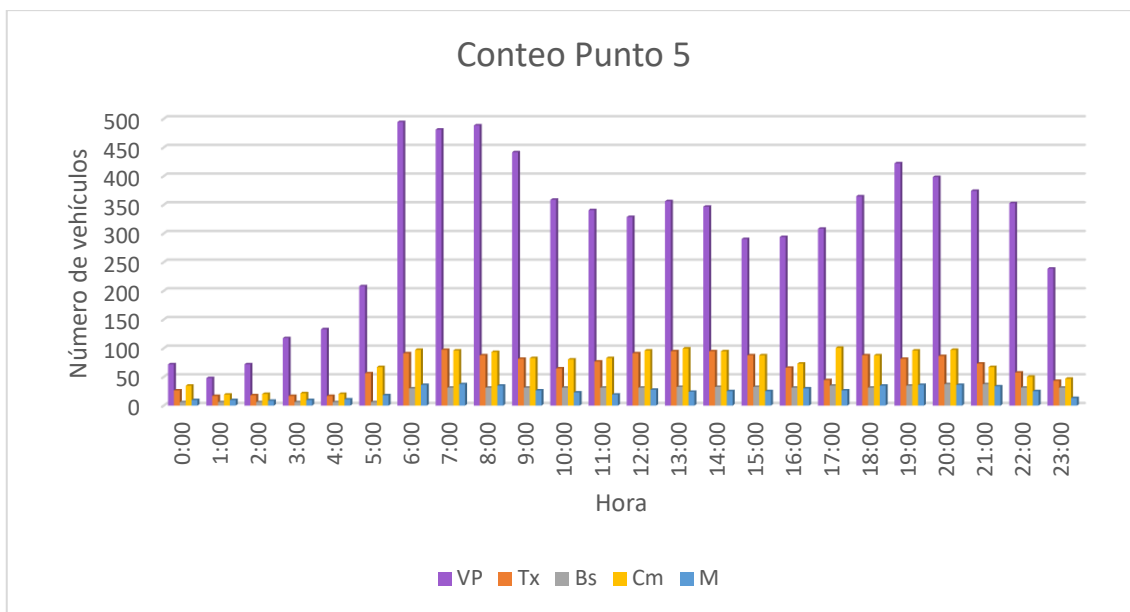




**Figura 10-3:** Conteo Punto 4

**Realizado por:** Samaniego, Wendy, 2021.

Ubicado en la parroquia San Andrés sobre la carretera E35, el punto de conteo 4 se consolidó como uno de los de mayor afluencia vehicular, sobrepasando incluso el millar de vehículos durante una misma hora siendo esto representado en el la figura 10-3, en el cual también podemos observar como la categoría VP se mantiene por delante de otras categorías, teniendo como hora máxima de conteo las 19:00h dada que se registraron 1102 vehículos, de igual manera destacan las 6:00h y 20:00h con aproximadamente 1040 automotores. La categoría Tx manifestó un comportamiento singular, dado que las variaciones a lo largo del día fueron poco representativas, oscilando entre 120 y 140 unidades, diferenciando sí en horas de la madrugada donde le número de vehículos cayó hasta 10. Caso similar sucede con la categoría Bs, mostrando variaciones mínimas en su conteo a lo largo del día, pero disminuyendo en horas de la madrugada.



**Figura 11-3:** Conteo Punto 5

**Realizado por:** Samaniego, Wendy, 2021.

El punto 5 al ser una zona de alto nivel agrícola, además de ser una vía interprovincial, registró valores elevados de vehículos, pero siendo inferior que los puntos 1 y 4. Como se indica en la figura 11-3, la categoría VP mantuvo elevados valores frente a las demás, siendo esto común en todos los puntos anteriores; el máximo valor se evidenció a las 6:00h con 495 vehículos mientras que el mínimo en esta categoría fue de 48 automotores. A diferencia de los demás puntos, en éste, la categoría CM mostró ser la segunda en cuanto a vehículos por hora, estando a penas por encima de los conteos de Tx. El comportamiento general es semejante al ya visto anteriormente, un incremento importante en horas de la mañana, mediodía y noche, hasta de caer súbitamente en horas de la madrugada.

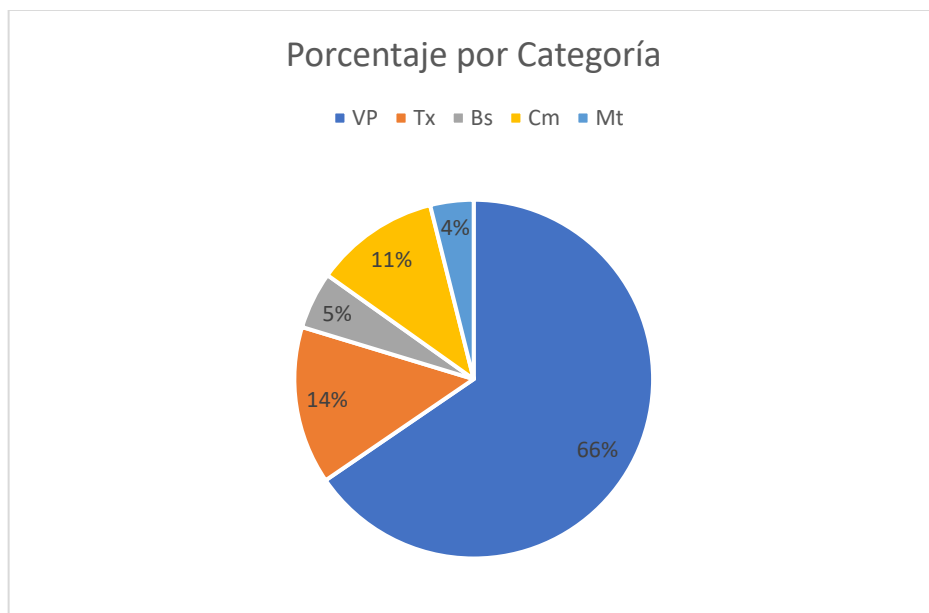
### 3.6. Tecnología Vehicular

Los conteos vehiculares a su vez fueron de gran utilidad en la determinación de la tecnología de la flota vehicular del cantón Guano, estos complementados a su vez con la información obtenida del Anuario de Transporte (2019), Dirección de Tránsito y Movilidad del cantón e inspecciones in situ arrojaron los resultados mostrados en la tabla 3-3 y en la figura 12-3

**Tabla 3-3:** Tecnología Vehicular (%)

Categoría	Combustible		Sist. Inyec.		Ctrl. de Emisiones			Km		
	Gs.	Ds.	Carb.	Iny.	No	2 vías	3 vías	<79K km	80-161K km	>161K km
VP	95	5	23	77	50	22	28	40	28	32
Tx	99	1	31	69	52	10	40	48	20	32
Cm	75	25	28	72	32	26	42	49	14	37
Bs	19	81	9	91	34	8	68	38	35	27
			2 ciclos	4 ciclos	No	Alta Tec.		<25K km	26-50K km	>50K km
Mt	98	2	62	38	42	58		43	25	32

Realizado por: Samaniego, Wendy, 2021.



**Figura 12-3:** Porcentaje de vehículos por categoría

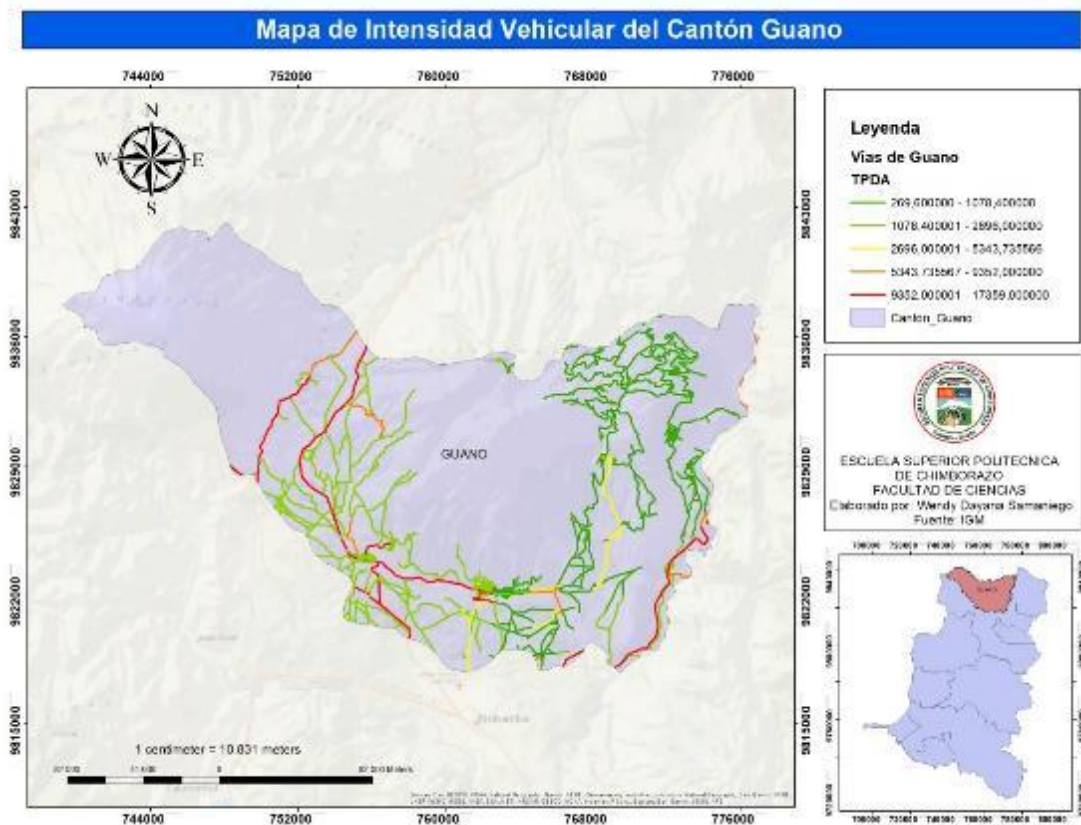
Realizado por: Samaniego, Wendy, 2021.

Los resultados demostrados en la tabla 3-3, tienen alto grado de similitud con el estudio realizado por (Giraldo y Behrentz ,2005, p.32), en el cual la flota analizada de vehículos particulares estuvo compuesta por el 98% a gasolina y el restante a diésel, identificando de igual manera que cerca del 50% de la flota no cuenta con sistemas de control de emisiones. De acuerdo a (Peñañiel Urgiles, 2019) aproximadamente el 13% del parque automotor estimado en la ciudad de Cuenca estuvo equipado con carburador, de manera particular el 17,9% de los vehículos livianos contaron con esta tecnología, lo que quiere decir que el 72,1% de esta categoría vehicular contaba con algún tipo de sistema de inyección, siendo este dato muy aproximado con el obtenido en el presente

estudio el cual fue de 77%.

Los datos representados en la figura 12-3, fueron contrastados con los datos tabulados por (Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos 2019) para la provincia de Chimborazo, los cuales mostraron que los vehículos livianos (VP y Tx) conformaron alrededor del 80% de la flota vehicular, por su parte la categoría de motos representó el 3%, porcentaje similar en la categoría de buses, siendo estos congruentes con los demostrados en el presente proyecto.

### 3.7. Intensidad vehicular



**Figura 13-3: Intensidad Vehicular**

**Realizado por:** Samaniego, Wendy, 2021.

La figura 13-3 representa la intensidad vehicular del cantón Guano, esto con base en la cantidad promedio de vehículos que recorren diariamente las vías del cantón, siendo claramente apreciable que zonas como: el ingreso a Guano, la autopista E35 y la carretera E490 mostraron valores elevados de flujo vehicular oscilando entre los 9000 y 17000 vehículos al día. A su vez sitios como Santa Teresita y las vías céntricas de la ciudad de Guano manifestaron una afluencia moderada de vehículos, la carretera que conecta a la cabecera cantonal con las parroquias de Santa Fe de Galán e Ilapo presentó una intensidad media de 2600 a 5400 vehículos. Las vías restantes del cantón manifestaron una baja intensidad, siendo menores de 2000 vehículos al día, en zonas de la parte noreste se registraron valores incluso menores a 200 vehículos al día.

Estos resultados se sustentan con los obtenidos por Ibarra-Espinosa (2020, pp.2069-2070) en su estudio de estimación de emisiones en la parte sur del Brasil, en el cual se estipuló que la mayor parte de la intensidad vehicular se produjo en las autopistas, teniendo datos relevantes también en zonas de alto flujo comercial a diferencia de zonas residenciales donde el flujo vehicular fue menor.

### 3.8. Emisiones

**Tabla 4-3:** Emisiones anuales generadas por categoría vehicular en el cantón Guano

Categoría vehicular	Contaminantes (ton/año)							
	CO	VOC	VOCEvap	NOx	SOx	PM	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
VP	4262,48	289,81	28,45	241,04	2,56	9,31	22785,01	57,11
Tx	1110,35	98,15	9,54	45,78	0,48	0,21	3574,25	19,63
Cm	316,64	60,34	0,00	647,72	10,49	69,91	102817,80	0,00
Bs	207,94	40,09	0,00	336,92	4,54	115,13	44470,97	0,00
Mt	460,74	106,09	11,70	4,72	0,01	3,21	98,54	21,22
Total	6358,14	594,48	49,70	1276,18	18,09	197,78	173746,56	97,96

Realizado por: Samaniego, Wendy, 2021.

En el cantón Guano se generó un total de 6358,14 toneladas de CO al año, siendo la categoría VP su aportador mayoritario debido a que esta generó aproximadamente 4262,48ton/año, seguida por la categoría Tx con un valor de 1110,35 toneladas, a continuación en la lista, en base a las emisiones de CO, estuvieron las provenientes de Mt con un valor aproximado de 460,74 ton/año, en cuarto lugar se ubicaron las generadas por Cm con 316,64 ton/año y en último lugar las emitidas por Bs con 207,94 ton/año de CO. Para el caso de VOC de igual manera el aportador con mayor valor fue VP con 289,81 ton/año seguido por la categoría Mt que mostró un valor de 106,09ton/año, el resto de las categorías se mantuvieron por debajo de 200ton/año; mientras que los VOCEvap en conjunto alcanzaron 49ton/año. La generación de NOx se estimó en 1276,18 toneladas por cada año destacándose la categoría Cm la cual aportó con 647,72ton; por su parte los SOx fueron los contaminantes que menos se generaron en el cantón alcanzando las 18,09 toneladas anuales, siendo las categorías Cm, Bs y VP las más destacables, ya que emitieron 10,49, 4,54 y 2,56 toneladas al año respectivamente.

El PM total registrado fue de 197,78 toneladas de los cuales las categorías relevantes fueron Bs y Cm con datos de 115,15ton y 69,91ton, para las demás categorías no se registró un número mayor a 10 toneladas anuales. El contaminante CO<sub>2</sub> tuvo su más alto dato de emisión con 102817,80ton generado por la categoría Cm, siguiéndole Bs con 44470,97ton, luego estuvo VP con 22785,01 toneladas anuales, las emisiones de las categorías Tx y Mt fueron las menos relevantes para este

contaminante. En el caso de CH<sub>4</sub> la categoría VP fue la más sobresaliente con 57,11ton/año las demás categorías no registraron emisiones mayores a 30ton. Los resultados detallados se encuentran en la tabla 4-3. Esto tiene un alto nivel de concordancia con lo hallado por Gómez (2018, p.17) en Manizales, Colombia, donde demostró que la mayor parte de contaminantes generados se atribuyen a la circulación de vehículos particulares.

De igual manera en la tabla 4-3 indica que el dióxido carbono aportó con el 95,29% del total de contaminantes, este valor se relaciona con el 94% del mismo contaminante obtenido por (Peñañiel Urgiles, 2019, p.7) en un estudio similar. Así mismo, el Plan Nacional de la Calidad del Aire (Ministerio del Ambiente República del Ecuador, 2010), arrojó que las emisiones generadas por fuentes móviles en la ciudad de Riobamba y sectores aledaños estuvieron en porcentaje similar a los mencionados como se indica la tabla 5-3, donde además se comparan el resto de contaminantes con otras ciudades del Ecuador.

**Tabla 5-3:** Comparación en porcentaje de contaminante en ciudades del Ecuador

Ciudad	Contaminantes (%)						
	CO	VOC	VOCEvap	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>
Riobamba (MAE,2010)	4,1	0,7	-	1,0	0,4	0,1	93,7
Quito(Guadalupe 2016)	8,7	0,8	-	0,8	-	0,2	89,5
Cuenca (Peñañiel Urgiles 2019)	5,1	0,4	-	0,5	0,0	0,2	93,9
Guano	3,5	0,3	0,0	0,7	0,0	0,1	95,3

Realizado por: Samaniego, Wendy, 2021.

### 3.9. Desagregación Espacial

La desagregación espacial realizada en el catón Guano (figura 14-3) arrojó que los puntos de mayor emisión se encuentran cercanos a los sitios más densamente poblados y carreteras interprovinciales; se destacaron la cabecera cantonal y la parroquia de San Andrés, considerando al ingreso y salida de éstos como puntos relevantes; mientras que las carreteras E35 y E490 mostraron un elevado aporte en las emisiones de contaminantes por fuentes móviles. Por su parte las vías que unen a las parroquias de Ilapo, Santa Fe de Galán y La Providencia fueron sitios de un grado de emisión medio. Las zonas ubicadas al noreste de Guano evidenciaron los niveles más bajos, al igual que el extremo noroeste donde no se registró emisiones debido a la ausencia de vías.

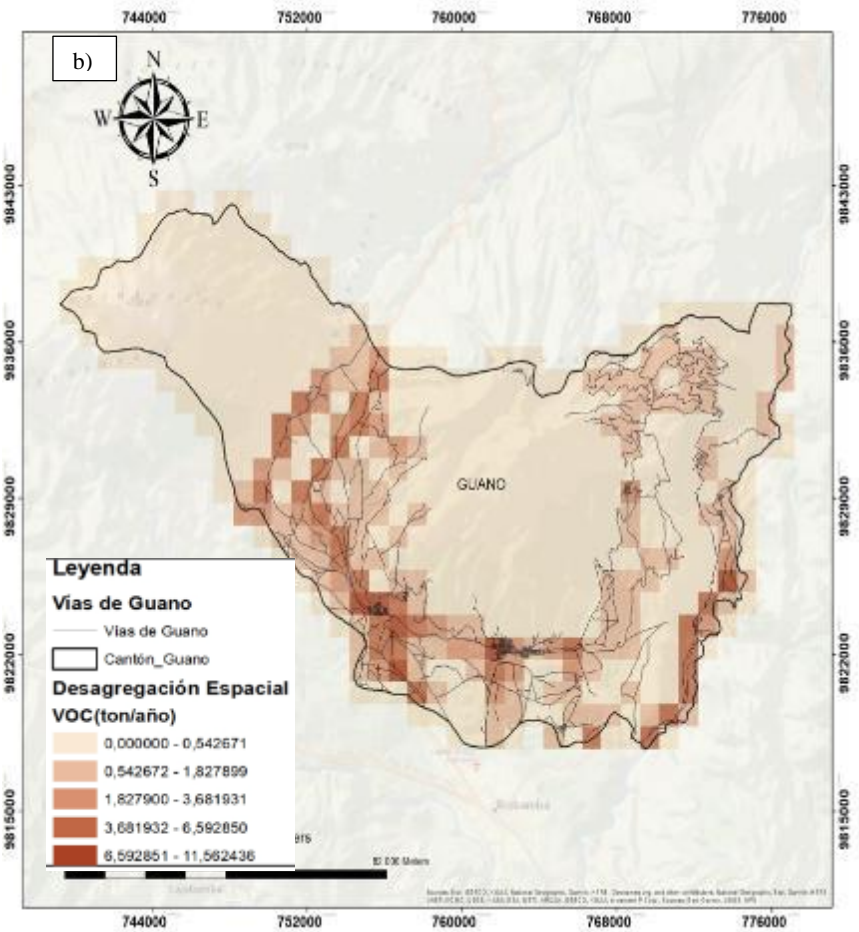
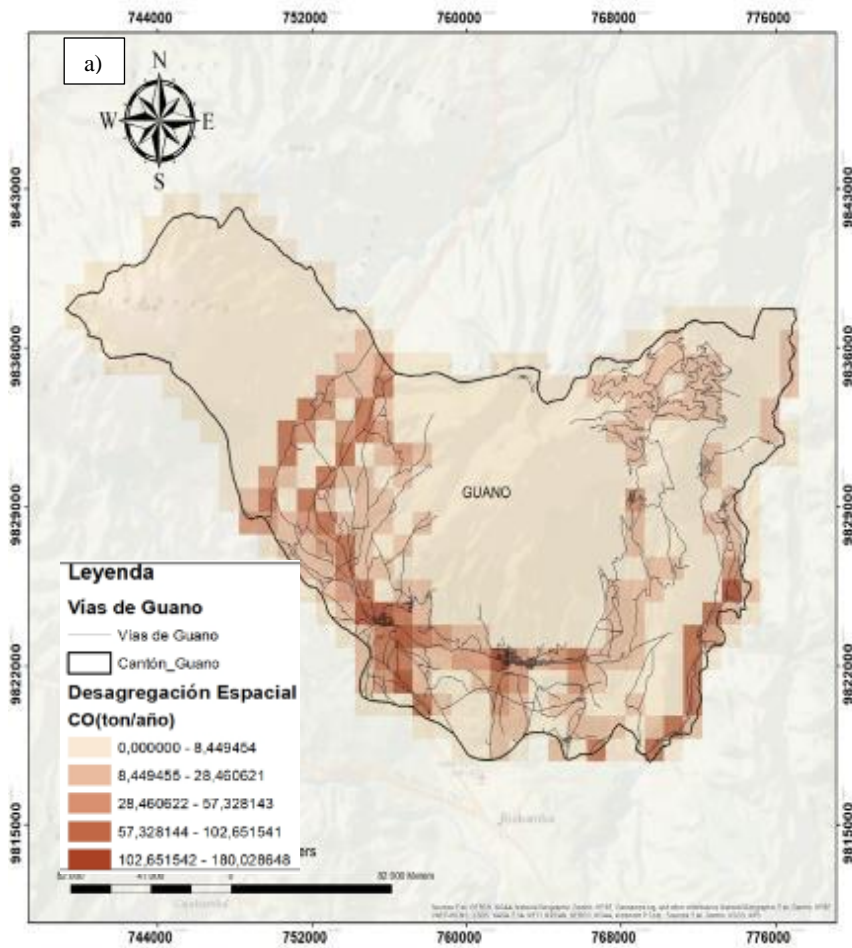
En caso del CO, la emisión generada en el casco comercial - administrativo de Guano, la zona occidental de la parroquia de San Andrés, por donde atraviesa la autopista E35, y el extremo oriental del cantón (carretera E490) registraron valores entre 102 y 180 toneladas anuales, siendo estos los más altos de este contaminante en el territorio del cantón, mientras que las emisiones en las vías de las parroquias Ilapo, Santa Fe de Galán y La Providencia oscilaron entre 28 y 57

toneladas al año. Las zonas con menos generación fueron en las parroquias de Valparaíso, San Isidro y Guanando, donde los valores estuvieron entre 8 y 29 toneladas anuales, esto también mostró en zonas de baja densidad vial como las faldas del Nevado Chimborazo.

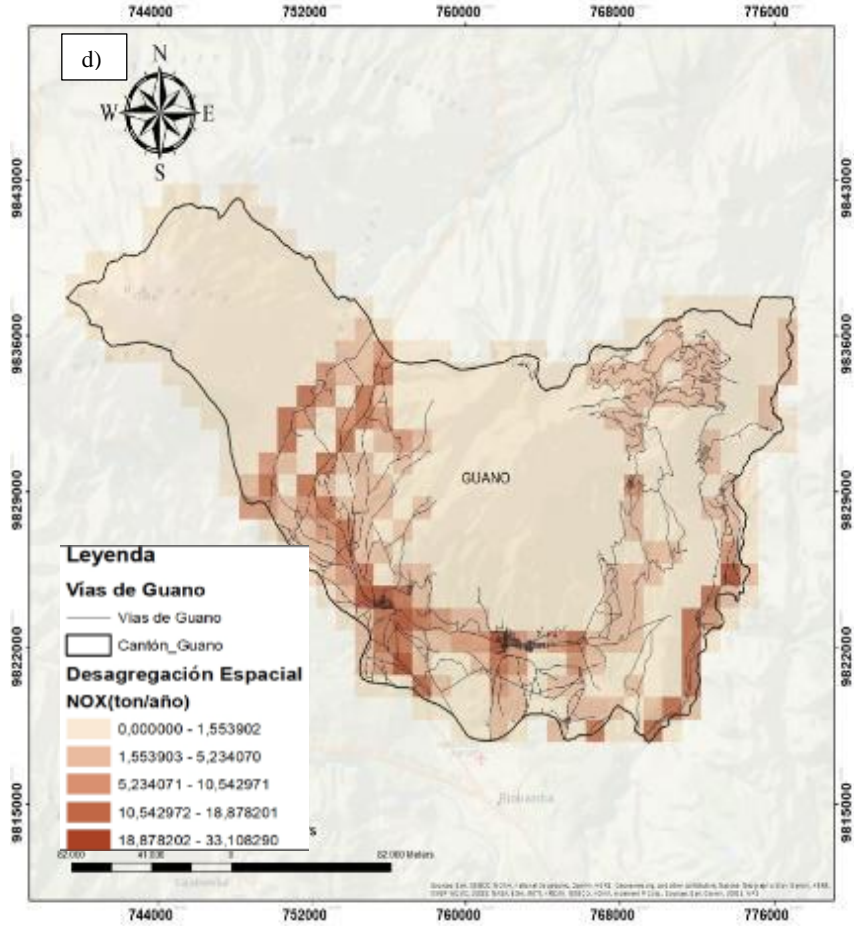
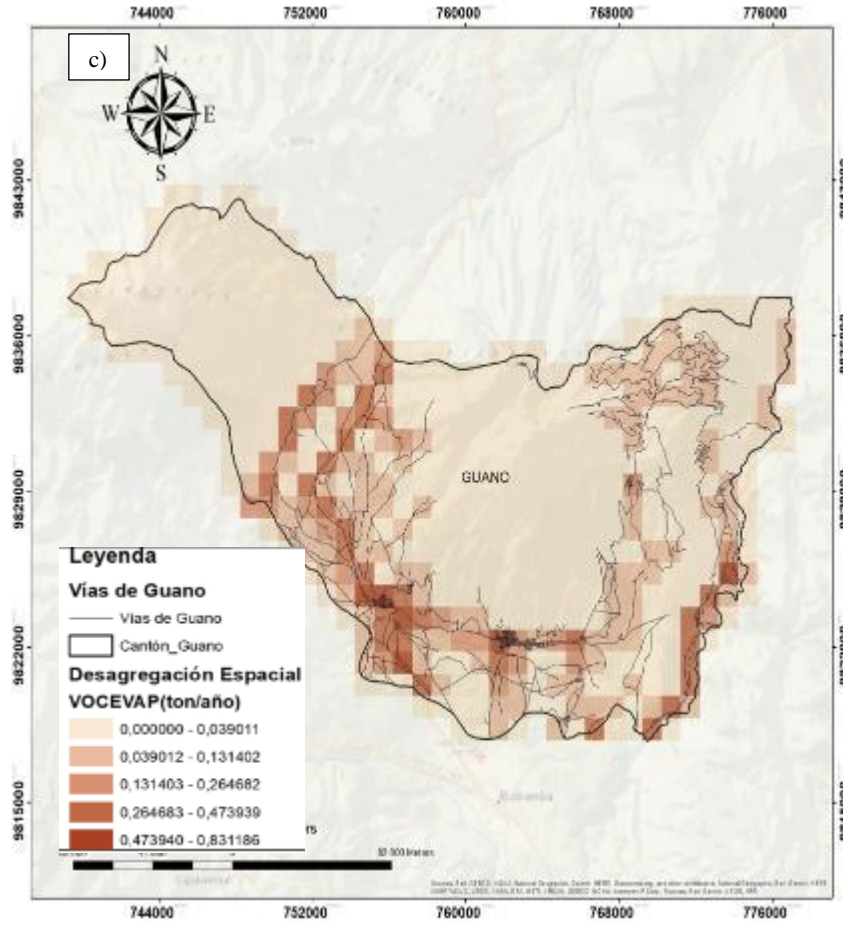
Por parte de CO<sub>2</sub>, las emisiones en las carreteras E35, E490 y zona central de Guano alcanzaron datos entre 2803 y 4916 toneladas anuales en espacios de 1km<sup>2</sup>, por su parte en parroquias como La Providencia, San Andrés y Santa Fe de Galán las emisiones estuvieron en un rango de 777 y 1086 toneladas al año. Las emisiones más bajas estuvieron en la parte norte del cantón, en zonas cercanas a las faldas del nevado Chimborazo con valores menores a 230 ton/año.

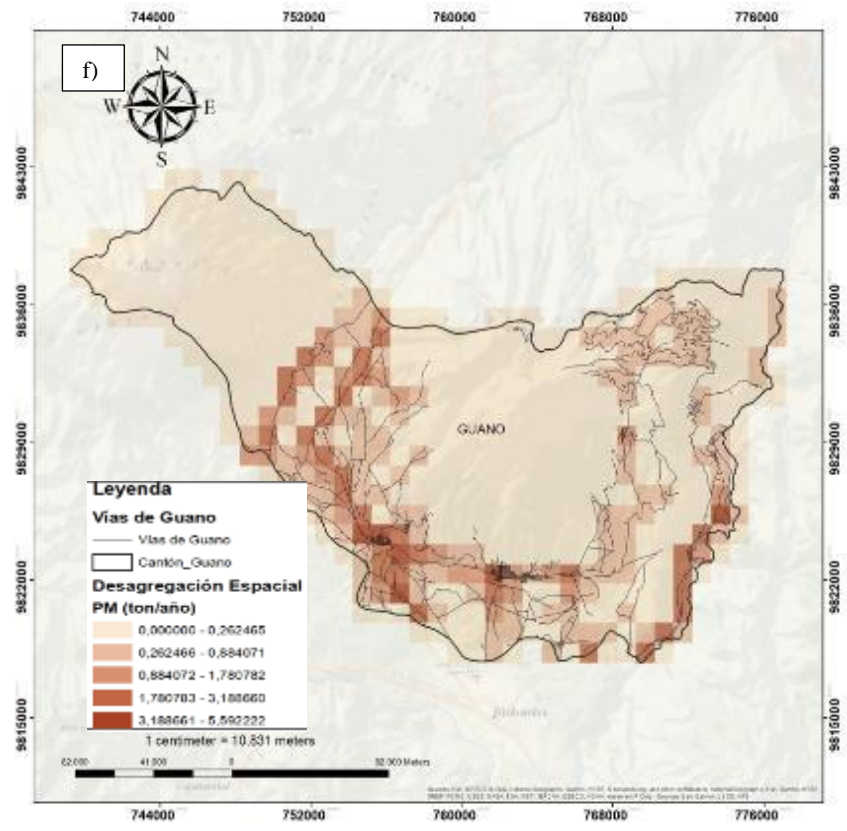
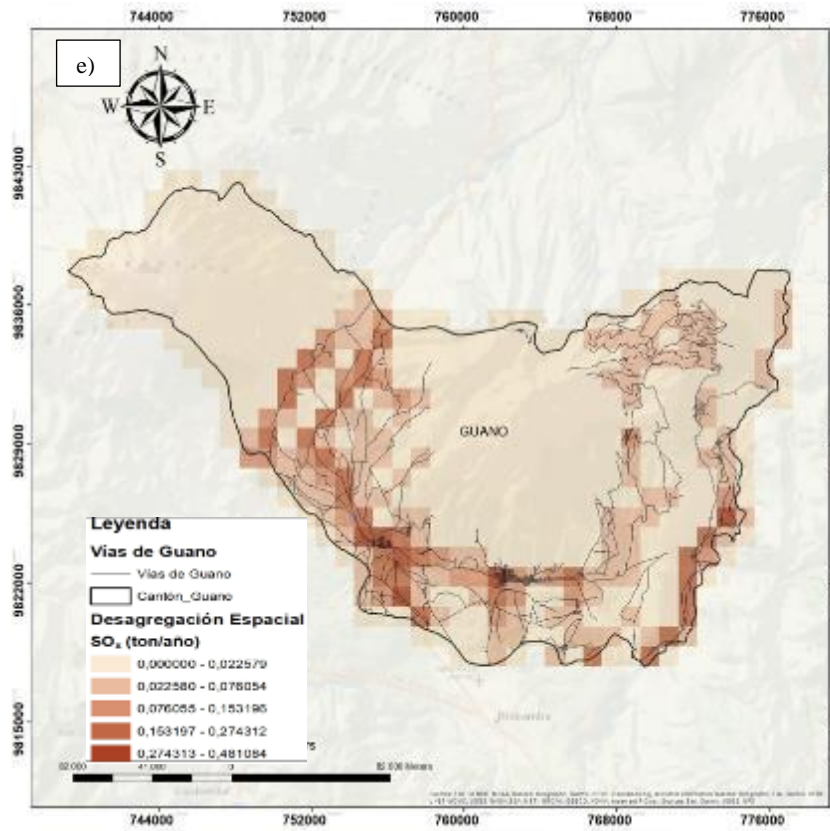
En caso de los NO<sub>x</sub>, los valores máximos estuvieron alrededor de 33 ton/año, siendo una tendencia marcada que la autopista E35, la carretera E490 y la zona comercial de guano registraron los valores más altos. Los valores mínimos se registraron en zonas con baja densidad vial, al norte del Cantón y zona central, siendo estos menores a 5 toneladas anuales.

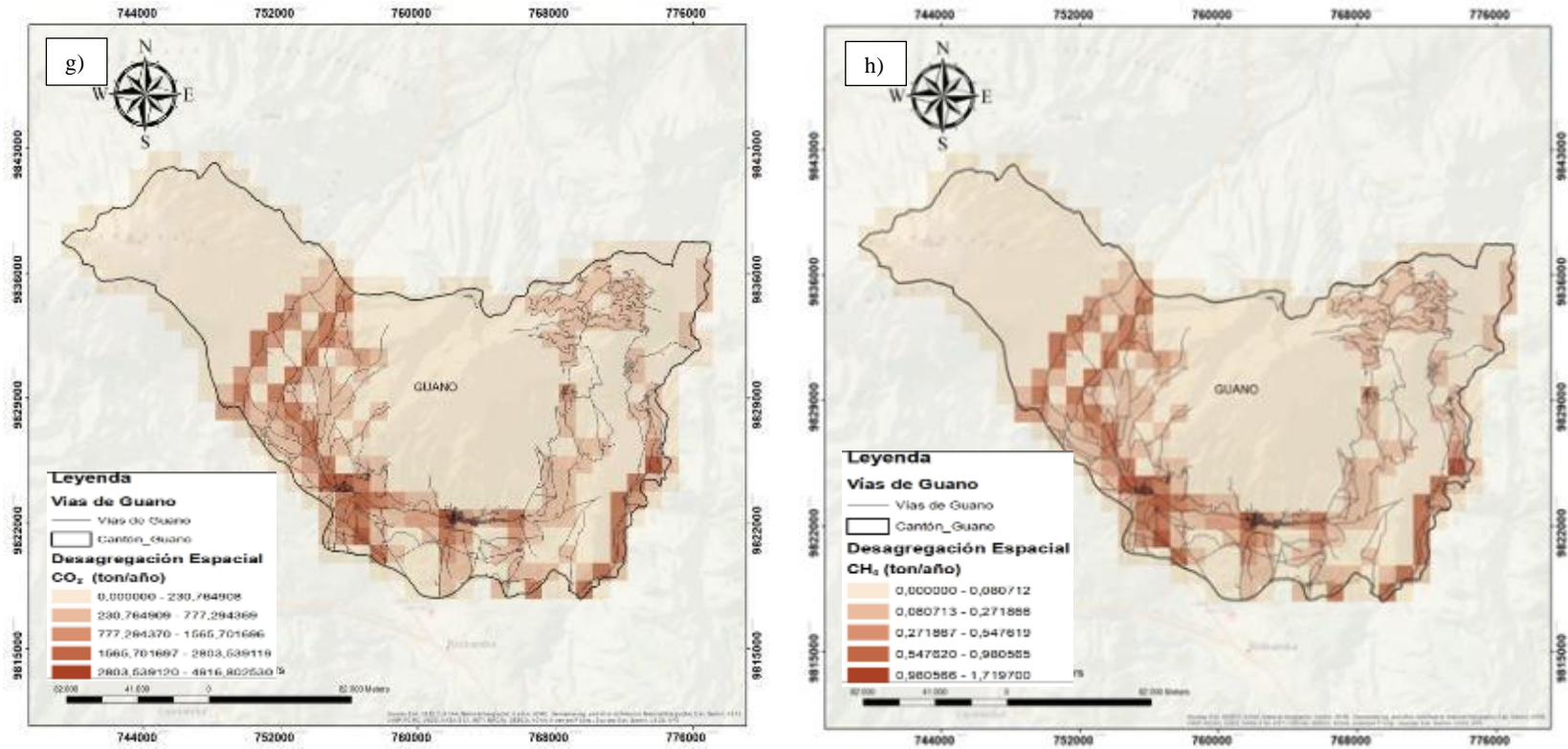
De acuerdo a Gómez (2018, p.18), una vez realizada la distribución espacial los puntos álgidos en la generación de contaminantes se atribuyen a autopistas, zonas comerciales y zonas de alto flujo de transporte público, lo que concuerda con lo estipulado por González (2020, p.2771), ya que determinó los mismos puntos de interés junto con una alta relación a la densidad poblacional, sustentando así los resultados obtenidos en el presente estudio.











**Figura 14-3:** Desagregación espacial de: a) CO, b) VOC, c) VOCEvap, d) NOx, e) SOx, f) PM, g) CO<sub>2</sub>, h) CH<sub>4</sub>

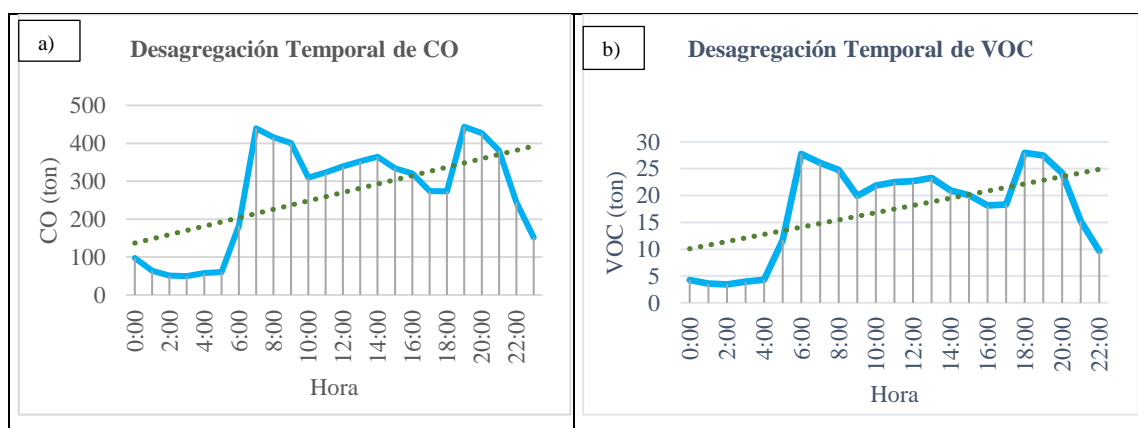
Realizado por: Samaniego, Wendy, 2021.

### 3.10. Desagregación Temporal

Una vez realizada la desagregación temporal se obtuvo el comportamiento de los contaminantes a lo largo del día, como se representa en la figura 15-3. Se evidenció que en horas de la madrugada la emisión fue bastante baja en todos los contaminantes hasta aproximadamente las 06:00h, donde se experimentó un crecimiento exponencial llegando a ser en esta parte del día uno de los picos más altos, estas condiciones se mantuvieron hasta aproximadamente las 08:00h, para posterior sufrir una moderada disminución entre las 09:00h a 11:00h; llegado el medio día las emisiones sufrieron un ligero incremento que se mantiene hasta por dos horas después, ya que a partir de las 15:00h ocurrió nuevamente un decremento en su generación ; entre las 18:00h a 20:00h se registraron los valores más elevados de emisión horaria, posterior a esto los contaminantes formados decayeron progresivamente avanzada la noche. La línea de tendencia marca que a medida que las horas del día incrementan lo hacen también las emisiones por fuentes móviles.

Así por ejemplo, en el caso de CO la emisión generada a las 0h00 fue de 100 toneladas, luego disminuyó hasta aproximadamente 80 toneladas, para sufrir una escalada de casi 4 veces más registrándose a las 7h00 valores de hasta 440 toneladas, teniendo valores fluctuantes de 300 a 350 ton después de eso, hasta alcanzar su pico máximo a las 19h00 llegando a valores de 450 toneladas, para finalmente disminuir a medida que avanzó noche.

En caso de CO<sub>2</sub>, los intervalos de emisiones horarias a lo largo del día fueron de 1500 a 11000 toneladas, siendo las más bajas entre las 2h00 y 4h00, los picos más altos fueron a las 7h00 y 20h00, alcanzando valores de 11045 y 11105 toneladas respectivamente. Los VOCs mostraron una tendencia similar, valores mínimos en la madrugada y los máximos a las 06h00 y 18h00, variando los valores desde 3 toneladas hasta 25 toneladas.







**Figura 15-3:** Desagregación temporal de: a) CO, b) VOC, c) VOCEvap, d) NOx, e) SOx, f) PM, g) CO<sub>2</sub>, h) CH<sub>4</sub>

**Realizado por:** Samaniego, Wendy, 2021.

En estudios realizados por Zhou (2019, pp.754-756) se estimó un conducta similar en la desagregación temporal, lo cual se justificó con base al comportamiento de la población, teniendo un incremento en la generación de contaminantes en horas de la mañana, medio día y noche, debido a la movilización humana a centros de estudio, sitios de trabajo y zonas de residencia, resultados similares se obtuvieron en los estudios de Ibarra-Espinosa (2020) en Sao Paulo (Brasil) González (2020) en Antofagasta (Chile) y Gómez (2018) Manizales (Colombia), siendo estos los más relevantes para la situación de varios países de Latinoamérica.

## CONCLUSIONES

- En el cantón Guano en el año 2019 el 66% de la flota vehicular estuvo compuesta por vehículos particulares, el 14% por taxis, el 11 % por camiones, el 5% por buses y el 4% por motocicletas, los cuales en total generaron 6358,14ton de CO, 594,48ton de VOC, 49,70ton de VOCEvap, 1276,18ton de NO<sub>x</sub>, 18,09ton de SO<sub>x</sub>, 197,78ton de PM, 173746,56ton de CO<sub>2</sub> y 97,96ton de CH<sub>4</sub>, siendo los puntos más críticos de concentración de contaminantes la autopista E35 en la parroquia de San Andrés, la carretera E490 y las zonas administrativa y comercial de la cabecera cantonal de Guano, toda vez que estos sitios acumulan la mayor cantidad de vehículos a lo largo del día, lo que demuestra la importancia de este sector en cuanto a la calidad del aire
- En general, los vehículos se mantienen a una baja potencia específica de motor, mostrando que sus recorridos se realizan a velocidades constantes con detenciones moderadas y pocos cambios bruscos de pendiente. Así también, el mayor flujo vehicular está presente en las autopistas que atraviesan, y áreas de alto nivel comercial, especialmente en horas de la mañana, siendo los vehículos particulares los de mayor presencia. Por encima del 95% de los automotores usan gasolina como combustible, solo en el caso de los buses este porcentaje es de 19, indicando que el 81 % usa diésel. Así mismo, el 30% de la flota vehicular aún continúa usando carburador como sistema de mezcla aire combustible, el restante 70% hace uso de algún tipo de sistema de inyección; por otra parte, menos del 50 % poseen algún tipo de control de emisiones, demostrando que los parámetros tecnológicos tienen influencia directa en la generación de emisiones.
- El modelo computacional IVE funcionó de manera sobresaliente en la estimación de contaminantes atmosféricos por fuentes móviles en el área de estudio, arrojando que la categoría VP generó el 67% del total de CO, siendo además ésta la principal aportante de VOCs, VOCEvap y CH<sub>4</sub> con 48.8%, 57,2%, y 58,3% respectivamente. Por otra parte, las categorías de Buses y Camiones destacaron por su aporte en la emisión de NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, y CO<sub>2</sub> alcanzando de manera conjunta el 76%, 77%, 85% en estos contaminantes, individualmente los Buses generaron alrededor del 58,2% del total de PM, esto a pesar de no contar con un número de vehículos significativo, demostrando así la ventaja del uso de categorizaciones en el IVE para una mayor especificidad en los datos.
- La desagregación espacial demostró que los puntos críticos en la generación de contaminantes se encontraron en la autopista E35 a lo largo de todo su trayecto en el cantón, así también en la entrada principal del cantón Guano, prolongándose por todo el sector administrativo y comercial y la carretera E490. A su vez, la producción disminuyó a medida que se alejan de zonas densamente pobladas, y en sitios de bajo tránsito vehicular. Por otra parte, a partir de la desagregación temporal se concluyó, que la mayor

emisión de los contaminantes estudiados se produjo entre las 06h00 hasta las 08h00, nuevamente a las 12h00 y finalmente las 18h00 y 20h00, con una reducción en las horas intermedias a los intervalos antes señalados; en contraste a la mínima generación en horas de la madrugada, todo esto evidenció que el aumento en la generación de contaminantes está íntimamente relacionado a los hábitos de la población.

## **RECOMENDACIONES**

- Se debe realizar una revisión y calibración previa de los dispositivos electrónicos para evitar fallos, especialmente en los dispositivos GPS generando así familiaridad y facilidad de uso.
- Se recomienda ampliar el área de estudio a cantones como Riobamba, Chambo, Penipe, Mocha, entre otros, para determinar la relación de estos en la generación de contaminantes por fuentes móviles.
- Elaborar inventarios de emisiones de manera periódica enfocándose en las demás fuentes de contaminación del cantón, sean estas puntuales, de área y de origen biogénico.
- Se debe emplear otros modelos de estimación de emisiones por fuentes móviles como HBEFA, ARTEMIS y MATZOROS.



## **BIBLIOGRAFÍA**

**AGUIRRE, Jenny & MACHADO, Jessica.** Elaboración de un inventario de fuentes fijas de combustión establecidas en el Parque Industrial de la ciudad de Cuenca para la estimación de emisiones atmosféricas [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Cuenca, Ecuador. 2015. pp. 1-111. [Consulta: 28 marzo 2021]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21768>

**ASCARIBAY, N.** Estimación de emisiones de CO<sub>2</sub> en taxis con cilindrada de 1600 cc bajo parámetros de conducción eficiente en la ciudad de Cuenca, utilizando el modelo IVE. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. 2019. pp. 1-18. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7226/1/13172.pdf>.

**BORGE, R., LUMBRERAS, J., PÉREZ, J., DE LA PAZ, D., VEDRENNE, M., DE ANDRÉS, J.M. & RODRÍGUEZ, M.E.** "Emission inventories and modeling requirements for the development of air quality plans. Application to Madrid (Spain)". *Science of the Total Environment* [en línea], 2014, (España) 466 (467), pp. 809-819. [Consulta: 28 marzo 2021]. ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/j.scitotenv.2013.07.093. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969713008759>.

**CEPSA, D.** *El Cambio Climático y los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en Cepsa Dossier Cepsa* [en línea]. Dirección de Comunicación CEPSA, 2015. [Consulta: 16 diciembre 2020]. Disponible en: [https://www.cepsa.com/stfls/CepsaCom/Coorp\\_Comp/Medio%20Ambiente\\_Seguridad\\_Calidad/Art%C3%ADculos/Dossier-Cambio-Climatico-y-GEI.pdf](https://www.cepsa.com/stfls/CepsaCom/Coorp_Comp/Medio%20Ambiente_Seguridad_Calidad/Art%C3%ADculos/Dossier-Cambio-Climatico-y-GEI.pdf).

**CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, 2008. CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008.** *Decreto Legislativo 0 Registro Oficial*. [en línea]. [Consulta: 30 marzo 2021]. Disponible en: [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec).

**CRIPPA, M., GUIZZARDI, D., MUNTEAN, M., SCHAAF, E., SOLAZZO, E., MONFORTI-FERRARIO, F., OLIVIER, J.G.J. & VIGNATI, E.** "Fossil CO<sub>2</sub> Emissions of All World". *Countries 2020 Report* [en línea], 2020, (Bélgica) 4(1), pp. 14-21. [Consulta: 16 diciembre 2020]. Disponible en: <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/fossil-co2-emissions-all-world-countries-2020-report>.

**DAVIS, N., LENTS, J., OSSES, M., NIKKILA, N. y BARTH, M.** "Development and application of an international vehicle emissions model". *Transportation Research Record* [en línea], 2005, (United States of America) 1(1), pp. 157-165. [Consulta: 5 septiembre 2021]. DOI 10.1177/0361198105193900118. Disponible en: <http://www.issrc.org>.

**GAITÁN, M.** *Guía para la elaboración de Inventarios de Emisiones Atmosféricas* [en línea]. Bogotá - Colombia, 2017. ISBN 9789588901640. Disponible en: [http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/emisiones\\_atmosfericas\\_contaminantes/documentos\\_relacionados/GUIA\\_PARA\\_LA\\_ELABORACION\\_DE\\_INVENTARIOS\\_DE\\_EMISIONES\\_ATMOSFERICAS.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/emisiones_atmosfericas_contaminantes/documentos_relacionados/GUIA_PARA_LA_ELABORACION_DE_INVENTARIOS_DE_EMISIONES_ATMOSFERICAS.pdf).

**GALARZA, J.** *La Contaminación Atmosférica Por Fuentes Móviles* [En línea] (Trabajo de Titulación). (Pregrado) Universidad Estatal De Milagro, Facultad Ciencias De Ingeniería, Milagro, Ecuador. 2018. pp. 1 - 33. [Consulta: 5 septiembre 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/3912/1/CONTAMINACION%20ATMOSFERICA.pdf>.

**GIRALDO, L.A. & BEHRENTZ, E.** "Estimación del inventario de emisiones de fuentes móviles para la ciudad de Bogotá e identificación de variables pertinentes". *Universidad de los Andes* [en línea], 2005, (Colombia) 1(1), pp. 1-16. [Consulta: 16 diciembre 2020]. Disponible en: [https://bogota.gov.co/sites/default/files/inlinefiles/inventario\\_de\\_emisiones\\_fuentes\\_moviles.pdf](https://bogota.gov.co/sites/default/files/inlinefiles/inventario_de_emisiones_fuentes_moviles.pdf).

**GOBIERNO AUTÓNOMO DECENTRALIZADO DEL CANTÓN GUANO.** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Guano [En línea], 2015. Guano, Ecuador. [Consulta: 16 diciembre 2020]. Disponible en: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/0660821480001\\_PLAN%20DE%20DESARROLLO%20Y%20ORDENAMIENTO%20TERRITORIAL%20SAN%20GERARDO%202014-2019\\_01-07-2016\\_18-39-14.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0660821480001_PLAN%20DE%20DESARROLLO%20Y%20ORDENAMIENTO%20TERRITORIAL%20SAN%20GERARDO%202014-2019_01-07-2016_18-39-14.pdf)

**GÓMEZ, C.D., GONZÁLEZ, C.M., OSSES, M. & ARISTIZÁBAL, B.H.** "Spatial and temporal disaggregation of the on-road vehicle emission inventory in a medium-sized Andean city. Comparison of GIS-based top-down methodologies". *Atmospheric Environment* [en línea], 2018, (Colombia) 179(16), pp. 142-155.. [Consulta: 16 diciembre 2020]. ISSN 18732844. DOI 10.1016/j.atmosenv.2018.01.049. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231018300633>.

**GONZÁLEZ, C.M., GÓMEZ, C.D. & ARISTIZÁBAL, B.H.** "Drove: An algorithm for spatial and temporal disaggregation of on-road vehicle emission inventories". *Aerosol and Air Quality Research* [en línea], 2020, (Colombia) 20(12), pp. 2765-2779. [Consulta: 16 diciembre 2020]. ISSN 20711409. DOI 10.4209/aaqr.2020.04.0184. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/343564178\\_DROVE\\_An\\_Algorithm\\_for\\_Spatial\\_and\\_Temporal\\_Disaggregation\\_of\\_On-road\\_Vehicle\\_Emission\\_Inventories](https://www.researchgate.net/publication/343564178_DROVE_An_Algorithm_for_Spatial_and_Temporal_Disaggregation_of_On-road_Vehicle_Emission_Inventories)

**GRACÍA, C.** "Políticas en salud ambiental, con énfasis en contaminación atmosférica e infancia, en ciudades colombianas". *Revista de Salud Pública* [en línea], 2012, (Colombia) 14(2), pp. 100-112. [Consulta: 30 marzo 2021]. ISSN 0124-0064. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/revsaludpublica/article/view/35394>.

**GUADALUPE, Jorge.** Modelación de emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres en Quito , Ecuador [En línea] (Trabajo de Titulación). (Maestría) Universidad Técnica Federico Santa María, Departamento de Ingeniería Mecánica, Valparaíso, Chile. 2016. pp. 1- 164. [Consulta: 08 diciembre 2020]. Disponible en: <https://docplayer.es/60948738-Modelacion-de-emisiones-contaminantes-de-fuentes-moviles-terrestres-en-quito-ecuador.html>

**IBARRA-ESPINOSA, S., YNOUE, R.Y., ROPKINS, K., ZHANG, X. & DE FREITAS, E.D.** "High spatial and temporal resolution vehicular emissions in south-east Brazil with traffic data from real-time GPS and travel demand models". *Atmospheric Environment* [en línea], 2020, (Brazil) 222(12), pp. 117 - 136. [Consulta: 08 diciembre 2020]. ISSN 1352-2310. DOI 10.1016/J.ATMOENV.2019.117136. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231019307757>

**INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA.** Boletín Climatológico Anual 2015. INAMHI [en línea]. 2015, Quito, Ecuador. [Consulta: 02 diciembre 2020]. Disponible en: [http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol\\_anu.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol_anu.pdf).

**INIESTRA, R.** *Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades mexicanas* [en línea]. 1(1). México DF - México. 2009. [Consulta: 28 marzo 2021]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=8B9IdJhkvjoC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=8B9IdJhkvjoC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false).

**INSTITUTO ECUATORIANO DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS.** *Anuario de Transporte del Ecuador* [blog]. Quito: INEC, 2019. [Consulta: 28 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>

**INTERNATIONAL SUSTAINABLE SYSTEMS RESEARCH CENTER.** *Manual del Usuario del Modelo IVE* [en línea]. California - USA. ISSRC, 2008. pp. 1 - 55. [Consulta: 28 abril 2020]. Disponible en: <http://www.issrc.org/ive/>

**INTERNATIONAL SUSTAINABLE SYSTEMS RESEARCH CENTER.** *Manual del Usuario del Modelo IVE - ANEXO D* [en línea] . California - USA. ISSRC, 2008a. pp. 1 - 33. [Consulta: 28 abril 2020]. Disponible en: <http://www.issrc.org/ive/>

**INTERNATIONAL SUSTAINABLE SYSTEMS RESEARCH CENTER.** *Manual del Usuario del Modelo IVE - ANEXO C* [en línea] . California - USA. ISSRC, 2008b. pp. 1 - 42. [Consulta: 28 abril 2020]. Disponible en: <http://www.issrc.org/ive/>

**JACKSON, P.** *De Estocolmo a Kyoto: Breve historia del cambio climático | Naciones Unidas.* [blog]. Kyoto: Naciones Unidad/ Crónica ONU, 2014 [Consulta: 28 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.un.org/es/chronicle/article/de-estocolmo-kyotobreve-historia-del-cambio-climatico>.

**KIM, H., KUMAR, P., SZULEJKO, E., ADELODUN, A., JUNAID, F., UCHIMIYA, M., & CHAMBERS, S.** 2017. "Toward a better understanding of the impact of mass transit air pollutants on human health". *Chemosphere* [en línea], 2017 (República de Korea) 174(2), pp. 268-279. [Consulta: 16 diciembre 2020]. ISSN 1879-1298. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0045653517301327>.

**LENTS, J., DAVIS, N., & OSSÉS, M.** 2004. "Lima Vehicle Activity Study". *International Sustainable Systems Research* [en línea], 2004,(Perú) 2(6), pp 1-77. [Consulta: 16 diciembre 2020]. ISSN 1090-7413. Disponible en: <http://www.issrc.org/ive/>.

**REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA MEDIO AMBIENTE LIBRO VI Decreto Ejecutivo 3516, Registro Oficial Suplemento 2, 31/03/2003.** Acuerdo Ministerial 61.

**MALAGÓN, E.** *Medio Ambiente y Contaminación Principios básicos* [en línea]. Madrid-España: Ediciones Mundi – Prensa / Análisis y trabajos prospectivos, 2011. [Consulta: 20 diciembre 2020]. Disponible en: <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/16784/Medio%20Ambiente%20y%20Contaminaci%C3%B3n.%20Principios%20b%C3%A1sicos.pdf?sequence=6>

**MINISTERIO DEL AMBIENTE REPÚBLICA DEL ECUADOR.** *Plan Nacional de la Calidad del Aire. Hechos de Callejon* [en línea]. Quito-Ecuador: Dirección de Comunicación del Ministerio del Ambiente, 2010. [Consulta: 16 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>

**MORRIS, T., & TRIVEDI, M.** 2013. "Understanding vehicular traffic behavior from video: a survey of unsupervised approaches". *Journal of Electronic Imaging* [en línea], 22(4), pp. 041-113. [Consulta: 16 diciembre 2020]. ISSN 1017-9909. Disponible en: <https://www.spiedigitallibrary.org/journals/journal-of-electronic-imaging/volume-22/issue-4/041113/Understanding-vehicular-traffic-behavior-from-video--a-survey-of/10.1117/1.JEI.22.4.041113.full>.

**NTE INEN 2204.** *Gestión ambiental aire vehículos automotores límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que emplean gasolina.*

**OPS, O.P. de S.** *Determinantes ambientales y sociales de la salud.* [blog]. [Consulta: 30 marzo 2021]. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/51688>.

**OMS.** *Ambient air pollution Pan American Health Organization / World Health Organization* [blog]. [Consulta: 16 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/topic-details/GHO/ambient-air-pollution>.

**PEÑAFIEL, M.,** 2019. *Estimación De Un Inventario De Emisiones De Fuentes Móviles Terrestres Para La Ciudad De Azogues Aplicando El Modelo Internacional De Emisiones Vehiculares* [en línea] (Trabajo de Titulación). (Maestría) Universidad de Azuay, Cuenca, Ecuador. 2019. pp. 5-10. [Consulta: 22 abril 2021]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8894>

**PINTO, J., KUMAR, P., ALONSO, M., ANDREÃO, W., PEDRUZZI, R., IBARRA-ESPINOSA, S., MACIEL, F., & DE ALMEIDA ALBUQUERQUE, T.** "Coupled models using radar network database to assess vehicular emissions in current and future scenarios". *Science of the Total Environment* [en línea], 2021, (Brasil) 761(40), pp. 2-8 [Consulta: 22 abril 2021]. ISSN 1879-1026. Disponible en: DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.143207.

**ROMERO, B.**, Desarrollo de aplicación para la obtención de bins de entrada de patrones de conducción de acuerdo al modelo internacional de emisiones vehiculares (IVE) [en línea] (Trabajo de Titulación). Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. 2017. pp. 16-94. [Consulta: 15 abril 2021]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7448/1/13356.pdf>

**TAPIA, L.** *Proyecto Calidad del Aire Fase III Año Base 2010 Gobierno Nacional del Ecuador* [en línea], Quito-Ecuador: Direccion de Comunicación del Ministerio del Ambiente, 2010. [Consulta: 15 agosto 2021]. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/05/Libro-Resumen-Inventario-13-02-2014-prensa.pdf>.

**UBILLA, C.** "Contaminación Atmosférica Efectos en la Salud Respiratoria en el Niño". Revista Médica Clínica Las Condes [en línea], 2017, (Chile) 28 (1), pp. 111-118. [Consulta: 01 septiembre 2021] ISSN 0716-8640. Disponible en: DOI 10.1016/j.rmcl.2016.12.003.

**URIBE, L.**, 2014. Calidad y Precio de los Combustibles en Colombia Comparados con Algunos Países de América Latina [en línea] (Trabajo de Titulación). (Maestría) Universidad EAFIT. Medellín, Colombia. 2014. pp. 1-48 [Consulta: 2021-07-23]. Disponible en <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/5125>

**US EPA.** 2014. *Information on Running MOVES2014b*. [blog]. [Consulta: 28 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.epa.gov/moves/information-running-moves2014b>.





**US EPA, O.** "Carbon Pollution from Transportation". 2018, (Estados Unidos).

**VENGOECHEA, A.** "Las Cumbres de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático". Panel Intergubernamental del Cambio Climático [en línea], 2012, (Colombia) 1 (1), pp. 1-4. [Consulta: 28 marzo 2021]. Disponible en: [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch).

**ZHOU, Z, et al.** "Emission characteristics and high-resolution spatial and temporal distribution of pollutants from motor vehicles in Chengdu, China". Atmospheric Pollution Research [en línea], 2019, (China) 10 (3), pp. 749-758. [Consulta: 05 septiembre 2021]. ISSN 13 . Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apr.2018.12.002>.

## ANEXOS

### ANEXO A: REGISTRO FOTOGRÁFICO





<p><b>a)</b></p> 	<p><b>b)</b></p> 	<p><b>c)</b></p> 	<p><b>d)</b></p> 
<p><b>Descripción</b></p> <p>a) Punto de Conteo 1  b) Punto de Conteo 2.  c) Punto de Conteo 3  d) Punto de Conteo 4</p>	<p><b>“ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS PROVENIENTES DE FUENTES MÓVILES DEL CANTÓN GUANO APLICANDO EL MODELO COMPUTACIONAL INTERNATIONAL VEHICLE EMISSIONS (IVE)”</b></p>	<p><b>ESPOCH</b>  FACUTAD DE CIENCIAS  ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  ING. EN BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL.</p>	
		<p><b>Lámina</b></p> <p>1</p>	<p><b>Fecha</b></p> <p>05/09/2021</p>

Realizado por: Samaniego, W (2021)

<p><b>e)</b></p> 	<p><b>f)</b></p> 	<p><b>g)</b></p> 	<p><b>h)</b></p> 
<p><b>Descripción</b></p> <p>e) Punto de Conteo 5  f) Conteo en el punto 1.  g) Conteo en el punto 2  h) Conteo en el punto 3</p>	<p><b>“ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS PROVENIENTES DE FUENTES MÓVILES DEL CANTÓN GUANO APLICANDO EL MODELO COMPUTACIONAL INTERNATIONAL VEHICLE EMISSIONS (IVE)”</b></p>	<p><b>ESPOCH</b>  FACUTAD DE CIENCIAS  ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  ING. EN BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL.</p>	
		<p><b>Lámina</b> 2</p>	<p><b>Fecha</b> 05/09/2021</p>

Realizado por: Samaniego, W (2021)



<p><b>i)</b></p> 	<p><b>j)</b></p> 	<p><b>k)</b></p> 	<p><b>l)</b></p> 
<p><b>Descripción</b></p> <p>i) Conteo en el punto 5.  j) Inspección de tecnología vehicular (VP).  k) Inspección de tecnología vehicular (Tx).  l) Inspección de tecnología vehicular (Bs).</p>	<p><b>“ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS PROVENIENTES DE FUENTES MÓVILES DEL CANTÓN GUANO APLICANDO EL MODELO COMPUTACIONAL INTERNATIONAL VEHICLE EMISSIONS (IVE)”</b></p>	<p><b>ESPOCH</b>  FACUTAD DE CIENCIAS  ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  ING. EN BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL.</p>	
		<p><b>Lámina</b></p> <p><b>3</b></p>	<p><b>Fecha</b></p> <p>05/09/2021</p>

Realizado por: Samaniego, W (2021)

## ANEXO B: INTERFAZ DEL MODELO IVE

IVE Model 2.0.2

Archivo Idioma

### Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares

Cálculo Localidad Flota Ajustes Generales

Localidad: Moto\_Sierra\_Carretera Flota: Moto\_Sierra Ajustes Generales: -ninguno-

Día: 06 Mes: Octubre Año: 2015 Día de la Semana: Martes Altitud: 2700.0 metros Tipo de I/M: ninguno

Aire Acondicionado a 27°C Pendiente Terreno: 0.0 %

Características Combustible

Gasolina Clases: moderada/premez... Azufre (S): moderado (300ppm) Plomo (Pb): ninguno Benzeno: moderado (1.50%) Oxigenados: 0%

Diesel Clases: moderado Azufre (S): moderado (500ppm)

Hora: 0:00/día...  Use esta Hora

Características de Conducción:  Bins VSP  Bins Soak

Humedad: 75.0 % Distancia/Tiempo: 4110732.8 kilómetros Partidas: 82215.0

Temperatura: 14.5 °Celsius

Grupo 1										Grupo 2									
Bin VSP 0	Bin VSP 1	Bin VSP 2	Bin VSP 3	Bin VSP 4	Bin VSP 5	Bin VSP 6	Bin VSP 7	Bin VSP 8	Bin VSP 9	Bin VSP 10	Bin VSP 11	Bin VSP 12	Bin VSP 13	Bin VSP 14	Bin VSP 15	Bin VSP 16	Bin VSP 17	Bin VSP 18	Bin VSP 19
					0.1	0.5	1.2	3.3	3.9	11.7	21.7	24.7	14.5	9.1	3.0	0.4	0.1		
Bin VSP 20	Bin VSP 21	Bin VSP 22	Bin VSP 23	Bin VSP 24	Bin VSP 25	Bin VSP 26	Bin VSP 27	Bin VSP 28	Bin VSP 29										
					1.2	2.4	1.2	0.7	0.2										
Bin VSP 30	Bin VSP 31	Bin VSP 32	Bin VSP 33	Bin VSP 34	Bin VSP 35	Bin VSP 36	Bin VSP 37	Bin VSP 38	Bin VSP 39										
Bin VSP 40	Bin VSP 41	Bin VSP 42	Bin VSP 43	Bin VSP 44	Bin VSP 45	Bin VSP 46	Bin VSP 47	Bin VSP 48	Bin VSP 49										
Bin VSP 50	Bin VSP 51	Bin VSP 52	Bin VSP 53	Bin VSP 54	Bin VSP 55	Bin VSP 56	Bin VSP 57	Bin VSP 58	Bin VSP 59										
15 min	30 min	1 hora	2 horas	3 horas	4 horas	6 horas	8 horas	12 horas	18 horas	Total	Distribución Potencia Especifica Vehicular								
25.0				25.0			42.0	8.0		99.9	% Distribución Potencia Especifica Vehicular								
										Total	Distribución Tiempo Soak								
										100.0	% Distribución Tiempo Soak								

Velocidad Promedio: 68.2 km/hr

## ANEXO C: MODELO DE LA ENCUESTA

### TECNOLOGÍA VEHICULAR

La presente encuesta tiene como finalidad recabar información acerca del comportamiento de conducción y tecnología vehicular del cantón Guano, únicamente con fines académicos.

#### CUESTIONARIO

1. Ciudad de residencia

-----

2. ¿Qué tipo de vehículo posee?

- a. Vehículo particular
- b. Taxi
- c. Camión
- d. Bus
- e. Moto

3. ¿Qué tipo de combustible usa su vehículo?

- a. Gasolina
- b. Diesel
- c. Otro

4. Año de fabricación

-----

5. ¿Cuál es el kilometraje actual de su vehículo?

- a. <79mil km
- b. 80mil km – 161mil km
- c. > 162mil km

6. ¿Qué tipo de sistema de mezcla aire combustible tiene su vehículo?

- a. Carburador
- b. Inyección Monopunto
- c. Inyección Multipunto
- d. Inyección Directa
- e. Inyección Indirecta
- f. Otro

7. ¿Qué tipo de sistema de control de emisiones tiene su vehículo?

- a. Ninguno

- b. Catalizador de dos vías
  - c. Catalizador de 3 vías
  - d. Ventilación Positiva
  - e. Otro
8. Su vehículo cuenta con A/C
- a. Si
  - b. No
9. ¿Cuánto tiempo usa su A/C?
- a. Siempre
  - b. Casi siempre
  - c. Usualmente
  - d. Rara vez
  - e. Nunca
10. ¿Cuántas veces al día enciende su vehículo?
11. ¿Cuántas veces al día permanece apagado su vehículo por menos de 15 minutos?
12. ¿Cuántas veces al día permanece apagado su vehículo por 15 a 30 minutos?
13. ¿Cuántas veces al día permanece apagado su vehículo por 30 a 60 minutos?
14. ¿Cuántas veces al día permanece apagado su vehículo por 2 horas?
15. ¿Cuántas veces al día permanece apagado su vehículo por 2 a 6 horas?
16. ¿Qué período de tiempo permanece apagado su vehículo desde que lo apaga en la noche y lo enciende en el día?
17. ¿Cuál es la distancia en km que recorre a diario en su vehículo?
18. ¿Cuál es la velocidad promedio en km/h que recorre a diario en su vehículo?
19. ¿Cuántas veces detiene su vehículo sin apagarlo en sus recorridos diarios habituales?

## ANEXO D: REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE  
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

*Fecha de entrega: 12 / 11 / 2021*

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> <i>Wendy Dayana Samaniego Meneses</i>
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> <i>Ciencias</i>
<b>Carrera:</b> <i>Ingeniería en Biotecnología Ambiental</i>
<b>Título a optar:</b> <i>Ingeniera en Biotecnología Ambiental</i>
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

**LEONARDO  
FABIO MEDINA  
NUSTE**

Firmado digitalmente por  
LEONARDO FABIO MEDINA  
NUSTE  
Fecha: 2021.11.12 08:28:48  
-05'00'



1963-DBRA-UTP-2021