



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> GENERADAS POR EL  
TRANSPORTE VEHICULAR EN LA VÍA SANTA ROSA MACHALA

FREIRE LUNA KEVIN JAVIER  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2020



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> GENERADAS POR EL  
TRANSPORTE VEHICULAR EN LA VÍA SANTA ROSA MACHALA

FREIRE LUNA KEVIN JAVIER  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2020



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> GENERADAS POR EL TRANSPORTE  
VEHICULAR EN LA VÍA SANTA ROSA MACHALA

FREIRE LUNA KEVIN JAVIER  
INGENIERO CIVIL

OYOLA ESTRADA ERWIN JAVIER

MACHALA, 26 DE FEBRERO DE 2020

MACHALA  
26 de febrero de 2020

**Nota de aceptación:**

Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado ANALISIS DE LAS EMISIONES DE CO2 GENERADAS POR EL TRANSPORTE VEHICULAR EN LA VÍA SANTA ROSA MACHALA, hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



---

OYOLA ESTRADA ERWIN JAVIER  
0702019738  
TUTOR - ESPECIALISTA 1



---

MEDINA SANCHEZ YUDY PATRICIA  
0703642850  
ESPECIALISTA 2



---

CARRILLO LANDIN ANGEL ANTONIO  
0701210668  
ESPECIALISTA 3

Fecha de impresión: miércoles 26 de febrero de 2020 - 08:21

# ELECTROMOVILIDAD COMO MITIGACIÓN A LAS EMISIONES DE CO2 GENERADAS POR EL TRANSPORTE VEHICULAR EN LA VÍA SANTA ROSA MACHALA

*por* Kevin Javier Freire Luna

---

**Fecha de entrega:** 10-feb-2020 04:28p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1255010581

**Nombre del archivo:** AS\_POR\_EL\_TRANSPORTE\_VEHICULAR\_EN\_LA\_V\_A\_SANTA\_ROSA\_MACHALA.docx  
(52.67K)

**Total de palabras:** 5204

**Total de caracteres:** 27827

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, FREIRE LUNA KEVIN JAVIER, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado ANALISIS DE LAS EMISIONES DE CO2 GENERADAS POR EL TRANSPORTE VEHICULAR EN LA VÍA SANTA ROSA MACHALA, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 26 de febrero de 2020



FREIRE LUNA KEVIN JAVIER  
0704661859

# ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE CO2 GENERADAS POR EL TRANSPORTE VEHICULAR EN LA VÍA SANTA ROSA - MACHALA

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

9%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

---

1%

★ [www.dspace.espol.edu.ec](http://www.dspace.espol.edu.ec)

Fuente de Internet

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 5 words

Excluir bibliografía

Activo

## RESUMEN

Esta investigación busca proveer alternativas de control para la futura movilización vehicular de los ciudadanos de Machala, evidenciando las emisiones de CO<sub>2</sub> provocadas por el sector del transporte en la vía Santa Rosa-Machala, el enfoque hacia este punto de la ciudad está dado por la alta demanda inmobiliaria en los alrededores y la expansión urbana llegando a ocupar los espacios rurales, en la actualidad el área urbana de Machala aproxima su crecimiento a las cercanías del corredor arterial E25.

Mediante una estación de conteo manual, se recolectó datos de los vehículos transitados en la autopista, durante una semana. Con los valores del aforo se realizó el cálculo del TPDA separando vehículos livianos y pesados, la bibliografía revisada permitió usar factores aproximados de emisión de dióxido de carbono y consumo de litros de combustible, insumos con los que se pudo llegar a calcular las toneladas de emisión de CO<sub>2</sub> en la vía. Adicionalmente, con el volumen de tráfico vehicular se identificó los vehículos de mayor incidencia. Análisis que permite tener pautas precisas de los sectores hacia donde se debe orientar los planes y medidas de mitigación de la contaminación atmosférica.

En cumplimiento al objetivo general de la investigación se proponen alternativas de control, tomando experiencias de ciudades como Quito, Guayaquil y Loja, donde en función de las herramientas tecnológicas de actualidad, se viene implementando medidas de mitigación.

**PALABRAS CLAVES:** emisiones, aforo, transporte, vehículo, contaminación.

## **ABSTRACT**

This research seeks to provide control alternatives for the future vehicular mobilization of the citizens of Machala, evidencing the CO<sub>2</sub> emissions caused by the transport sector on the Santa Rosa-Machala road, the approach to this point of the city is taken high Real estate demand in the surroundings and urban expansion reaching rural spaces, at present the urban area of Machala approximates its growth near the E25 arterial corridor.

Through a manual counting station, data was collected on vehicles traveled on the highway for a week. With the capacity values, the calculation of the TPDA was performed separating light and heavy vehicles, the revised bibliography allowed the use of approximate factors of carbon dioxide emission and consumption of liters of fuel, inputs with which it was possible to calculate the emission tons of CO<sub>2</sub> in the road. Additionally, with the volume of vehicular traffic, the vehicles with the highest incidence are identified. Analysis that allows to have precise guidelines of the sectors towards which the plans and measures to mitigate air pollution should be oriented.

In compliance with the general objective of the research, control alternatives are proposed, based on experiences from cities such as Quito, Guayaquil and Loja, where mitigation measures have been implemented based on current technological tools.

**KEYWORDS:** emissions, capacity, transport, vehicle, pollution.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |    |
|--|----|
| RESUMEN .....  | 1  |
| ABSTRACT .....   | 2  |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS .....   | 3  |
| ÍNDICE DE IMÀGENES.....  | 5  |
| ÌNDICE DE TABLAS.....  | 6  |
| ÌNDICE DE ANEXOS.....  | 7  |
| 1 INTRODUCCIÓN.....  | 8  |
| 1.1 El problema .....  | 9  |
| 1.1.1 Diagnóstico del problema .....   | 9  |
| 1.1.2 Contextualización y descripción del problema objeto de intervención..... | 11 |
| 1.2 Objetivos.....   | 13 |
| 1.2.1 Objetivo general.....  | 13 |
| 1.2.2 Objetivos específicos .....  | 13 |
| 1.3 Área de estudio .....  | 14 |
| 2 DESARROLLO .....   | 15 |
| 2.1 Marco teórico.....   | 15 |
| 2.1.1 Transporte vehicular .....   | 15 |
| 2.1.2 Aforo Vehicular .....  | 15 |
| 2.1.3 Volumen de tráfico .....   | 15 |
| 2.1.4 Tráfico promedio diario anual (TPDA).....                                | 15 |
| 2.1.5 Sostenibilidad.....  | 15 |
| 2.1.6 Movilidad sostenible .....   | 15 |
| 2.1.7 Contaminación atmosférica .....  | 15 |
| 2.1.8 Contaminación y transporte vehicular .....                               | 16 |
| 2.1.9 Movilidad eléctrica .....  | 16 |
| 2.2 Metodología.....   | 17 |
| 2.2.1 Generalidades.....   | 17 |
| 2.2.2 Planificación y ejecución.....   | 17 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 2.2.3 | Procesamiento de datos .....              | 18 |
| 2.2.4 | Resultados .....                          | 20 |
| 2.3   | Análisis de resultados .....              | 25 |
| 2.4   | Propuestas .....                          | 27 |
| 2.4.1 | Estudios de calidad del aire.....         | 28 |
| 2.4.2 | Políticas locales .....                   | 28 |
| 2.4.3 | Revisión técnica vehicular integral ..... | 28 |
| 2.4.4 | Implementación de electro movilidad.....  | 29 |
| -     | Buses eléctricos .....                    | 29 |
| -     | Implementación de taxis eléctricos.....   | 29 |
| 3     | CONCLUSIONES.....                         | 30 |
|       | Bibliografía .....                        | 31 |
|       | ANEXOS .....                              | 34 |

## ÍNDICE DE IMÀGENES

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 Imagen Satelital de Machala (2019) ..... | 10 |
| Figura 2 Imagen Satelital de Machala (1985) ..... | 10 |
| Figura 3 Vía Santa Rosa - Machala .....           | 14 |
| Figura 4 Ubicación de estación de conteo .....    | 17 |
| Figura 5 Distancia entre vehículos .....          | 26 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|          |  |    |
|----------|--|----|
| Tabla 1  | Coordenadas vía Santa Rosa - Machala .....                     | 14 |
| Tabla 2  | Clasificación vehicular para el conteo manual.....             | 17 |
| Tabla 3  | Resumen de velocidades .....                                   | 18 |
| Tabla 4  | Emisiones promedio de gasolina y diésel.....                   | 19 |
| Tabla 5  | Consumo promedio de gasolina y diésel en 17.3 km.....          | 19 |
| Tabla 6  | Resumen del conteo de tráfico .....                            | 20 |
| Tabla 7  | Resultados .....   | 21 |
| Tabla 8  | Resultado de aforo en vehículos livianos. ....                 | 22 |
| Tabla 9  | Resultado de emisión diaria de CO2 en vehículos livianos ..... | 22 |
| Tabla 10 | Resultado de aforo en vehículos pesados.....                   | 23 |
| Tabla 11 | Resultado de emisión diaria de CO2 en vehículos pesados.....   | 23 |
| Tabla 12 | Resultado de la proyección del tráfico. ....                   | 24 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|  |    |
|--|----|
| Anexo 1 Conteo en estación. ....         | 34 |
| Anexo 2 Conteo manual en estación .....  | 34 |
| Anexo 3 Aforo vehicular estación .....   | 35 |
| Anexo 4 Aforo vehicular estación .....   | 35 |
| Anexo 5 Formato de aforo vehicular. .... | 36 |
| Anexo 6 Aforo vehicular martes .....     | 37 |
| Anexo 7 Aforo vehicular miércoles .....  | 37 |
| Anexo 8 Aforo vehicular jueves .....     | 38 |
| Anexo 9 Aforo vehicular viernes .....    | 38 |
| Anexo 10 Aforo vehicular sábado .....    | 39 |
| Anexo 11 Aforo vehicular domingo .....   | 39 |
| Anexo 12 Aforo vehicular lunes.....      | 40 |

## 1 INTRODUCCIÓN

En países desarrollados al igual que los subdesarrollados, la población urbana actualmente percibe efectos desfavorables para la salud producto de la contaminación ambiental, en parte por el creciente flujo poblacional que soportan las ciudades, produciendo un incremento del parque automotor (exceso de circulación de automóviles).[1] Fuente, que generan gases contaminantes por la combustión de los combustibles fósiles, principalmente gasolina y diésel.[1]

El uso intensivo de transporte terrestre indudablemente hace su aporte en el incremento de emisiones tóxicas, a nivel de transportación pública donde no se presenta las garantías técnicas para que la circulación de estos vehículos no sea perjudicial para el medio ambiente. En tanto que el transporte individual resulta ser un modelo que aporta de forma negativa al cambio climático, tener varios automóviles en actividad de forma personal, en ocasiones con espacio para que este pueda ser un proceso colectivo, es evidencia del consumismo en cuanto a combustibles, por lo general de origen fósil.

Las medidas a la problemática ambiental en la transportación viene dado por la implementación de tecnología que garantice la sostenibilidad en la movilidad como lo dicen LAURA MAFFEI Y MAITÉ LLANOS: *La transformación del parque automotor hacia vehículos más eficientes, la promoción del transporte público y de formas de transporte menos contaminantes, son medidas de gran importancia no solo para la reducción de emisiones, sino también para lograr mejoras en las condiciones de salud pública y ambiental.*[2]

Resulta ser un gran desafío la transición del transporte vehicular hacia la implementación de vehículos con nuevas tecnologías, es evidente que involucra más allá de la comodidad, variables de gran incidencia, sin embargo, las políticas y leyes expendidas son un importante medio estimulante en la ciudadanía. Con atractivas ofertas se trata de captar la atención hacia soluciones accesibles, capaces de crear una cadena de beneficios donde resalta la disminución de gases contaminantes.

## **1.1 El problema**

### **1.1.1 Diagnóstico del problema**

La ciudad de Machala conformada por 8 parroquias, de las cuales 7 representan el área urbana de la ciudad, de acuerdo con datos del GAD de Machala para la zona urbana de un área total de 5993.02 Ha, un 48.43% representa el uso de suelo consolidado como urbano, mientras que el 51.57% se encuentra en proceso de consolidación.

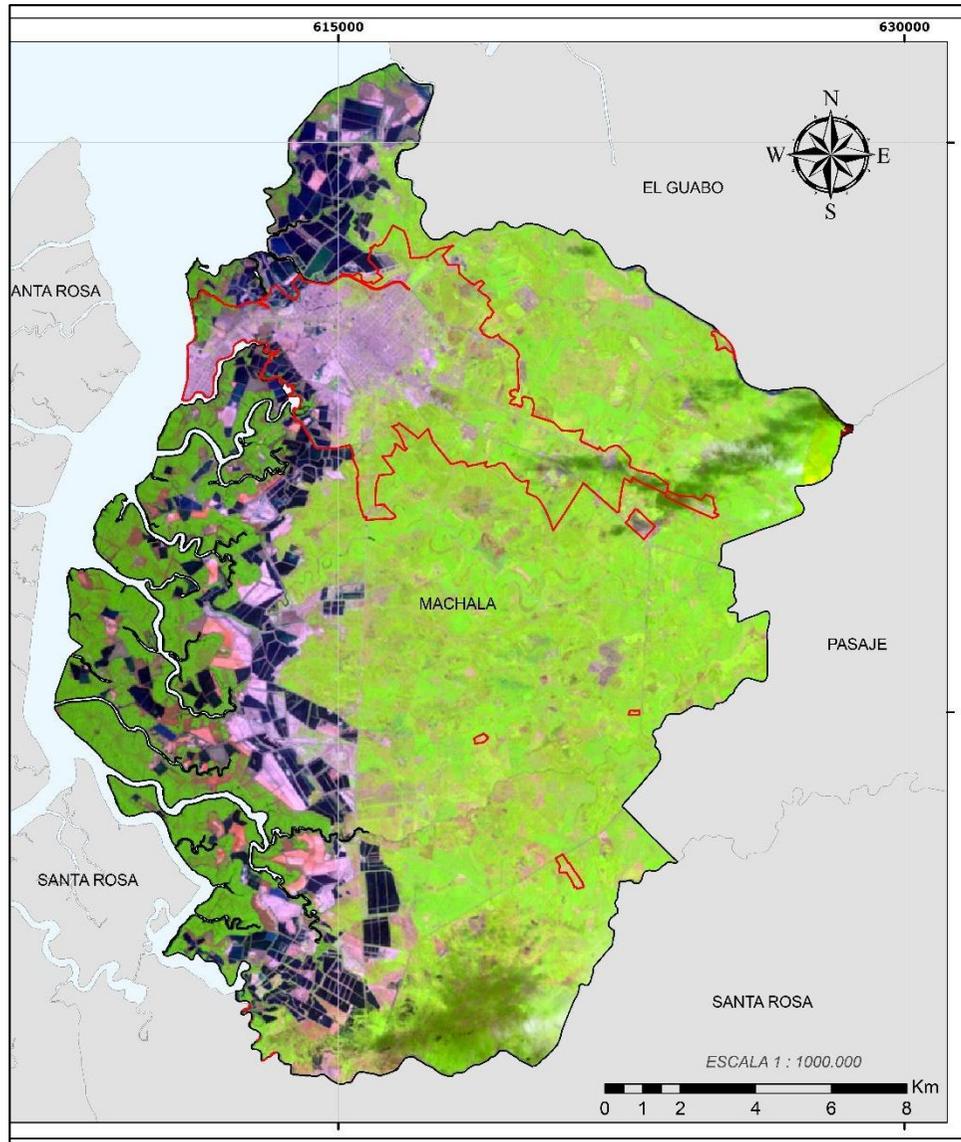
La tendencia de crecimiento de la ciudad corroborada por imágenes satelitales haciendo un análisis historial en el tiempo desde el año 1985 a la actualidad permite evidenciar la expansión urbana llegando a ocupar los espacios rurales (Figura 1 y Figura 2), es así como en la actualidad el área urbana de Machala aproxima su crecimiento a las cercanías al corredor arterial E25.

Es un tópico de actualidad que el cambio climático representa una amenaza a la supervivencia del ser humano, entre otras actividades de aporte negativo se resalta una necesidad básica como es la movilidad de un punto a otro haciendo uso de vehículos motorizados, lo que involucra un consumo energético en el que intervienen combustibles fósiles, el resultado de este proceso de combustión es la proliferación de concentraciones de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). [3]

Indudablemente la emisión de gases producto de la combustión vehicular a partir de combustibles fósiles afecta en la actualidad, y seguramente a futuro como resultado de los factores antes mencionados de crecimiento desmedido del área urbana, ocupación del área rural y proximidad a caminos de alto tráfico vehicular.

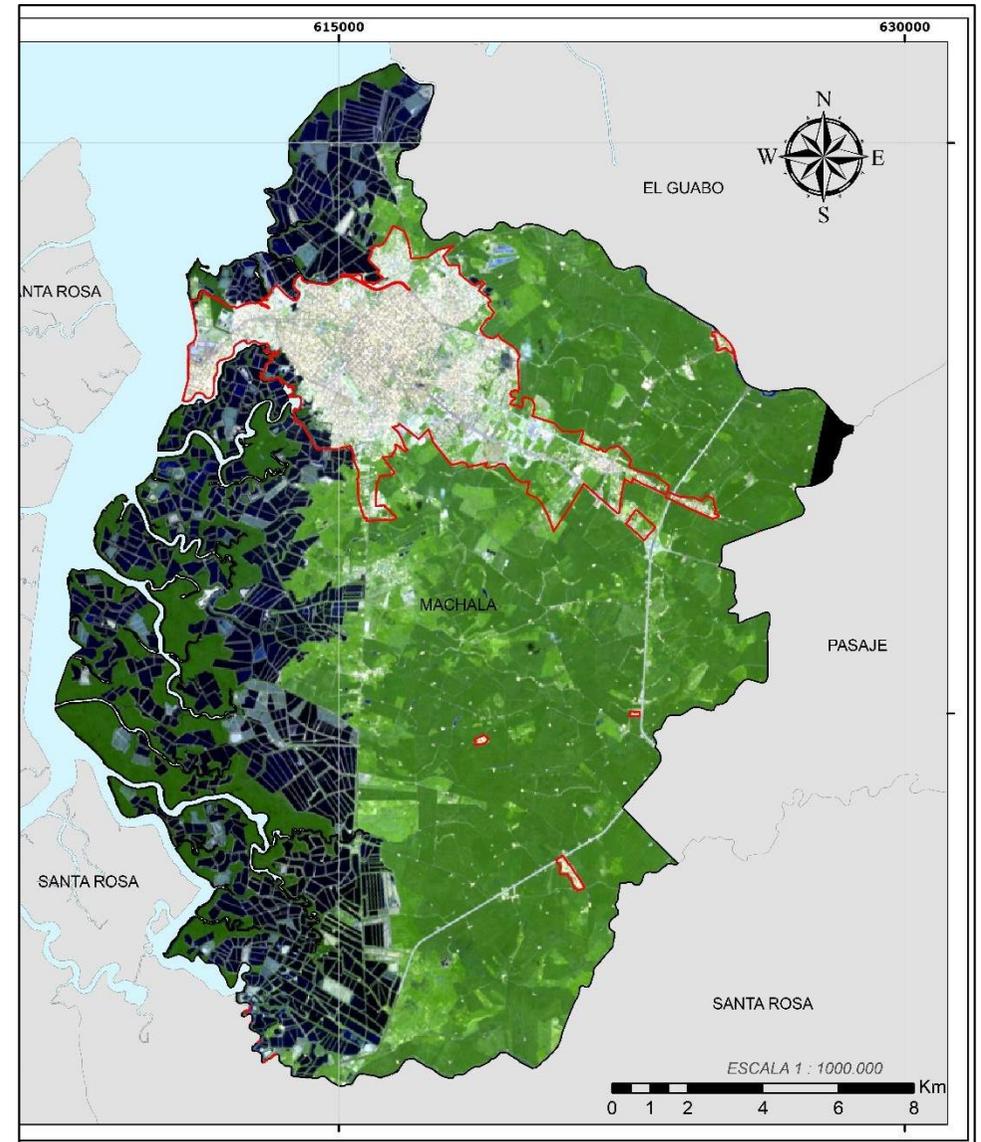
Con conocimiento de que este fenómeno representa un grave riesgo para la salud humana originando efectos adversos sobre el sistema inmunológico, el sistema nervioso e incluso originar cáncer. [4] Las autoridades aún no manejan planes que involucren la movilidad de la ciudad mediante la implementación de técnicas ambientales sustentables y sostenibles.

Figura 2 Imagen Satelital de Machala (1985)



Fuente: Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS).  
Elaboración: Kevin Freire Luna.

Figura 1 Imagen Satelital de Machala (2019)



Fuente: Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS).  
Elaboración: Kevin Freire Luna.

### **1.1.2 Contextualización y descripción del problema objeto de intervención.**

#### *Macro*

A nivel mundial es indiscutible la relación entre cambio climático y sector del transporte, del conjunto de gases del efecto invernadero (GEI por sus siglas en inglés), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es el más preocupante, para estudios de los años 1970 a 2010 el gas en mención representó el 78% de las emisiones totales, se atribuye el 56,6 % al uso de combustibles fósiles de la última cifra un valor de 13% viene dado por el sector del transporte.[5] Panorama que no es alentador pues se prevé que las emisiones del transporte continuarán en aumento. Países como México, USA, Canadá y China figuran como los de mayor incidencia en la quema de combustibles a nivel mundial. Para el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) un objetivo clave es reducir las emisiones en 60 a 80 % hasta el año 2050 y así alcanzar un escenario máximo de 2°C de calentamiento.[5]

#### *Meso*

La preocupación por el fenómeno ha llevado a la implementación de tecnología para explorar el crecimiento de la flota vehicular es como lo hace Irlanda simulando un modelo de visualización de la demanda para el 2030, la posibilidad del uso de etanol en Tailandia es otra de las iniciativas. A la vez que se examina la incorporación de vehículos eléctricos e híbridos.[6] El Ministerio del Ambiente (MAE), pretende reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en el Ecuador, direccionado trabajar en dos ejes principales de mitigación y adaptación.

Para Ecuador el cambio de la matriz productiva es de vital importancia en el objetivo de minimizar la emisión de gases contaminantes de la atmósfera, hay que mencionar que en la participación del COP21 (Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 2015) se comprometió a integrarse en el propósito de limitar el calentamiento global a un máximo de 2°C.[7] El efecto de contaminación atmosférica muestra niveles altos en ciudades como Quito sin embargo estudios demuestran que en ciudades de jerarquía tipo B como Pujilí, el fenómeno también existe y está en incremento constante.[8]

En el Distrito Metropolitano de Quito, a nivel de emisiones GEI el mayor porcentaje corresponde al transporte con un 68.2%, según el Inventario de Emisiones de Gases del Efecto Invernadero.[9] La capital ecuatoriana se enfoca en varias medidas de mitigación entre las que destacan el transporte público Metrobús-Q, la restricción de circulación vehicular Pico y placa, además fomentar transportes alternativos como la bicicleta.[9]

### *Micro*

Para Machala cuarta ciudad más importante del Ecuador, escasos o en realidad nulos son los estudios que avalen estadísticas de la situación ambiental por emisiones de contaminantes en la atmósfera por parte de la transportación pública y particular, pues de no contar con un registro con énfasis en el casco urbano de la ciudad, es de esperar que tampoco se cuente con estudios proyectados hacia la gestión ambiental de los años venideros respecto del crecimiento poblacional y extensión del área urbana.

Son varios los artículos que en Leyes y Reglamentos inducen a los diferentes entes, llamados a ejercer control, como también planificar por el desarrollo de las ciudades, en la importancia de manejar sistemas que permitan tener conocimiento de la actualidad ambiental de la ciudad en todos los ámbitos: atmosférico, acústico, visual, de suelo, entre otros. Delegando un rumbo de gestión simultánea, entre autoridades locales (GAD), nacionales (ANT, MAE, MSP, MIES), empresas de transporte urbano y sociedad civil.[10] Es una problemática de actualidad y a futuro la pasividad con la que se deja pasar por alto temáticas que incidirán directamente en el diario vivir.

Desarrollar una vida en ambiente pleno y sano, que nos garantice un Buen Vivir, es lo que al menos la constitución nos otorga mediante:

Art. 14 de la Constitución del Ecuador, “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*” (ASAMBLEA NACIONAL CONSTITUYENTE, 2008).[11]

Con objetivo de promover el uso eficiente y sostenible de la energía, La Ley de Eficiencia Energética busca fomentar una cultura de sostenibilidad y sustentabilidad ambiental, en referencia a la movilidad e implementación de nuevas tecnologías se dispone:

Art. 14.- Eficiencia energética en el transporte. - A partir del año 2025 todos los vehículos que se incorporen al servicio de transporte público urbano e Inter parroquial, en el Ecuador continental, deberán ser únicamente de medio motriz eléctrico[12]

Las ciudades que jerárquicamente le anteceden a Machala, como Guayaquil, Quito y Cuenca, ya vienen implementando la incorporación de transportación eléctrica, en búsqueda de alternativas a los combustibles fósiles.

En uno de sus apartados la Ley Orgánica de Transporte Terrestre Tránsito Y Seguridad Vial, indica: Art. 211.- Todos los automotores que circulen dentro del territorio ecuatoriano deberán estar provistos de partes, componentes y equipos que aseguren que no rebasen los límites máximos permisibles de emisión de gases y ruidos contaminantes establecidos en el Reglamento.[13]

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> causadas por el transporte vehicular en la vía Santa Rosa – Machala, mediante el cálculo del tráfico promedio diario anual y uso de factores de emisión de contaminantes, para presentar alternativas que permitan mantener una buena calidad del aire.

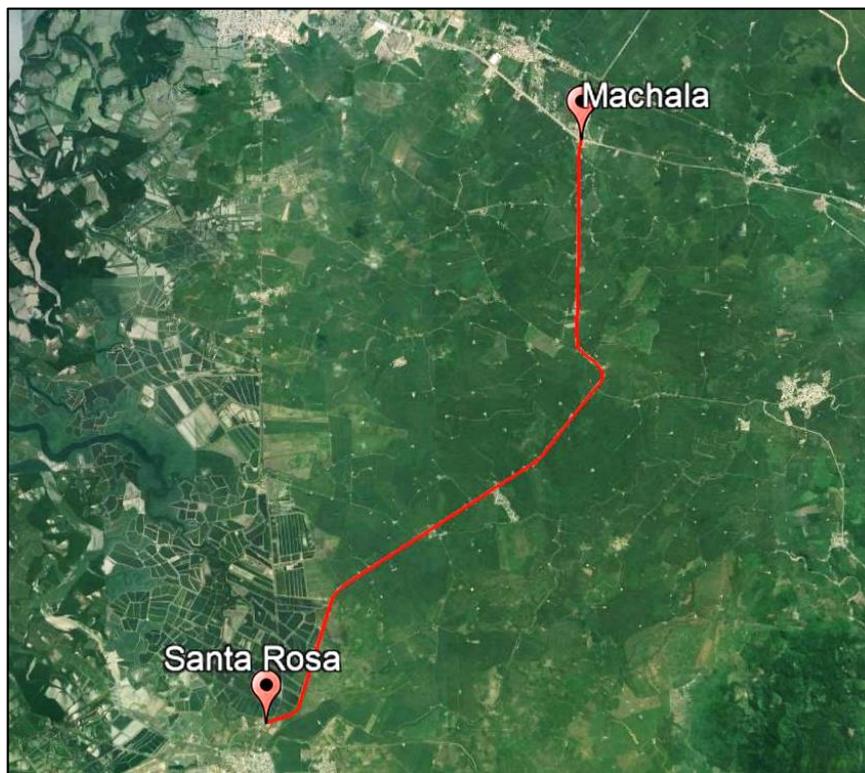
### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Realizar un conteo vehicular, ubicando estación de control manual en un sector de la vía Santa Rosa – Machala, para el cálculo de tránsito promedio diario anual.
- Identificar las tipologías de vehículos transitados en la vía Santa Rosa – Machala, con el procesamiento de datos del conteo vehicular a fin de evidenciar las tendencias de vehículos pesados y livianos.
- Analizar la incidencia ambiental del tráfico vehicular en la vía Santa Rosa – Machala, proyectado para 20 años.
- Establecer propuestas para disminuir los índices de contaminación a futuro, con la implementación de alternativas tecnológicas amigables al medio ambiente.

### 1.3 Área de estudio

La vía Panamericana Sur E25 en la ruta Santa Rosa – Machala, objeto de estudio recorre aproximadamente 17.3 km, forma parte de la red vial del Ecuador, al ser una vía primaria o también denominada corredor arterial tiene significativa importancia para la provincia y el país, de ahí que registra un gran tráfico vehicular, pues este tramo conecta cruces de frontera, puertos y capitales de provincia. El tráfico proveniente de las vías secundarias o colectoras aporta alta movilidad como resultado de la conexión entre medianos y grandes centros de producción económica.

Figura 3 Vía Santa Rosa - Machala



Fuente: Google Earth

Vía Ubicada en la zona occidental de la provincia de El oro, corredor arterial de de tipo RII, las coordenadas de inicio y fin de este tramo son:

Tabla 1 Coordenadas vía Santa Rosa - Machala

|        | LATITUD        | LONGITUD     |
|--------|----------------|--------------|
| INICIO | 9°622.976,86 N | 616.779,47 E |
| FIN    | 9°635.948,98 N | 622.166,46 E |

## **2 DESARROLLO**

### **2.1 Marco teórico**

#### **2.1.1 Transporte vehicular**

Traslado de personas o mercancías de un sitio a otro, se realiza mediante elementos motorizados, ya sea en corta o largas distancias, permitiendo al usuario recorrer distancias en forma colectiva o individual.

#### **2.1.2 Aforo Vehicular**

Conteo de vehículos promedio en circulación, en determinado espacio vial, durante un tiempo estimado. [14] Relación que puede ser realizada segmentado los vehículos de acuerdo con el número de ejes, tracción, tamaño, entre otras características.

#### **2.1.3 Volumen de tráfico**

Indicador de los vehículos en circulación, para un determinado tiempo analizado, datos que pueden ser usados en la proyección de la tasa de crecimiento y estimación de diferentes parámetros.[15]

#### **2.1.4 Tráfico promedio diario anual (TPDA)**

Mediante estaciones de aforo vehicular se obtiene los valores de volumen de tráfico, datos que posteriormente son procesados mediante distintos métodos de formulación matemática para encontrar el tráfico promedio diario anual.[16]

#### **2.1.5 Sostenibilidad**

Relación en entre el ser humano y la naturaleza, orientada a satisfacer necesidades de la generación actual, considerando las estructuras, funciones y diversidad de sistemas en los diferentes hábitats precautelando así los intereses de generaciones venideras.

#### **2.1.6 Movilidad sostenible**

Uso del sistema vial mediante desplazamientos vehiculares oportunos, seguros, eficaces, no contaminantes. Con estándares de consumo eficiente de energía, incrementando la accesibilidad y avizorando un ambiente saludable con una planificación que englobe metas en el presente y a futuro.[17]

#### **2.1.7 Contaminación atmosférica**

Presencia en la atmósfera de materiales, sustancias o energía que puedan representar riesgos en la salud de los seres vivos y bienes de cualquier naturaleza. Riesgos o daños provenientes de distintas fuentes.

### **2.1.8 Contaminación y transporte vehicular**

El transporte vehicular en operación afecta en la emisión de gases del efecto invernadero, como describe *Carolina Castillo Escobar*: *“Los medios de transporte están basados en la quema de combustibles fósiles. Esto los ha convertido en la fuente de polución urbana y regional y de gases de efecto invernadero que varían, en proporción al medio de transporte.”* [18]

Son varios los impactos en el ser humano al inhalar aire que ha sido alterado, efectos que pueden ser directos o indirectos, las afectaciones no discriminan el desarrollo de los países, como lo define la Organización Mundial de la Salud en su libro *Transporte urbano y Salud*: *“Daños serios y cuantificables en la salud ocurren a los niveles de la contaminación del aire típicamente encontrados tanto en países desarrollados como en países en desarrollo.”* [19]

### **2.1.9 Movilidad eléctrica**

La electro-transportación descarta el motor de combustión interna, reemplazado por un motor eléctrico alimentado por electricidad a través de una batería. Tecnología eficiente como lo describe *José Santamarta*. *“El motor eléctrico es cuatro veces más eficiente que el motor de combustión interna.”*[20]

Este tipo de movilidad permite disminuir los efectos negativos causados por vehículos que usan combustibles fósiles. El impacto de los vehículos eléctricos puede que sea igual al de los convencionales en el proceso de fabricación, los procesos pueden llegar a ser similares, sin embargo, al entrar en operación hace la diferencia al tener cero emisiones de contaminantes.

Para otros autores desde la elaboración ya se puede notar diferencias, en relación a los procesos cotidianos, y seguro continuaran disminuyendo los impactos a futuro, según *“Sin perjuicio de que en las tres etapas (fabricación, uso, fin de vida) se han dado avances notables para reducir los impactos ambientales, no cabe duda de que el futuro pasa por ser aún más exigente.”*[21]

En función la transformación de la matriz energética del país es posible sustituir el consumo de combustibles fósiles por el de energía limpia y renovable.

## 2.2 Metodología

### 2.2.1 Generalidades

El procedimiento de conteo se realizó de forma manual, los insumos para este tipo de aforos son: un impreso donde consten los diferentes vehículos en la clasificación de preferencia, para facilidad se creó en una hoja electrónica donde consta las diferentes categorizaciones, según el MTOP. En las clases de vehículos constan de automóviles, camionetas, buses, camiones pesados de dos ejes, camiones extrapesados de 3,4 y 5 ejes, y motos.

Tabla 2 Clasificación vehicular para el conteo manual.

| VEH. LIVIANOS (2 EJES SIMPLES)  |   | VEH. PESADOS (2 -3 EJES)  |   |  | VEH. EXT. PESADOS   |   |   | Motos |
|---|---|---|---|--|---|---|---|-------|
| AUTOMOVILES   | CAMIONETAS  | BUSES   | CAMIONES  |  | CAMIONES  |   |   |       |
|   |   | PESADO  | LIVIANOS  | PESADOS  | 4 EJES  | 5 EJES  | 6 EJES  |       |
|  |  |  |  |  |  |  |  |       |

Abarcar la toma de datos de todo el tráfico en un horario de 7:00 a.m. hasta las 18:00 horas, durante siete días es un trabajo agotador, hace necesario la presencia de al menos dos personas en la recolección de los datos.

### 2.2.2 Planificación y ejecución

A la altura del ingreso a la vía Pajonal se designó un espacio para la ubicación de la estación de conteo, donde se pueda desarrollar la practica con seguridad y se pueda tener visibilidad clara hacia la vía. Dos personas se encargan del aforo, uno estará enfocado en el sentido de transito Santa Rosa – Machala, mientras otro en la ruta Machala – Santa Rosa.

Figura 4 Ubicación de estación de conteo



Con las debidas indicaciones se dio inicio el 7 de enero del 2020, culminando el 13 de enero del 2020, se realizó el conteo de tráfico vehicular en base a las características del formato de aforo, para el horario antes mencionado se tomó periodos de una hora.

### 2.2.3 Procesamiento de datos

#### 2.2.3.1 Densidad vehicular

Con datos bibliográficos de velocidades en la vía de estudio, se realiza el cálculo de ocupación de los vehículos por kilómetro, resultado obtenido de la división entre los automotores transitados durante una hora y la velocidad, valor representado en vehículos por kilómetro (Veh/km).

$$\text{Ec. (1)} \quad D = \frac{N \text{ (Veh/h)}}{v \text{ (km/h)}}$$

*N*: Flujo vehicular en una hora (Veh/h)

*v*: Velocidad promedio (km/h)

*D*: Densidad vehicular (Veh/km)

Tabla 3 Resumen de velocidades

| Velocidades (Km/h) |        |
|--------------------|--------|
|                    | Total  |
| Prom.              | 76.52  |
| Max.               | 118.47 |
| Min.               | 47.4   |

Fuente: K. Tenezaca

#### 2.2.3.2 Cálculo de TPDA (Trafico promedio diario anual)

Una vez recolectados los datos en campo se procede a la ejecución de cálculos matemáticos que permitan generalizar el comportamiento de los usuarios de la vía, aproximando al tráfico anual, partiendo de una medida muestral.

$$\text{Ec. (2)} \quad TPDS = \frac{Ts}{n}$$

*Ts*: Trafico total en la semana

*n*: tamaño de la muestra en numero de dias de aforo

$$\text{Ec. (3)} \quad \sigma = \frac{S}{\sqrt{n}} \left( \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right)$$

*σ*: desviacion estandar poblacional

*n*: tamaño de la muestra en numero de dias de aforo (7 dias)

*N*: tamaño de la poblacion en numero de dias del año (365 dias)

$$\text{Ec. (4)} \quad S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TDi - TPDS)^2}{n - 1}}$$

*S*: desviacion estandar muestral

*TDi*: volumen del transito *i*

Ec. (5) 
$$TPDA = TPDS \pm K\sigma$$

Confiabilidad del 90 %,  $K = 1.64$

Confiabilidad del 95 %,  $K = 1.96$

### 2.2.3.3 Proyección del trafico

$$TP = TPDA (1 + i)^n$$

*TP: Trafico promedio*

*TPDA: Trafico promedio diario anual*

*i: tasa de crecimiento*

*n: periodo de proyeccion expresado en años*

[22]

### 2.2.3.4 Cálculo de emisión de CO2

La tabla 2 presenta valores promedio de los kilogramos de CO<sub>2</sub> emitidos por cada litro consumido de diésel y de gasolina, clasificación importante teniendo en cuenta que gran parte de los vehículos consumen gasolina, mientras que los vehículos pesados realizan su funcionamiento a partir del uso de diésel, es notorio que el factor de emisión tiende a ser mayor en los carros a diésel.

*Tabla 4 Emisiones promedio de gasolina y diésel.*

| Emisiones Promedio       |          |        |
|--------------------------|----------|--------|
| Kg/L                     | GASOLINA | DIESEL |
| CO2 (Dióxido de carbono) | 2.3796   | 2.6648 |

*Fuente: Transporte Masivo Urbano Sostenible: Análisis de Metroférico como Eje de Desarrollo Urbano  
Elaboración: J. A. García Witt*

Según el Environmental Engineers Handbooks, se aproxima un consumo promedio de 6 litros por cada 100 kilómetros en el caso del uso de la gasolina, mientras que por parte de vehículos pesados que funcionan a diésel se estima un consumo de 13.5 litros por cada 100 kilómetros. En relación con los datos descritos la tabla 3 evidencia el volumen consumido en el tramo estudiado que comprende 17.3 kilómetros en la denomina vía Santa Rosa – Machala. [23]

*Tabla 5 Consumo promedio de gasolina y diésel en 17.3 km.*

| Consumo Promedio |          |        |
|------------------|----------|--------|
| L                | GASOLINA | DIESEL |
| En 17.3 Km       | 1.04     | 2.34   |

*Fuente: Transporte Masivo Urbano Sostenible: Análisis de Metroférico como Eje de Desarrollo Urbano  
Elaboración: J. A. García Witt*

Finalmente, con los valores de las tablas 3 y 4, se obtiene el resultado, como producto del mayor valor de TPDA, el factor de emisión de CO<sub>2</sub> y el consumo promedio de combustible. Obteniendo así el valor para emisiones de CO<sub>2</sub> de vehículos con motor a gasolina, y a diésel.[23]

Ec. (6)

$$Emision\ CO2 = TPDA * Emision\ prom. * Consumo\ prom.$$

## 2.2.4 Resultados

La tabla 6 presenta un resumen de los datos recolectados, durante siete días con inicio el 7 de enero de 2020 y finalización el 13 de enero del mismo año, en la estación ubicada cerca al ingreso a la vía Pajonal.

Tabla 6 Resumen del conteo de tráfico

| RESUMEN SEMANAL, DE CONTEO DE TRAFICO.                     |   |   |   |          |                                       |                   |        |        |       |       |
|--|---|---|---|----------|---------------------------------------|-------------------|--------|--------|-------|-------|
| PROYECTO:<br>Conteo de trafico en la via Sta Rosa-Machala. |   |   |   |          | ESTACIÓN:<br>Ingreso a la via Pajonal |                   |        |        |       |       |
| FECHA DE INICIO : 7/1/2020                                 |   |   | FECHA FINAL : 13/1/2020   |          |                                       |                   |        |        |       |       |
| DIAS   | VEH. LIVIANOS (2 EJES SIMPLES)  |   | VEH. PESADOS (2 -3 EJES)  |          |                                       | VEH. EXT. PESADOS |        |        | Motos | TOTAL |
|  | AUTOMOVILES   | CAMIONETAS  | BUSES   | CAMIONES |                                       | CAMIONES          |        |        |       |       |
|  |  |  |  | PESADO   | LIVIANOS                              | PESADOS           | 4 EJES | 5 EJES |       |       |
| Martes   | 5823  | 3365  | 887   | 1468     | 249                                   | 316               |        |        | 1083  | 13191 |
| Miercoles  | 5679  | 3424  | 883   | 1501     | 207                                   | 312               |        |        | 1004  | 13010 |
| Jueves   | 5277  | 3408  | 942   | 1404     | 257                                   | 307               |        |        | 1079  | 12673 |
| Viernes  | 5285  | 3411  | 945   | 1388     | 266                                   | 294               |        |        | 1085  | 12675 |
| Sábado   | 5626  | 3491  | 922   | 1376     | 252                                   | 322               |        |        | 1218  | 13206 |
| Domingo  | 5292  | 3399  | 949   | 1412     | 258                                   | 307               |        |        | 1095  | 12712 |
| Lunes  | 5323  | 3429  | 947   | 1409     | 258                                   | 305               |        |        | 1119  | 12790 |
| <b>TOTAL</b>   | 38306   | 23929   | 6474  | 9956     | 1746                                  | 2163              |        |        | 7683  | 90257 |

El trafico promedio diario anual se encuentra entre 13165 y 13189 veh/día valor calculado para el conteo general. Sin embargo, para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> se ha discriminado los vehículos en pesados donde constan lo tipo camiones de dos ejes, buses, camiones de 4,5 y 6 ejes para los cuales se adopta que en su mayoría usan diésel. Para los vehículos livianos se incluyó los automóviles, camionetas, y motos, donde el funcionamiento se da con el uso de gasolina.

La tabla 7 resume el TPDA, tasa de flujo para un conteo diario de 11h, densidad vehicular por kilómetro para las velocidades promedio, máxima y mínima, finalmente se presenta los resultados de las emisiones de CO2 diarias y anuales. Valores que son contrastados para los vehículos livianos y pesados

Tabla 7 Resultados

| Vehículos Livianos  |    |                                 |           | Vehículos Pesados  |    |                      |          |
|---|----|---------------------------------|-----------|--|----|----------------------|----------|
| <b>TPDA</b>   |    |                                 |           | <b>TPDA</b>  |    |                      |          |
| 9837  |    | $\leq \text{TPDA}_{k90\%} \leq$ |           | 10139  |    |                      |          |
| <b>Tasa de flujo</b>  |    |                                 |           | <b>Tasa de flujo</b>   |    |                      |          |
| <i>Considerando el mayor valor de TPDA actual, se estima los vehículos livianos transitados por hora.</i> |    |                                 |           | <i>Considerando el mayor valor de TPDA actual, se estima los vehículos pesados transitados por hora.</i> |    |                      |          |
| 922   |    | Veh/h                           |           | 265  |    | Veh/h                |          |
| <b>Densidad Vehicular</b>   |    |                                 |           | <b>Densidad Vehicular</b>  |    |                      |          |
| Velocidad   |    | Densidades                      |           | Velocidad  |    | Densidades           |          |
| Prom.   | D= | $\frac{922}{76.52}$             | 12 Veh/km | Prom.  | D= | $\frac{265}{76.52}$  | 3 Veh/km |
| Max.  | D= | $\frac{922}{118.47}$            | 8 Veh/km  | Max.   | D= | $\frac{265}{118.47}$ | 2 Veh/km |
| Min.  | D= | $\frac{922}{47.4}$              | 19 Veh/km | Min.   | D= | $\frac{265}{47.4}$   | 6 Veh/km |
| <b>Emision de CO2</b>   |    |                                 |           | <b>Emision de CO2</b>  |    |                      |          |
| <i>Estimado de emisiones diarias, calculadas con el TPDA actual para vehículos livianos.</i>              |    |                                 |           | <i>Estimado de emisiones diarias, calculadas con el TPDA actual para vehículos pesados.</i>              |    |                      |          |
| 25.04   |    | tn diarias                      |           | 18.16  |    | tn diarias           |          |
| <i>Estimado de emisiones anuales (365 días), calculadas en funcion del TPDA actual.</i>                   |    |                                 |           | <i>Estimado de emisiones anuales (365 días), calculadas en funcion del TPDA actual.</i>                  |    |                      |          |
| 9141.04   |    | tn anuales                      |           | 6627.02  |    | tn anuales           |          |

La densidad vehicular en la vía Santa rosa – Machala se estima para el mayor valor de vehículos por hora como resultado del TPDA dividido entre 11h, y la velocidad máxima, promedio y mínima, la tabla 6 describe el aumento de densidad ante la reducción de velocidad, alcanzando 19 vehículos por kilómetros (veh/km) para los livianos y 6 veh/km en los pesados. Posteriormente se describe los valores para cada caso.

### 2.2.4.1 Vehículos livianos

Los vehículos livianos aforados se resumen en la tabla 8, datos de aforo diario que posteriormente son usados en el cálculo de TPDA de vehículos livianos.

Tabla 8 Resultado de aforo en vehículos livianos.

| VEHICULOS LIVIANOS |   |   |  |       |
|--------------------|---|---|--|-------|
| DIAS               | VEH. LIVIANOS (2 EJES SIMPLES)  |   | MOTOS  | TOTAL |
|                    | AUTOMOVILES   | CAMIONETAS  |  |       |
|                    |  |  |  |       |
| <b>Martes</b>      | 5823  | 3365  | 1083   | 10272 |
| <b>Miercoles</b>   | 5679  | 3424  | 1004   | 10108 |
| <b>Jueves</b>      | 5277  | 3408  | 1079   | 9764  |
| <b>Viernes</b>     | 5285  | 3411  | 1085   | 9782  |
| <b>Sábado</b>      | 5626  | 3491  | 1218   | 10335 |
| <b>Domingo</b>     | 5292  | 3399  | 1095   | 9786  |
| <b>Lunes</b>       | 5323  | 3429  | 1119   | 9871  |
|                    |   |   |  | 69917 |

Desde los volúmenes diarios se continuo con el cálculo del tránsito promedio diario semanal, posterior la desviación estándar muestral para luego calcular la desviación estándar poblacional, finalmente se estable trabajar con un intervalo de confianza del 90% con lo cual se usa el respectivo factor, como resultante se obtiene:

El trafico promedio diario anual (TPDA) para vehículos livianos se encuentra entre:

$$9842 \leq \text{TPDA} \leq 10144 \text{ vehículos livianos /día}$$

Tabla 9 Resultado de emisión diaria de CO2 en vehículos livianos

|       |   |                |   |             |   |                |
|-------|---|----------------|---|-------------|---|----------------|
| TPDA  | * | Emision (Kg/L) | * | Consumo (L) | = | Emision de CO2 |
| 10144 | * | 2.3796         | * | 1.04        | = | 25.06 Ton      |

Tomando el mayor valor de TPDA que multiplica al factor de emisión de CO<sub>2</sub> (kg/L) y el factor de consumo de combustible (L), da como resultado 25.06 toneladas el valor de emisión de CO<sub>2</sub> en la vía de estudio, este valor representa la emisión total del gas contaminante durante un día, es decir que si proyectamos ese resultado para 365 días el total de emisiones ascendería a 9145.44 toneladas a lo largo del tramo recorrido de la vía Santa Rosa – Machala.

### 2.2.4.2 Vehículos pesados

La tabla 10 muestra el resumen para el conteo de vehículos pesados, donde el total de vehículos para ese tipo indica 20339 contados durante la semana, los datos diarios son usados en el cálculo del TPDA.

Tabla 10 Resultado de aforo en vehículos pesados

| VEHICULOS PESADOS |   |   |                   |        |        |       |  |
|-------------------|---|---|-------------------|--------|--------|-------|--|
| DIAS              | Camiones  |   | VEH. EXT. PESADOS |        |        | TOTAL |  |
|                   |   |   | CAMIONES          |        |        |       |  |
|                   |  |  | 4 EJES            | 5 EJES | 6 EJES |       |  |
| <b>Martes</b>     | 1468  | 249   | 316               |        |        | 887   | 2920   |
| <b>Miercoles</b>  | 1501  | 207   | 312               |        |        | 883   | 2902   |
| <b>Jueves</b>     | 1404  | 257   | 307               |        |        | 942   | 2909   |
| <b>Viernes</b>    | 1388  | 266   | 294               |        |        | 945   | 2893   |
| <b>Sábado</b>     | 1376  | 252   | 322               |        |        | 922   | 2871   |
| <b>Domingo</b>    | 1412  | 258   | 307               |        |        | 949   | 2926   |
| <b>Lunes</b>      | 1409  | 258   | 305               |        |        | 947   | 2919   |
|                   |   |   |                   |        |        |       | 20339  |

Al igual que en los vehículos livianos se aplica los procedimientos exigidos por el método, usando el mismo intervalo de confianza de 90%, llevando a los siguientes resultados.

El trafico promedio diario anual (TPDA) para vehículos pesados se encuentra entre:

$$2894 \leq \text{TPDA} \leq 2917 \text{ vehículos pesados /día}$$

Tabla 11 Resultado de emisión diaria de CO<sub>2</sub> en vehículos pesados

|      |   |                 |   |             |   |                             |
|------|---|-----------------|---|-------------|---|-----------------------------|
| TPDA | * | Emission (Kg/L) | * | Consumo (L) | = | Emission de CO <sub>2</sub> |
| 2917 | * | 2.6648          | * | 2.34        | = | 18.16 Ton                   |

Para el mayor valor de TPDA multiplicado al factor de emisión de CO<sub>2</sub> (kg/L) y el factor de consumo de combustible (L) diésel, da como resultado 18.16 toneladas el valor de emisión de CO<sub>2</sub> en la vía de estudio, este valor representa la emisión total del gas contaminante durante un día ,como saldo del transporte pesado ,al proyectar este resultado para 365 días el total de emisiones ascendería a 6627.02 toneladas a lo largo del tramo recorrido de la vía Santa Rosa – Machala.

### 2.2.4.3 Resultados en base a la proyección del tráfico

En función de los valores de TPDA calculados, se realiza una proyección futura para 20 años, para obtener las variaciones de la densidad y emisiones de CO2 para el tiempo proyectado. Descrito en la tabla 12.

Tabla 12 Resultado de la proyección del tráfico.

| Vehículos Livianos   |                                    |            | Vehículos Pesados  |                                    |            |
|--|------------------------------------|------------|--|------------------------------------|------------|
| <b>TPDA</b>  |                                    |            | <b>TPDA</b>  |                                    |            |
| 9837   | $\leq$ TPDA <sub>K90%</sub> $\leq$ | 10139      | 2894   | $\leq$ TPDA <sub>K90%</sub> $\leq$ | 2917       |
| <b>TPDA proyectado 20 años</b>   |                                    |            | <b>TPDA proyectado 20 años</b>   |                                    |            |
| 17090  | $\leq$ TPDA 20 años $\leq$         | 17614      | 4368   | $\leq$ TPDA 20 años $\leq$         | 4403       |
| <b>Tasa de flujo</b>   |                                    |            | <b>Tasa de flujo</b>   |                                    |            |
| <i>Considerando el mayor valor proyectado en 20 años, se estima los vehículos transitados por hora.</i>  |                                    |            | <i>Considerando el mayor valor proyectado en 20 años, se estima los vehículos transitados por hora.</i>  |                                    |            |
| 1601   |                                    | Veh/h      | 400  |                                    | Veh/h      |
| <b>Densidad Vehicular</b>  |                                    |            | <b>Densidad Vehicular</b>  |                                    |            |
| Velocidad  | Densidades                         |            | Velocidad  | Densidades                         |            |
| Prom.  | $D = \frac{1601}{76.52}$           | 21 Veh/km  | Prom.  | $D = \frac{400}{76.52}$            | 5 Veh/km   |
| Max.   | $D = \frac{1601}{118.47}$          | 14 Veh/km  | Max.   | $D = \frac{400}{118.47}$           | 3 Veh/km   |
| Min.   | $D = \frac{1601}{47.4}$            | 34 Veh/km  | Min.   | $D = \frac{400}{47.4}$             | 8 Veh/km   |
| <b>Emisión de CO2</b>  |                                    |            | <b>Emisión de CO2</b>  |                                    |            |
| <i>Estimado de emisiones diarias, calculadas con el TPDA proyectado para 20 años.</i>                    |                                    |            | <i>Estimado de emisiones diarias, calculadas con el TPDA proyectado para 20 años.</i>                    |                                    |            |
| 43.51  |                                    | tn diarias | 27.41  |                                    | tn diarias |
| <i>Estimado de emisiones anuales (365 días), calculadas en función del TPDA proyectado para 20 años.</i> |                                    |            | <i>Estimado de emisiones anuales (365 días), calculadas en función del TPDA proyectado para 20 años.</i> |                                    |            |
| 15880.28   |                                    | tn anuales | 10003.03   |                                    | tn anuales |

Los valores de la tasa de crecimiento, para el cálculo de la densidad vehicular fueron  $i=2.8\%$  para vehículos livianos, en el caso de los pesados se tomó el valor de  $i=2.08\%$ . [24]

### **2.3 Análisis de resultados**

Para la discriminación de vehículos livianos, los automóviles predominan con un total de 38308 semanales, este tipo de transporte de tipo privado muestra un alto índice de usuarios lo que radica en precios accesibles para su adquisición, siendo este atractivo para circunstancias de movilidad y desarrollo de actividades diarias. El valor total de vehículos livianos predomina con 69952 en la semana.

El apartado de vehículos pesados evidencia una cifra inferior con 20339, dentro de estos destaca el tipo camión de 2 ejes con un total de 9956, este tipo de transporte usado en el ámbito comercial usados para traslado de carga y distribución de productos. La segunda cifra más alta se encuentra en el transporte tipo bus con 6474 unidades semanales, en su mayoría forman parte de la transportación pública, recurso importante en la movilización de la ciudadanía.

En el análisis de TPDA de carros livianos para un intervalo de confianza del 90%, se encontró valores de 9842 a 10144 de vehículos livianos /día, mientras que en el apartado de pesados se obtiene 2894 a 2917 vehículos pesados /día. Se evidencia mayor incidencia del transporte liviano en la vía.

Tomando el mayor valor de TPDA para cada apartado se determinó el total de emisiones de gases, de vehículos livianos a gasolina donde se estima 25.06 toneladas de CO<sub>2</sub> diarios, lo que anualmente podrían llegar a ser 9145.44 toneladas.

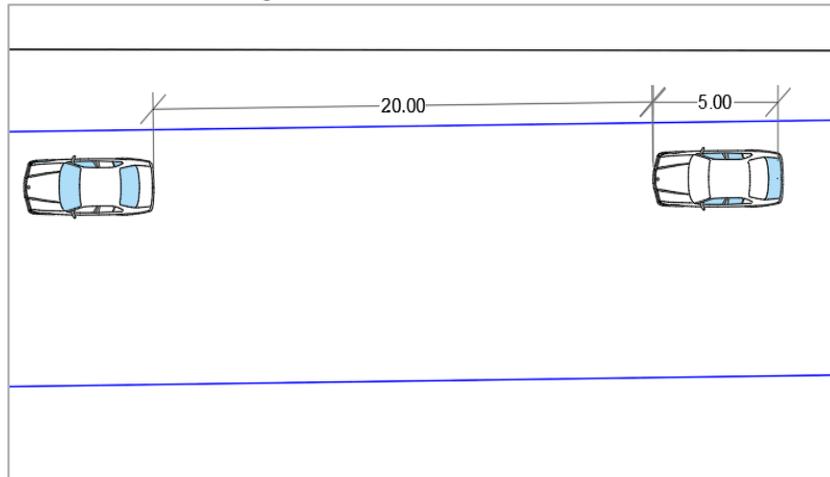
Para la combustión de vehículos pesados a diésel se obtiene 18.16 toneladas de emisión de CO<sub>2</sub> valor que en una aproximación anual llegaría a 6627.02 toneladas. Es decir que en el año se estaría produciendo 15772.46 toneladas de dióxido de carbono.

En el Ecuador el Reglamento a Ley De Transporte Terrestre Transito y Seguridad Vial, presenta límites de distancia entre vehículos transitados en zonas intracantoniales, como lo dicta el *Art. 175.- Los conductores, en áreas intracantoniales, deberán mantener una distancia prudencial mínima de 3 metros con respecto al vehículo al que antecedan en el mismo carril, de tal forma que le permita detenerse con seguridad ante cualquier emergencia.* [25]

En análisis de los valores proyectados notamos que para las vías de orden superior ya sean interprovinciales, intercantoniales, etc., no hay una normativa regulatoria del distanciamiento permitido. Ante lo cual se contrasta con el código Nacional de Transito de Colombia, el que dicta en uno de sus artículos:

*Artículo 108. Separación entre vehículos. La separación entre dos (2) vehículos que circulen uno tras de otro en el mismo carril de una calzada, será de acuerdo con la velocidad. Para velocidades de hasta treinta (30) kilómetros por hora, diez (10) metros. Para velocidades entre treinta (30) y sesenta (60) kilómetros por hora, veinte (20) metros. Para velocidades entre sesenta (60) y ochenta (80) kilómetros por hora, veinticinco (25) metros. Para velocidades de ochenta (80) kilómetros en adelante, treinta (30) metros o la que la autoridad competente indique.[26]*

Figura 5 Distancia entre vehículos



Distribuido 1km, para el espaciamiento de 20 metros exigidos por la velocidad con la que se tiene la mayor densidad vehicular, y considerando un vehículo estándar de 5 metros, se estima que para un carril se puede abarcar hasta 40 vehículos. De considerar los 6 carriles el flujo vehicular puede llegar hasta los 240 vehículos. En 20 años se indica una densidad crítica de 42 veh/km, con lo que se descarta congestiones del tránsito vehicular en años futuros.

Sin embargo, la proyección del tráfico en 20 años presenta el aumento de la emisión de CO<sub>2</sub> a 43.51 tn diarias para vehículos livianos, lo que en el año puede llegar a 15880.28 tn. En el apartado de vehículos pesados el valor de diario es de 27.41 tn, anualmente representa 10003.03 tn de emisión del contaminante.

Los valores de emisión se presentan en una zona de alta demanda inmobiliaria, crecimiento poblacional que a la par se acompaña de un aumento del consumo energético, debido en gran parte al incremento de la cifra de vehículos a motor, en circulación. En el año 2040 se estima llegue a producir 25883.31 tn de CO<sub>2</sub>, agravando el deterioro del aire percibido. Estudiar los diferentes casos como presuntos focos de contaminación colaboran a determinar las fuentes puntuales de contaminación, los resultados contrastados en función del tráfico actual y del proyectado para el año 2040 reflejan la necesidad de implementar medidas de control.

## **2.4 Propuestas**

Ante la ausencia de rangos y parámetros comparativos de las emisiones permisibles de CO<sub>2</sub>, se contrasta los valores obtenidos para el escenario crítico en una proyección a 20 años, referenciado las estadísticas de la secretaria del ambiente del Distrito Metropolitano de Quito.

Mediante el inventario de emisiones contaminantes de Quito en el 2011, es posible identificar la producción de 2 473 537 toneladas de CO<sub>2</sub> en el año, valores originados por el transporte vehicular de automotores a gasolina y diésel. Para un escenario proyectado a 20 años en la Vía Santa Rosa – Machala, se estima que las emisiones anuales alcanzarían las 25883.31 toneladas.

El contraste de emisiones descrita permite identificar valores de CO<sub>2</sub> reducidos para la vía en estudio, en relación con la ciudad de Quito, a pesar de aquello es necesario plantear propuestas de mitigación y control de emisiones contaminantes, que permitan mantener los niveles de CO<sub>2</sub> en valores moderados, recordando que Ecuador se encuentra suscrito al Acuerdo de París en el que entre otros asuntos se incita a los países participantes a tomar medidas ambiciosas de acción climática, que limiten sobrepasar 1.5 °C el aumento de la temperatura global hasta el año 2050.

Orientarse a una movilidad amigable y sostenible, debe empezar por una correcta planificación y control del transporte. Las competencias transferidas a los gobiernos locales hacen que estos sean los actores principales en el estudio y desarrollo de metodologías que encaminen a la movilidad sostenible.

Los centros de revisión vehicular garantizan un correcto funcionamiento del vehículo, alcanzando los estándares permitidos para la emisión de contaminantes producto combustión interna, sin embargo, la emisión de contaminantes no es mitigada, el procedimiento actúa como un sistema de control mas no de reducción o eliminación de las concentraciones. De ahí la importancia de implementar tecnología para regular los automoto

res en circulación.

#### **2.4.1 Estudios de calidad del aire**

Es importante implementar programas que evalúen la calidad del aire en la ciudad y en posibles focos de contaminación, por su parte el Ministerio del ambiente establecía hasta en el año 2013 el programa Calidad del aire Fase III, control propuesto para poblaciones de más de 150.000 habitantes en el área urbana. Los resultados censales del año 2001 tabulan datos de distribución de la población urbana de Machala con un total de 204.578 habitantes. Manejar un inventario de emisión de gases permite conocer la cantidad de contaminantes propagados en el aire, información que puede ser tomada para medidas correctivas y de prevención.

#### **2.4.2 Políticas locales**

Inicialmente es necesario realizar los estudios pertinentes para determinar la situación actual del parque automotor, y la incidencia de los factores ambientales para el crecimiento urbano en cercanía a una autopista de alto tráfico vehicular.

Mediante la coalición de comisiones de ambiente y movilidad, es posible la creación de ordenanzas para una correcta planificación y control del transporte. Es importante orientar a la descarbonización del transporte vehicular, reduciendo la huella de carbono y mejorando la calidad de vida de los habitantes. Entre varias políticas de desarrollo ambiental y de transporte sostenible.

#### **2.4.3 Revisión técnica vehicular integral**

Es común en el país que los procedimientos de revisión técnica vehicular para la obtención de la matrícula, se lleven mediante inspecciones visuales, donde se verifica en buen estado externo del automotor, omitiendo responsabilidades de funcionamiento mecánico y control de procesos de combustión.

La Empresa Pública Movilidad Machala, encargada de la revisión técnica vehicular en la Ciudad, debe implementar tecnología para determinar los niveles de los contaminantes expulsados en vehículos de funcionamiento a gasolina y a diésel. Con lo que se puede ser vigilantes del cumplimiento de las normas técnicas.

La implementación de controles viales de emisiones contaminantes proporciona información real del funcionamiento de los vehículos lo cual hace importante este tipo de operativos en campo.

#### **2.4.4 Implementación de electro movilidad**

##### **- Buses eléctricos**

Para el apartado de vehículos pesados, el transporte público de tipo bus es el segundo de mayor incidencia en este grupo, puesto que a diario pueden llegar a ser mas de 900 los buses transitados. Las cooperativas de buses en operación, juntas mantienen al menos 265 unidades dentro de la ciudad, migrar a la transportación eléctrica debe ser un objetivo para la transportación pública de Machala.

Tomando experiencia de los proyectos de vialidad eco amigable desarrollados en las ciudades de Quito donde se prevé la adquisición de 300 buses eléctricos, Guayaquil por su parte trabaja con una flota de 20 buses eléctrico desde marzo del 2019 y espera para el presente año tener en circulación al menos 200 buses.

Los buses eléctricos son libres de emisiones y rentables operacionalmente, siendo un 70% más baratos en comparación con los buses diésel convencionales. El costo por kilómetro es de aproximadamente 0.1 dólares para los buses eléctricos, mientras que el de un bus tradicional aumenta a aproximadamente 0.4 dólares por kilómetro.[27]

##### **- Implementación de taxis eléctricos**

El mayor desplazamiento vehicular en la vía Santa Rosa – Machala, está representado por vehículos livianos, dentro de este grupo los de tipo automóvil. De ahí la iniciativa de impulsar al sector del taxismo hacia una transición a la movilidad eléctrica, en Machala existen 260 cooperativas de taxis, juntas 2500 unidades motorizadas, es oportuno empezar un recambio para determinada cifra de vehículos, como ya lo viene haciendo la ciudad de Loja desde el año 2017, con una flota compuesta por 36 unidades vehiculares. En guayaquil operan 50 unidades distribuidos en diferentes cooperativas.

Al ser una fuente de empleo para los transportistas es importante el balance económico de esta tecnología y la convencional, en 2 años se ha generado buena sensación, pues se estima que con 90 dólares se abastece de energía para realizar las labores de un mes, mismo recorrido que implicaría el gasto de 300 dólares con el uso de gasolina, representando un ahorro de 200 dólares.

### 3 CONCLUSIONES

- El total de emisiones de CO<sub>2</sub>, de vehículos livianos a gasolina se estima 25.06 toneladas de CO<sub>2</sub> diarios, en los vehículos pesados a diésel se obtiene 18.16 toneladas diarias. Es decir que en un año se produce 15772.46 toneladas de dióxido de carbono, datos obtenidos para el tráfico diario anual actual.
- El tráfico promedio diario anual de la vía Santa Rosa - Machala con los datos recolectados en la estación de control manual ubicada cerca al ingreso de la vía Pajonal, dio como resultado un TPDA de 1365 y 13189 veh/día.
- Los resultados del conteo vehicular denotan el uso elevado de automóviles con un total de 38308 semanales, seguido de las camionetas con 23929, mientras que los de tipo pesado la segunda cifra más alta se encuentra en los medios de transporte tipo bus con 6474 unidades semanales.
- Contrastados los valores actuales de emisión de CO<sub>2</sub> en la vía Santa Rosa Machala, con el inventario de la secretaria de calidad del Agua de Quito para el 2011, se identifica que se mantiene valores bajos en la zona de estudio aun con cifras proyectadas para 20 años.
- En la actualidad se acelera el proceso de urbanización hacia la vía en estudio. Razón para desde ya impulsar a los gobiernos locales a tomar medidas de control en el transporte público y privado, e implementar innovaciones como la electro-transportación, con el uso de buses eléctricos, taxis eléctricos.

## Bibliografía

- [1] H. M. Correa Guaicha, J. A. Augusto Sagñay, and P. E. Crespo Ayala, "Bases para inventario de emisiones del parque automotor en la ciudad de Guayaquil. Caso de estudio," *Delos Desarro. Local Sosten.*, vol. 10, no. 28, p. 18 p., 2017.
- [2] L. Maffei and M. Llanos, "El cambio climático y el Nuevo Pacto Ecológico Mundial desde la perspectiva de los sindicatos latinoamericanos," p. 32, 2010.
- [3] H. J. Andrade-Castañeda, C. C. Arteaga-Céspedes, and M. A. Segura-Madrigal, "Emisión de gases de efecto invernadero por uso de combustibles fósiles en Ibagué, Tolima (Colombia)," *Corpoica Cienc. y Tecnol. Agropecu.*, vol. 18, no. 1, pp. 103–112, 2017.
- [4] A. Q. Parra, M. Juliana, Q. Vargas, and I. M. Gélvez, "Influencia de la combustión vehicular en la calidad del aire de Influence of vehicular combustion air quality of Pamplona , Colombia," *Rev. La ...*, vol. 14, no. 1, pp. 17–31, 2016.
- [5] V. Ríos Bedoya, O. Marquet Sardà, and C. Miralles i Guasch, "Estimación de las emisiones de CO2 desde la perspectiva de la demanda de transporte en Medellín," *Transp. y Territ.*, vol. 15, no. 15, pp. 302–322, 2016.
- [6] J. C. SolísÁvila and C. Sheinbaum Pardo, "Consumo de energía y emisiones de CO2del autotransporte en México y escenarios de mitigación," *Rev. Int. Contam. Ambient.*, vol. 32, no. 1, pp. 7–23, 2016.
- [7] J. J. Castro Mediavilla, L. X. Orbea Hinojosa, J. A. Toapaxi Csanoba, and C. A. Guano Calvache, "Análisis de incentivos y proyecciones del vehículo 100% eléctrico en el ecuador," *INNOVA Res. J.*, vol. 2, no. 4, pp. 112–124, 2017.
- [8] P. Vallejo Choez, C. González Moya, and F. Mena Mora, "Cálculo referencial de material particulado en el aire como factor de contaminación ambiental en el área urbana de la ciudad de Pujilí," *Enfoque UTE*, vol. 7, no. 2, p. 109, 2016.
- [9] J. C. Baca, "Informe del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero. Sector Energía," p. 8, 2014.
- [10] E. Rodríguez, "Contaminación Ambiental, Ocasionada Por Las Emisiones Tóxicas De La Transportación Urbana, En El Desarrollo Humano Del Sector Céntrico De Machala Rodríguez," p. 22, 2016.
- [11] Constitución de la Republica del Ecuador, "Publicada en el Registro Oficial 449 de

- 20 de octubre de 2008,” *Incluye Reformas*, pp. 1–136, 2015.
- [12] Asamblea Nacional República del Ecuador, “Ley orgánica de eficiencia energética,” p. 8, 2019.
- [13] “Ley orgánica de transporte terrestre y seguridad vial,” pp. 1–66, 2008.
- [14] L. B. Montagut, J. Diego, and C. Gutierrez, “Análisis de la Contaminación por flujo vehicular en un entorno universitario,” *Bistua Rev. La Fac. Ciencias Basicas*, vol. 16, no. 1, pp. 28–41, 2019.
- [15] A. S. H. Koshigoe, F. C. V. Zanoni, C. A. P. S. Júnior, and H. B. Fontenele, “Effect of variation of the average daily volume and traffic growth rate on flexible pavements performance,” *Ingeniare*, vol. 27, no. 1, pp. 58–68, 2019.
- [16] E. Duarte, L. Eduardo, and L. C. Oswaldo, “Diagnóstico de los efectos generados por el tráfico de largo destino en la malla vial del municipio de Cachipay, Cundinamarca,” vol. 22, no. 56, pp. 62–75, 2018.
- [17] E. Flores Juca, J. García Navarro, J. Chica Carmona, and E. Mora Arias, “Identification and analysis of sustainability indicators for mobility,” *Estoa*, vol. 6, no. 11, pp. 99–109, 2017.
- [18] C. Castillo Escobar, *Energía y Cambio Climático Energía y Cambio Climático*, no. November 2016. 2012.
- [19] C. Dora, J. Hosking, P. Mudu, and E. R. Fletcher, “Transporte Urbano y Salud,” *Transp. Sosten.*, p. 66, 2011.
- [20] J. Santamarta, “El futuro del automóvil es eléctrico,” *Técnica Ind.*, no. 281, pp. 26–35, 2009.
- [21] P. F. Marín and C. D. E. M. Perales, “Aspectos medioambientales del vehículo eléctrico,” *Econ. Ind.*, no. 411, pp. 45–53, 2019.
- [22] J. Cardenas G., *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y aplicaciones*, 8va ed. Cplombia, 2006.
- [23] J. A. García Witt, “Transporte Masivo Urbano Sostenible: Análisis de Metroférico como Eje de Desarrollo Urbano,” p. 103, 2015.
- [24] P. D. E. E. L. Oro, A. D. E. La, C. Santa, and R. Y. D. E. El, “INFORME DE VIABILIDAD PROYECTO :”
- [25] Asamblea General Constituyente, “Reglamento a Ley de Transporte Terrestre

Tránsito y Seguridad Vial,” *Ley*, pp. 1–91, 2012.

[26] PODER PÚBLICO - RAMA LEGISLATIVA, “Código Nacional de Tránsito Terrestre de Colombia,” vol. 46, no. 3, pp. 171–174, 2007.

[27] G. Hutt, J. C. Jobet, and D. M. Ambiente, “CHILE LANZA EL PRIMER ELECTROCORREDOR DE AMÉRICA,” pp. 1–9, 2020.

## ANEXOS

*Anexo 1 Conteo en estación.*



*Anexo 2 Conteo manual en estación*



*Anexo 3 Aforo vehicular estación*



*Anexo 4 Aforo vehicular estación*



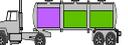
Anexo 5 Formato de aforo vehicular.

| RESUMEN SEMANAL, DE CONTEO DE TRAFICO.                     |   |   |   |          |                                       |                   |        |        |        |      |
|--|---|---|---|----------|---------------------------------------|-------------------|--------|--------|--------|------|
| PROYECTO:<br>Conteo de trafico en la via Sta Rosa-Machala. |   |   |   |          | ESTACIÓN:<br>Ingreso a la via Pajonal |                   |        |        |        |      |
| FECHA DE INICIO : 7/1/2020                                 |   |   | FECHA FINAL :   |          |                                       | 13/1/2020         |        |        |        |      |
| HORA   | VEH. LIVIANOS (2 EJES SIMPLES)  |   | VEH. PESADOS (2 -3 EJES)  |          |                                       | VEH. EXT. PESADOS |        |        | Motos  | Obs. |
|  | AUTOMOVILES   | CAMIONETAS  | BUSES   | CAMIONES |                                       | CAMIONES          |        |        |        |      |
|  |  |  |  | PESADO   | LIVIANOS                              | PESADOS           | 4 EJES | 5 EJES | 6 EJES |      |
|  |   |   |   |          |                                       |                   |        |        |        |      |
|  |   |   |   |          |                                       |                   |        |        |        |      |
|  |   |   |   |          |                                       |                   |        |        |        |      |
|  |   |   |   |          |                                       |                   |        |        |        |      |
|  |   |   |   |          |                                       |                   |        |        |        |      |
|  |   |   |   |          |                                       |                   |        |        |        |      |
|  |   |   |   |          |                                       |                   |        |        |        |      |
|  |   |   |   |          |                                       |                   |        |        |        |      |
|  |   |   |   |          |                                       |                   |        |        |        |      |

Anexo 6 Aforo vehicular martes

| <b>CONTEO DE TRAFICO EN LA VIA SANTA ROSA - MACHALA</b>                           |   |   |   |   |  |   |   |                |     |
|---|---|---|---|---|--|---|---|----------------|-----|
| <b>PROYECTO:</b><br>Estimacion de emisiones de Co2 en la via Santa Rosa - Machala |   |   |   |   | <b>UBICACIÓN:</b><br>Ingreso a la via Paional                                      |   |   |                |     |
| <b>FECHA :</b> 7/1/2020   |   |   |   |   | <b>SENTIDO:</b> Machala - Sta. Rosa  |   |   |                |     |
| HORA  | VEH. LIVIANOS (2 EJES)  |   | VEH. PESADOS (2 -3 EJES)  |   |  | VEH. EXT.   | Motos   | TOTAL por hora |     |
|   | AUTOMOVILES   | CAMIONETAS  | BUSES PESADO  | CAMIONES LIVIANOS   | PESADOS  | CAMIONES de 4 5 y 6 EJES  |   |                |     |
|   |  |  |  |  |  |  |  |                |     |
| Martes  | 07:00   | 333   | 150   | 38  | 40   | 8   | 8   | 36             | 612 |
|   | 08:00   | 256   | 172   | 50  | 64   | 22  | 13  | 34             | 611 |
|   | 09:00   | 253   | 177   | 44  | 73   | 14  | 19  | 36             | 616 |
|   | 10:00   | 233   | 120   | 27  | 70   | 14  | 5   | 29             | 498 |
|   | 11:00   | 213   | 104   | 40  | 49   | 7   | 11  | 42             | 466 |
|   | 12:00   | 270   | 157   | 39  | 69   | 15  | 10  | 42             | 602 |
|   | 13:00   | 261   | 101   | 26  | 51   | 7   | 13  | 31             | 490 |
|   | 14:00   | 241   | 163   | 30  | 64   | 15  | 15  | 25             | 553 |
|   | 15:00   | 246   | 159   | 32  | 57   | 6   | 15  | 60             | 575 |
|   | 16:00   | 270   | 130   | 30  | 75   | 6   | 18  | 56             | 585 |
| 17:00   | 284   | 137   | 32  | 79  | 6  | 19  | 59  | 614            |     |
| 18:00   | 306   | 147   | 34  | 85  | 7  | 20  | 64  | 663            |     |
| Total por dia   |   | 3165  | 1717  | 421   | 776  | 127   | 166   | 513            |     |

Anexo 7 Aforo vehicular miércoles

| <b>CONTEO DE TRAFICO EN LA VIA SANTA ROSA - MACHALA</b>                           |   |   |   |   |  |   |   |                |     |
|---|---|---|---|---|--|---|---|----------------|-----|
| <b>PROYECTO:</b><br>Estimacion de emisiones de Co2 en la via Santa Rosa - Machala |   |   |   |   | <b>UBICACIÓN:</b><br>Ingreso a la via Paional  |   |   |                |     |
| <b>FECHA :</b> 8/1/2020   |   |   |   |   | <b>SENTIDO:</b> Machala - Sta. Rosa  |   |   |                |     |
| HORA  | VEH. LIVIANOS (2 EJES)  |   | VEH. PESADOS (2 -3 EJES)  |   |  | VEH. EXT. PESADOS   | Motos   | TOTAL por hora |     |
|   | AUTOMOVILES   | CAMIONETAS  | BUSES PESADO  | CAMIONES LIVIANOS   | PESADOS  | CAMIONES de 4 5 y 6 EJES  |   |                |     |
|   |  |  |  |  |  |  |  |                |     |
| Miércoles   | 07:00   | 287   | 262   | 47  | 60   | 20  | 15  | 30             | 727 |
|   | 08:00   | 252   | 181   | 42  | 70   | 1   | 13  | 44             | 603 |
|   | 09:00   | 245   | 149   | 38  | 61   | 1   | 11  | 26             | 531 |
|   | 10:00   | 253   | 126   | 34  | 66   | 10  | 10  | 33             | 532 |
|   | 11:00   | 213   | 104   | 40  | 49   | 7   | 11  | 42             | 466 |
|   | 12:00   | 212   | 143   | 30  | 65   | 0   | 12  | 39             | 501 |
|   | 13:00   | 287   | 144   | 33  | 58   | 10  | 15  | 29             | 576 |
|   | 14:00   | 270   | 142   | 30  | 51   | 5   | 19  | 33             | 550 |
|   | 15:00   | 246   | 159   | 32  | 57   | 11  | 15  | 60             | 580 |
|   | 16:00   | 270   | 130   | 30  | 75   | 14  | 18  | 56             | 593 |
| 17:00   | 284   | 137   | 32  | 79  | 15   | 19  | 59  | 623            |     |
| 18:00   | 306   | 147   | 34  | 85  | 16   | 20  | 64  | 672            |     |
| Total por dia   |   | 3131  | 1824  | 422   | 776  | 110   | 178   | 514            |     |

Anexo 8 Aforo vehicular jueves

| CONTEO DE TRAFICO EN LA VIA SANTA ROSA - MACHALA                        |   |   |   |   |   |   |   |                |     |
|---|---|---|---|---|---|---|---|----------------|-----|
| PROYECTO: Estimacion de emisiones de Co2 en la via Santa Rosa - Machala |   |   |   |   | UBICACIÓN: Ingreso a la via Pajonal   |   |   |                |     |
| FECHA : 9/1/2020  |   |   | SENTIDO: Machala - Sta. Rosa  |   |   |   |   |                |     |
| HORA  | VEH. LIVIANOS (2 EJES)  |   | VEH. PESADOS (2 -3 EJES)  |   |   | VEH. EXT. PESADOS   | Motos   | TOTAL por hora |     |
|   | AUTOMOVILES   | CAMIONETAS  | BUSES PESADO  | CAMIONES LIVIANOS   | PESADOS   | CAMIONES de 4 5 y 6 EJES  |   |                |     |
|   |  |  |  |  |  |  |  |                |     |
| Jueves  | 07:00   | 293   | 259   | 45  | 57  | 17  | 15  | 26             | 712 |
|   | 08:00   | 232   | 153   | 42  | 62  | 16  | 11  | 32             | 548 |
|   | 09:00   | 194   | 117   | 40  | 51  | 9   | 9   | 20             | 440 |
|   | 10:00   | 204   | 144   | 34  | 22  | 7   | 10  | 18             | 439 |
|   | 11:00   | 213   | 104   | 40  | 49  | 7   | 11  | 42             | 466 |
|   | 12:00   | 226   | 126   | 43  | 73  | 5   | 16  | 33             | 522 |
|   | 13:00   | 181   | 101   | 30  | 31  | 1   | 6   | 32             | 382 |
|   | 14:00   | 240   | 133   | 39  | 72  | 14  | 15  | 61             | 574 |
|   | 15:00   | 202   | 168   | 46  | 53  | 11  | 13  | 45             | 538 |
|   | 16:00   | 199   | 142   | 36  | 75  | 14  | 16  | 70             | 552 |
| 17:00   | 209   | 149   | 38  | 79  | 15  | 17  | 74  | 580            |     |
| 18:00   | 226   | 161   | 41  | 85  | 16  | 18  | 79  | 626            |     |
| Total por dia   |   | 2619  | 1760  | 476   | 712   | 135   | 157   | 535            |     |

Anexo 9 Aforo vehicular viernes

| CONTEO DE TRAFICO EN LA VIA SANTA ROSA - MACHALA                        |   |   |   |   |   |   |   |                |     |
|---|---|---|---|---|---|---|---|----------------|-----|
| PROYECTO: Estimacion de emisiones de Co2 en la via Santa Rosa - Machala |   |   |   |   | UBICACIÓN: Ingreso a la via Pajonal   |   |   |                |     |
| FECHA : 10/1/2020   |   |   | SENTIDO: Machala - Sta. Rosa  |   |   |   |   |                |     |
| HORA  | VEH. LIVIANOS (2 EJES SIMPLES)  |   | VEH. PESADOS (2 -3 EJES)  |   |   | VEH. EXT. PESADOS   | Motos   | TOTAL por hora |     |
|   | AUTOMOVILES   | CAMIONETAS  | BUSES PESADO  | CAMIONES LIVIANOS   | PESADOS   | CAMIONES de 4 5 y 6 EJES  |   |                |     |
|   |  |  |  |  |  |  |  |                |     |
| Viernes   | 07:00   | 279   | 262   | 47  | 60  | 20  | 15  | 40             | 737 |
|   | 08:00   | 232   | 153   | 42  | 62  | 16  | 11  | 32             | 548 |
|   | 09:00   | 194   | 117   | 40  | 51  | 9   | 9   | 20             | 440 |
|   | 10:00   | 204   | 144   | 34  | 22  | 7   | 10  | 18             | 439 |
|   | 11:00   | 213   | 104   | 40  | 49  | 7   | 11  | 42             | 466 |
|   | 12:00   | 226   | 126   | 43  | 73  | 5   | 16  | 33             | 522 |
|   | 13:00   | 181   | 101   | 30  | 31  | 1   | 6   | 32             | 382 |
|   | 14:00   | 240   | 133   | 39  | 72  | 14  | 15  | 61             | 574 |
|   | 15:00   | 202   | 168   | 46  | 53  | 11  | 13  | 45             | 538 |
|   | 16:00   | 199   | 142   | 36  | 75  | 14  | 16  | 70             | 552 |
| 17:00   | 209   | 149   | 38  | 79  | 15  | 17  | 74  | 580            |     |
| 18:00   | 226   | 161   | 41  | 85  | 16  | 18  | 79  | 626            |     |
| Total por dia   |   | 2619  | 1760  | 476   | 712   | 135   | 157   | 546            |     |

Anexo 10 Aforo vehicular sábado

| CONTEO DE TRAFICO EN LA VIA SANTA ROSA - MACHALA                        |   |   |   |   |  |   |   |                |     |
|---|---|---|---|---|--|---|---|----------------|-----|
| PROYECTO: Estimacion de emisiones de Co2 en la via Santa Rosa - Machala |   |   |   |   | UBICACIÓN: Ingreso a la via Pajonal  |   |   |                |     |
| FECHA: 11/1/2020  |   |   | SENTIDO: Machala - Sta. Rosa  |   |  |   |   |                |     |
| HORA  | VEH. LIVIANOS (2 EJES SIMPLES)  |   | VEH. PESADOS (2 -3 EJES)  |   |  | VEH. EXT. PESADOS   | Motos   | TOTAL por hora |     |
|   | AUTOMOVILES   | CAMIONETAS  | BUSES PESADO  | LIVIANOS  | PESADOS  | CAMIONES de 4 5 y 6 EJES  |   |                |     |
|   |  |  |  |  |  |  |  |                |     |
| Sabado  | 07:00   | 288   | 262   | 47  | 60   | 20  | 15  | 43             | 735 |
|   | 08:00   | 232   | 153   | 42  | 62   | 16  | 11  | 32             | 548 |
|   | 09:00   | 194   | 117   | 40  | 51   | 9   | 9   | 20             | 440 |
|   | 10:00   | 215   | 125   | 27  | 36   | 6   | 17  | 34             | 460 |
|   | 11:00   | 270   | 184   | 39  | 62   | 9   | 13  | 52             | 629 |
|   | 12:00   | 279   | 150   | 42  | 39   | 6   | 21  | 39             | 576 |
|   | 13:00   | 292   | 145   | 36  | 63   | 13  | 4   | 59             | 612 |
|   | 14:00   | 335   | 146   | 40  | 53   | 6   | 18  | 67             | 665 |
|   | 15:00   | 202   | 168   | 46  | 53   | 11  | 13  | 45             | 538 |
|   | 16:00   | 199   | 142   | 36  | 75   | 14  | 16  | 70             | 552 |
| 17:00   | 209   | 149   | 38  | 79  | 15   | 17  | 74  | 580            |     |
| 18:00   | 226   | 161   | 41  | 85  | 16   | 18  | 79  | 626            |     |
| Total por dia   |   | 2941  | 1902  | 474   | 718  | 141   | 172   | 614            |     |

Anexo 11 Aforo vehicular domingo

| CONTEO DE TRAFICO EN LA VIA SANTA ROSA - MACHALA                        |   |   |   |   |  |   |   |                |     |
|---|---|---|---|---|--|---|---|----------------|-----|
| PROYECTO: Estimacion de emisiones de Co2 en la via Santa Rosa - Machala |   |   |   |   | UBICACIÓN: Ingreso a la via Pajonal  |   |   |                |     |
| FECHA: 12/1/2020  |   |   | SENTIDO: Machala - Sta. Rosa  |   |  |   |   |                |     |
| HORA  | VEH. LIVIANOS (2 EJES SIMPLES)  |   | VEH. PESADOS (2 -3 EJES)  |   |  | VEH. EXT. PESADOS   | Motos   | TOTAL por hora |     |
|   | AUTOMOVILES   | CAMIONETAS  | BUSES PESADO  | LIVIANOS  | PESADOS  | CAMIONES de 4 5 y 6 EJES  |   |                |     |
|   |  |  |  |  |  |  |  |                |     |
| Domingo   | 07:00   | 286   | 262   | 47  | 60   | 20  | 15  | 30             | 727 |
|   | 08:00   | 232   | 153   | 42  | 62   | 16  | 11  | 32             | 548 |
|   | 09:00   | 194   | 117   | 40  | 51   | 9   | 9   | 20             | 440 |
|   | 10:00   | 204   | 144   | 34  | 22   | 7   | 10  | 18             | 439 |
|   | 11:00   | 213   | 104   | 40  | 49   | 7   | 11  | 42             | 466 |
|   | 12:00   | 226   | 126   | 43  | 73   | 5   | 16  | 33             | 522 |
|   | 13:00   | 181   | 101   | 30  | 31   | 1   | 6   | 32             | 382 |
|   | 14:00   | 240   | 133   | 39  | 72   | 14  | 15  | 61             | 574 |
|   | 15:00   | 202   | 168   | 46  | 53   | 11  | 13  | 45             | 538 |
|   | 16:00   | 199   | 142   | 36  | 75   | 14  | 16  | 70             | 552 |
| 17:00   | 209   | 149   | 38  | 79  | 15   | 17  | 74  | 580            |     |
| 18:00   | 226   | 161   | 41  | 85  | 16   | 18  | 79  | 626            |     |
| Total por dia   |   | 2619  | 1760  | 476   | 712  | 135   | 157   | 536            |     |

Anexo 12 Aforo vehicular lunes

| <b>CONTEO DE TRAFICO EN LA VIA SANTA ROSA - MACHALA</b>                           |   |   |   |   |  |   |   |                |     |
|---|---|---|---|---|--|---|---|----------------|-----|
| <b>PROYECTO:</b><br>Estimacion de emisiones de Co2 en la via Santa Rosa - Machala |   |   |   |   | <b>UBICACIÓN:</b><br>Ingreso a la via Pajonal                                      |   |   |                |     |
| <b>FECHA :</b> 13/1/2020  |   |   | <b>SENTIDO:</b> Machala - Sta. Rosa   |   |  |   |   |                |     |
| HORA  | VEH. LIVIANOS (2 EJES SIMPLES)  |   | VEH. PESADOS (2 -3 EJES)  |   |  | VEH. EXT. PESADOS   | Motos   | TOTAL por hora |     |
|   | AUTOMOVILES   | CAMIONETAS  | PESADO  | LIVIANOS  | PESADOS  | CAMIONES de 4 5 y 6 EJES  |   |                |     |
|   |  |  |  |  |  |  |  |                |     |
| Lunes   | 07:00   | 289   | 262   | 47  | 60   | 20  | 8   | 35             | 725 |
|   | 08:00   | 232   | 153   | 42  | 62   | 16  | 11  | 32             | 548 |
|   | 09:00   | 194   | 117   | 40  | 51   | 9   | 9   | 20             | 440 |
|   | 10:00   | 204   | 144   | 34  | 22   | 7   | 10  | 18             | 439 |
|   | 11:00   | 213   | 104   | 40  | 49   | 7   | 11  | 42             | 466 |
|   | 12:00   | 226   | 126   | 43  | 73   | 5   | 16  | 33             | 522 |
|   | 13:00   | 181   | 101   | 30  | 31   | 1   | 6   | 32             | 382 |
|   | 14:00   | 240   | 133   | 39  | 72   | 14  | 15  | 61             | 574 |
|   | 15:00   | 202   | 168   | 46  | 53   | 11  | 13  | 45             | 538 |
|   | 16:00   | 199   | 142   | 36  | 75   | 14  | 16  | 70             | 552 |
| 17:00   | 209   | 149   | 38  | 79  | 15   | 17  | 74  | 580            |     |
| 18:00   | 226   | 161   | 41  | 85  | 16   | 18  | 79  | 626            |     |
| Total por dia   | <b>2619</b>   | <b>1760</b>   | <b>476</b>  | <b>712</b>  | <b>135</b>   | <b>150</b>  | <b>541</b>  |                |     |