



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACION DE ELECTROMOVILIDAD EN LA
VÍA SANTA ROSA A MACHALA, EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD
MÁXIMA PERMITIDA

TENESACA JIMENEZ KAREN LIZBETH
INGENIERA CIVIL

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACION DE ELECTROMOVILIDAD
EN LA VÍA SANTA ROSA A MACHALA, EN FUNCIÓN DE LA
VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA

TENESACA JIMENEZ KAREN LIZBETH
INGENIERA CIVIL

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACION DE ELECTROMOVILIDAD EN LA VÍA
SANTA ROSA A MACHALA, EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD MÁXIMA
PERMITIDA

TENESACA JIMENEZ KAREN LIZBETH
INGENIERA CIVIL

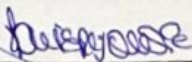
OYOLA ESTRADA ERWIN JAVIER

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 ANÁLISIS DE LA ELECTROMOVILIDAD EN LA VÍA SANTA ROSA A MACHALA, EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA, 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



CARRILLO LANDIN ANGEL ANTONIO
0701210668
ESPECIALISTA 2



MEDINA SANCHEZ YUDY PATRICIA
0703642850
ESPECIALISTA 3

Fecha de impresión: miércoles 26 de febrero de 2020 - 13:53

ANÁLISIS DE LA ELECTROMOVILIDAD EN LA VÍA SANTA ROSA A MACHALA, EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA

por Karen Lizbeth Tenesaca Jimenez

Fecha de entrega: 10-feb-2020 03:10p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1254968466

Nombre del archivo: ROSA_A_MACHALA,_EN_FUNCI_N_DE_LA_VELOCIDAD_M_XIMA_PERMITIDA.docx
(48.12K)

Total de palabras: 4187

Total de caracteres: 22580

ANÁLISIS DE LA ELECTROMOVILIDAD EN LA VÍA SANTA ROSA A MACHALA, EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA

INFORME DE ORIGINALIDAD

1%

INDICE DE SIMILITUD

1%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

issuu.com

Fuente de Internet

<1%

2

lume.ufrgs.br

Fuente de Internet

<1%

3

upcommons.upc.edu

Fuente de Internet

<1%

4

Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS

Trabajo del estudiante

<1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

< 5 words

Excluir bibliografía

Activo

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

La que suscribe, TENESACA JIMENEZ KAREN LIZBETH, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACION DE ELECTROMOVILIDAD EN LA VÍA SANTA ROSA A MACHALA, EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA, 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.

La autora 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.

La autora 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



TENESACA JIMENEZ KAREN LIZBETH
0705198927

RESUMEN

El objetivo general del escrito es analizar la viabilidad de la electromovilidad en la vía Machala a Santa Rosa por medio de un estudio comparativo para mejorar el sistema de transporte en forma segura y sostenible en función de la velocidad máxima de la carretera citada.

La metodología es de carácter pragmática, argumentando los criterios expuestos a través de una revisión bibliográfica, calculando la velocidad de circulación mediante un aforo realizado con un vehículo aéreo no tripulado (*drone*) y analizando el transporte público al ser solventado con buses eléctricos.

En los resultados se analizan los distintos datos calculados y demás variables dependientes de la velocidad, para sugerir el vehículo que mejor se adapte a la Vía Machala – Santa Rosa y un posible sistema para implementarlo en su campo de acción.

Palabras clave: Aforo, buses eléctricos, velocidad máxima, vías rurales.

ABSTRACT

The general objective of the paper is to analyze the feasibility of electromobility on the Machala road to Santa Rosa through a comparative study to improve the transport system in a safe and sustainable way based on the maximum speed of the aforementioned road.

The methodology is pragmatic in nature, arguing the strategic criteria through a bibliographic review, calculating the speed of circulation by means of a capacity made with an unmanned aerial vehicle (drone) and analyzing public transport when solved with electric buses.

In the results, the different calculated data and other speed dependent variables are analyzed, to suggest the vehicle that best suits the Via Machala - Santa Rosa and a possible system to implement it in its field of action.

Keywords: Capacity, electric buses, maximum speed, rural roads.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	- 1 -
ABSTRACT.....	- 2 -
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	- 3 -
ÍNDICE DE FIGURAS.....	- 4 -
ÍNDICE DE CUADROS.....	- 4 -
ÍNDICE DE ANEXOS.....	- 5 -
1. INTRODUCCIÓN.....	- 9 -
1.1 Antecedentes.....	- 9 -
1.2 Problemática.....	- 9 -
1.3 Objetivo General.....	- 10 -
1.3.1 Objetivos Específicos.....	- 11 -
1.4 Delimitación del problema.....	- 11 -
1.5 Metodología.....	- 11 -
2. DESARROLLO.....	- 12 -
2.1 Marco teórico:.....	- 12 -
2.1.1 Ingeniería Civil.....	- 12 -
2.1.2 Trazado geométrico de vías.....	- 13 -
2.1.3 Velocidad máxima permitida.....	- 13 -
-	
2.1.4 Aforo de velocidad.....	- 14 -
2.1.5 Accidentabilidad.....	- 14 -
2.1.6 Bus Eléctrico BYD.....	- 14 -
2.1.7 Bus Eléctrico Irizar i2e.....	- 15 -
2.1.8 Trolebús Ecuador.....	- 15 -

2.1.8 Análisis sintético.....	- 15 -
2.1.8 Investigación documentada.	- 15 -
2.1.9 Sostenibilidad y Sustentabilidad.	- 15 -
2.2 Resolución del problema:	- 16 -
2.2.1 Aforo de velocidad.	- 16 -
2.2.2 Velocidades máximas de circulación.....	- 17 -
2.2.3 Análisis de características de buses eléctricos comerciales.	- 18 -
2.2.4 Análisis de velocidades de circulación para buses.....	- 20 -
2.2.5 Resultados.	- 25 -
3. CONCLUSIONES:.....	- 27 -
4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	- 28 -
5. ANEXOS.	- 31 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales áreas laborales de la ingeniería civil	- 12 -
Figura 2. Velocidad de operación de carretera Loja-Catamayo.....	- 13 -
Figura 3. Triangulación de la sustentabilidad ambiental	- 16 -
Figura 4. Aforo de velocidades mediante Drone.	- 17 -
Figura 5. Gráfica de distribución de frecuencias en velocidades.....	- 17 -
Figura 6. Resultados del aforo de densidad vehicular en la vía Santa Rosa a Machala.....	- 22 -
Figura 7. Representación de la densidad vehicular en la vía Santa Rosa a Machala.....	- 22 -
Figura 8. Circulación libre de Buses eléctricos en Ciudad de Cuenca.	- 26 -

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Accidentabilidad vial a nivel nacional.....	- 10 -
Cuadro 2. Excesos de velocidad por provincia.....	- 10 -

Cuadro 3. Resumen de velocidades en la vía Santa Rosa a Machala, enero 2020.	- 18 -
Cuadro 4. Comparación de características de los autobuses potenciales.	- 19 -
Cuadro 5. Comparación de rango de velocidades.	- 20 -
Cuadro 6. Tasa de crecimiento vehicular en El Oro.....	- 21 -
Cuadro 7. Densidades actuales y futuras de la vía Santa Rosa a Machala.	- 21 -
Cuadro 8. Distancias de separación en función de la velocidad.....	- 22 -
Cuadro 9. Ficha técnica de un bus a diésel (Machala)	- 23 -
Cuadro 10. Comparativa bus eléctricos contra bus a diésel	- 24 -

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Distancia recorrida por los vehículos aforados mediante Drone.....	- 30 -
Anexo 2. Visión del tráfico promedio en la vía Santa Rosa a Machala.....	- 30 -
Anexo 3. Tabla de distribución de frecuencias en las velocidades aforadas.....	- 31 -
Anexo 4. Curva de frecuencias acumuladas del aforo de velocidades.....	- 31 -
Anexo 5. Histograma de velocidades acorde a la frecuencia absoluta.....	- 31 -
Anexo 6. Datos de campo en la vía analizada.....	- 33 -
Anexo 7. Velocidad modal e indicadores estadísticos de la curva y recta 1 en el día 1.....	- 34 -
Anexo 8. Velocidad modal e indicadores estadísticos de la recta 2 y curva en el día 1.....	- 35 -
Anexo 9. Velocidad modal e indicadores estadísticos de la recta 1 y 2 en el día 2.	- 36 -
Anexo 10. Velocidad modal e indicadores estadísticos de la curva y recta 1 en el día 3.....	- 37 -
Anexo 11. Velocidad modal e indicadores estadísticos de la recta 2 y curva en el día 4.....	- 38 -
Anexo 12. Velocidad modal e indicadores estadísticos de la recta 1 y 2 en el día 4.....	- 39 -
-	
Anexo 13. Velocidad modal e indicadores estadísticos de la curva y recta 1 en el día 5.....	- 40 -
Anexo 14. Velocidad modal e indicadores estadísticos de la recta 2 y curva en el día 6.....	- 41 -

Anexo 15. Velocidad modal e indicadores estadísticos de la recta 1 y 2 en el día 6.....	- 41
-	
Anexo 16. Velocidad modal e indicadores estadísticos de la curva y recta 1 en el día 7.....	- 42 -
Anexo 17. Velocidad modal e indicadores estadísticos de la recta 2 en el día 7.....	- 42-
Anexo 18. Conteo de tráfico por hora en la vía Santa Rosa a Machala de lunes a miércoles.....	- 42 -
Anexo 19. Conteo de tráfico por hora en la vía Santa Rosa a Machala de jueves a sábado.....	- 43 -
Anexo 20. Conteo de tráfico por hora en la vía Santa Rosa a Machala durante el día domingo. ...	- 43 -
Anexo 21. Siniestros acumulado Enero – Diciembre 2018 vs Enero – Diciembre 2019.	- 43 -
Anexo 22. Tabla de datos tomados en campo aforo velocidad muestra 1.	- 45 -

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La globalización, tecnificación de procesos y revolución industrial han trastocado todos los aspectos de la vida cotidiana, agilizando e innovando las funciones sociales de forma nunca antes vista; sin embargo, tales acontecimientos traen consecuencias adversas como la cultura *consumista*, donde se valora más los recursos económicos que la salud ambiental y humana.

El problema de los siniestros viales es un hecho común en el Ecuador, siendo característico de las grandes ciudades como Quito, Guayaquil, y ciudades dentro de la provincia de El Oro, debido al exceso de velocidad que afecta la maniobrabilidad del vehículo.

Una de las soluciones aplicadas en Quito y Guayaquil es la electromovilidad; gracias a que permite un control sobre la velocidad de las unidades, siendo lo suficiente para trasladarse ágilmente pero no en exceso para provocar accidentes; por lo tanto, se estudia la posibilidad de migrar a un sistema de movilidad a través de electrobuses, siendo una opción confiable.

1.2 Problemática

La situación conflictiva es la inseguridad vial, causada por no respetar la velocidad de circulación, gestión inadecuada de la movilidad urbana y emisiones de gases contaminantes que provocan afectaciones al medio ambiente, enfermedades respiratorias e incumplen con los criterios técnicos referentes al desarrollo socioeconómico sostenible.

En los últimos años los siniestros viales disminuyen año a año, a la vez que el número de fallecidos aumenta, lo que genera una tasa de mortalidad ascendente a nivel nacional (*ver cuadro 1*). A nivel local la provincia de El Oro se posiciona en segundo lugar con excesos de velocidad (*ver cuadro 2*) y también *registró un aumento de los siniestros viales (ver anexo 21)*.

Las estadísticas del año 2018 indican que El Oro tiene un alto número de excesos de velocidad. La vía Santa Rosa – Machala es una arteria vial para los orenses, también es una vía Panamericana lo que automáticamente la convierte en una vía muy transitada, razón por la cual es seleccionada para objeto de estudio.

El requerimiento a solucionar es la inseguridad e insostenibilidad del transporte público en la vía Machala a Santa Rosa, en función de la velocidad máxima de circulación y análisis con las normativas técnicas vigentes en armonía con las tendencias del desarrollo sustentable.

Cuadro 1. Accidentabilidad vial a nivel nacional

Año	No. Siniestros	No. Fallecidos	Tasa de siniestros Ecuador
2018	12460	1058	8,49 fallecidos/siniestros
2017	14322	1011	7,06 fallecidos/siniestros
2016	15473	972	6,28 fallecidos/siniestros
2015	17492	1038	5,93 fallecidos/siniestros
2014	19842	1276	6,43 fallecidos/siniestros

Fuente: Tasa de fallecidos por accidentes de tránsito en Ecuador ha aumentado en el 2018, El Universo

El cuadro 1 resume que los siniestros se redujeron a la vez que el número de fallecidos aumentó.

Cuadro 2. Excesos de velocidad por provincia



Fuente: Excesos de velocidad interprovincial marzo 2018, ANT 2018

1.3 Objetivo General

Analizar la viabilidad de la electromovilidad en la vía Santa Rosa a Machala mediante un aforo de velocidad para su posible implementación en la vía.

1.3.1 Objetivos Específicos.

Los objetivos específicos que describen el proyecto son:

- Revisar la bibliografía pertinente a la electromovilidad mediante lectura comprensiva e investigación para conceptualizar el estudio desde la perspectiva epistemológica
- Realizar un aforo de velocidades mediante el uso de un drone para calcular la velocidad mínima, promedio y máxima de circulación en la vía Santa Rosa a Machala.
- Realizar un análisis comparativo mediante la revisión de las fichas técnicas entre los buses de combustión interna y electro buses para determinar diferencias entre ellos.
- Analizar los resultados obtenidos empleando los criterios establecidos con la investigación bibliográfica para determinar la viabilidad de la electromovilidad en la vía estudiada.

1.4 Delimitación del problema.

La interrogante a responder es ¿Cómo analizar la electromovilidad en la vía Machala a Santa Rosa en función de la velocidad promedio que registran los vehículos en la ruta? Para ello se comparan los resultados de un aforo de velocidades in situ, frente a las velocidades que alcanzan los electrobuses además de proponer como podrían circular en la vía en caso de ser factibles.

1.5 Metodología.

Las técnicas de recopilación de información es la investigación literaria en fuentes indexadas, que son tratados mediante un análisis sintético al dirimir los criterios que sustentan el desarrollo del documento e inducir los argumentos para validar los resultados, como matrices de comparación, tablas de aforo o instrumentos de valoración al comparar las prestaciones de los electrobuses.

La velocidad de circulación, emisiones de CO₂, gasto energético, entre otros parámetros son tomados como referencia al analizar su viabilidad desde las perspectivas de seguridad y sostenibilidad, al determinar cuál modelo de bus eléctrico se acopla mejor a las condiciones de tráfico aforadas.

En los resultados se postulan las razones al seleccionar el mejor bus eléctrico para el transporte público, acorde a las velocidades registradas en el trayecto Machala a Santa Rosa; se explican las concepciones y apreciaciones técnicas al inferir criterios objetivos al justificar su implementación futura.

2. DESARROLLO

2.1 Marco teórico:

2.1.1 Ingeniería Civil.

Es una carrera de amplio espectro que concatena saberes matemáticos, prácticos y empíricos para el diseño de obras e infraestructura capaz de solventar las necesidades de los pueblos, esta profesión es la clave para el desarrollo socioeconómico exigiendo un compromiso de carácter ético al ser ejercida [1]. Se caracteriza por buscar un equilibrio entre durabilidad, costos y seguridad acorde a las normas técnicas.

Figura 1. Principales áreas laborales de la ingeniería civil



Fuente: Elaboración Propia

Las carreteras son un campo de acción, de suma relevancia gracias a que facilitan el transporte de personal, materiales e intercambio comercial; además son una de las obras civiles de mayor valor tanto económico como estratégico, puesto que permiten el desarrollo de los pueblos en forma progresiva, a diferencia de las otras obras que suplen necesidades como agua, salud o vivienda.

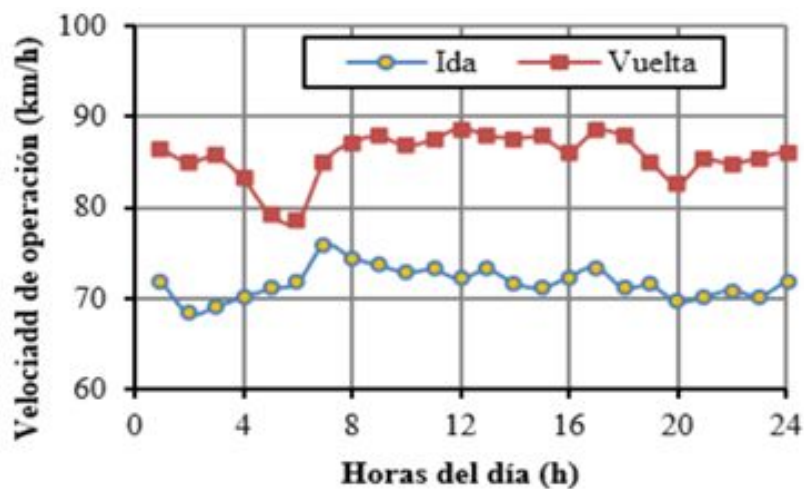
2.1.2 Trazado geométrico de vías.

Es la rama de la ingeniería encargada de diseñar las carreteras, determinar las dimensiones, secciones, estructuras e implementos para la circulación cómoda y segura de los vehículos. Unas de las tendencias contemporáneas, es la movilidad sostenible que pretende armonizar sociedad, desarrollo y ecosistema cambiando la concepción de diseño vial a una postura más cultura que técnica [2]. En este aspecto, es importante la conducta del conductor puesto que debe mantener una velocidad segura, respetar la señalética y no viajar innecesariamente, además de poner de su parte al migrar de combustibles fósiles a buses eléctricos tanto por sustentabilidad como aptitud, y conservar la distancia de los vehículos eléctricos, debido a que por ahora su velocidad es menor a un auto normal.

2.1.3 Velocidad máxima permitida.

Es la velocidad máxima que puede desarrollar un vehículo sin sobrepasar las capacidades de diseño de la carretera, a diferencia de la velocidad de circulación esta es usada en el diseño de curvas, peralte, ancho y parámetros geométricos en general; sobrepasar implica accidentabilidad e irresponsabilidad por parte del chofer, siendo responsabilidad del factor humano respetarla evitando siniestros viales.

Figura 2. Velocidad de operación de carretera Loja-Catamayo



Fuente: Y. García-Ramírez [3]

Esta variable debe ser analizada desde diferentes perspectivas, la velocidad máxima que desarrollan los vehículos a diésel, la velocidad de los buses eléctricos, la velocidad de diseño y cómo se relacionan entre sí, al circular por una misma avenida para proponer alternativas que permitan su coexistencia e incremento gradual del transporte sustentable a lo largo del tiempo.

2.1.4 Aforo de velocidad.

Es la caracterización del tráfico, en este estudio permite sectorizar en liviano, semipesado y pesado, junto a las velocidades de circulación que alcanzan para analizar la accidentalidad al introducir el bus BYD. En este estudio, se realizó un aforo vía aérea mediante un *DRONE* que grabo a los vehículos en su trayecto, luego ser contabilizados a través de un software.

2.1.5 Accidentabilidad.

Es la probabilidad de que ocurra un siniestro vial, es decir se presentan tanto pérdidas materiales como humanas por circular en una carretera; es un indicador del peligro al transitar por una zona y se mide en cantidad de muertes/frecuencia de accidentes; generalmente son dados por el factor humano, falla mecánica del vehículo, condiciones climáticas e infraestructura vial en mal estado.

La educación vial es una cultura de seguridad que busca reducir las condiciones de vulnerabilidad, al concientizar a peatones como conductores sobre su conducta al transitar por la vía, con el afán de evitar accidentes/siniestros [4]. Existen algunos factores de riesgo capaces de culminar en accidentes, dichas circunstancias se enlistan a continuación:

Los principales factores de riesgo en la accidentabilidad son[5]:

- Velocidad excesiva
- Estado Etílico al conducir
- Uso del teléfono celular
- Cansancio o fatiga
- Conductas de riesgo (estado del vehículo y su maquinaria)
- Condiciones climáticas y meteorológicas.

2.1.6 Bus Eléctrico BYD.

Se trata de un autobús eléctrico con 80 pasajeros de capacidad, una autonomía de 240 km al día y un consumo de 324 KWh; equivale a 2260 litros de diésel al mes y ahorra 4 toneladas de CO₂ [6]; actualmente circulan en la ciudad de Ambato y Guayaquil, siendo parte de un plan gubernamental para tomar acciones encaminadas a combatir el cambio climático; las características técnicas del modelo K11 son [7].:

- Velocidad máxima de 70 km/h
- Mantenimiento cada 10 000 km y costo 0.05 \$/km

- Posee 482 caballos de fuerza
- Autonomía de 250 km y no requiere cambios de aceite
- Tiempo de carga 2 a 3 horas.

2.1.7 Bus Eléctrico Irizar i2e.

Posee una autonomía de 200 a 220 km, con una velocidad media de 15 a 17 km/h, a una potencia nominal de 180 Kw hasta 16 horas de conducción; capacidad para 75 pasajeros con tres puertas [8]. Es una solución viable gracias a su rendimiento y durabilidad con hasta 10 años en sus baterías, mantenimiento casi nulo e integridad al transitar dando seguridad, comodidad y eficiencia energética.

2.1.8 Trolebús Ecuador.

Es un sistema alimentado por catenarias a través de instalaciones aéreas, su velocidad máxima es de 54 km/h, al ser un híbrido entre tranvía y bus tiene la ventaja de menor desgaste y flexibilidad al transitar, pero depende totalmente del tendido eléctrico sin autonomía ni buena capacidad de frenado, además su peso máximo es 10 toneladas dando alrededor de 130 pasajeros por viaje.

2.1.8 Análisis sintético.

Es un proceso de construcción del conocimiento, gestado en descomponer los elementos del problema y estudiar cómo se relacionan e interactúan entre sí [9]; para este caso permite analizar cómo la velocidad máxima incide en la accidentalidad y como se retroalimenta al circular buses eléctricos en la vía Machala a Santa Rosa. Las variables estudiadas son velocidades y características del vehículo.

2.1.8 Investigación documentada.

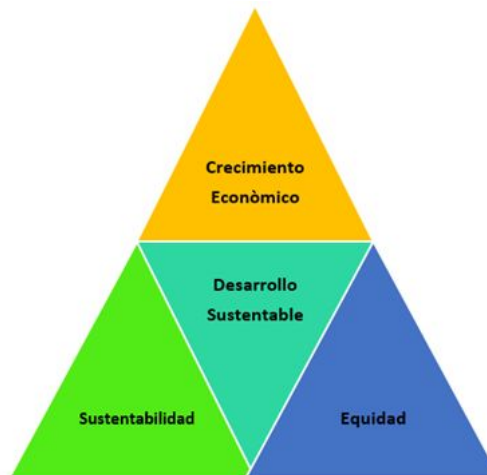
Es un proceso clave en la elaboración del marco teórico, sustenta la base cognitiva del trabajo argumentando sobre el criterio de otros autores, en esencia permite dirimir saberes en función de una temática, al revisar contenidos aprobados científicamente y cuyo rigor académico ha sido evaluado [10]. Permite construir conceptos e inducir al lector al explicar la resolución del problema propuesto.

2.1.9 Sostenibilidad y Sustentabilidad.

Son dos términos poderosos para la humanidad, en esencia responden a la necesidad contemporánea de sostener el desarrollo socioeconómico por sí mismo, sin comprometer la prosperidad de las futuras generaciones [11]; esto implica un cambio radical en la vida

cotidiana, especialmente en el servicio del transporte, evidenciando una necesidad imperiosa de cambiar a vehículos eléctricos en la brevedad posible.

Figura 3. Triangulación de la sustentabilidad ambiental



Fuente: P. Z. Ávila [12]

Es relevante destacar, que en los proyectos ecológicos la rentabilidad económica es desplazada por la eficiencia energética, gracias a que se busca ahorrar recursos naturales y no monetarios; por lo tanto, en este proyecto se estudian las alternativas de implementar buses eléctricos en función de su velocidad y prestaciones al medio ambiente.

2.2 Resolución del problema:

Consiste en solucionar un problema de iguales condiciones a las encontradas en el campo profesional, con la meta implícita de desarrollar capacidades y aptitudes al solucionar conflictos mediante la correcta aplicación de los conocimientos e inferencias afines a la ingeniería civil, compete el análisis de factibilidad de buses eléctricos en una carretera interprovincial de la provincia de El Oro.

2.2.1 Aforo de velocidad.

Se usa un Drone marca DJI 2017 modelo SPARK a una altura de 103 metros, en la vía se colocan GCP (*Ground Control Point*) a una distancia dentro del rango de 50 m - 100 m y luego se graba un video en tiempo real para ser analizado en cámara lenta; después se calcula la velocidad de cada vehículo tabulados en Excel.

El aforo se realiza en tres horarios distintos, evitando horas pico; el método consiste en contabilizar 100 vehículos en tres puntos de control distintos (*2 tramos Rectos y 1 Curva*), luego se estiman los rangos de tabulación; amplitud (*distribución de los valores de velocidad*), frecuencia absoluta (*cantidad de vehículos dentro del rango*), frecuencia acumulada (*sumatoria de frecuencias*), velocidad media (*velocidad promedio*), velocidad modal (*velocidad que más se repite en la muestra*) y velocidades percentil (*velocidades de la muestra en los rangos 15%, 50% y 85%*) [13]; las horas de aforo se dan en intervalos como 10 a 11 am, 3 a 4 pm u otros periodos al azar.

Figura 4. Aforo de velocidades mediante Drone

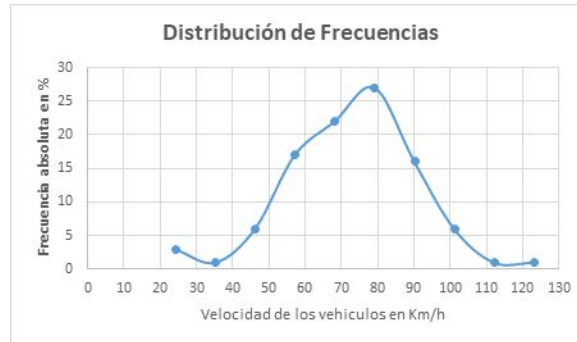


Fuente: Elaboración Propia

2.2.2 Velocidades máximas de circulación

Una vez ordenados los datos medidos en el campo, se los sintetiza para su análisis usando cuadros y gráficas que faciliten su interpretación. La distribución de frecuencias indica una velocidad media de 80 km/h en el desarrollo que experimentan los vehículos al viajar de Santa Rosa a Machala, pese a enfocarse en los buses es relevante considerar el tráfico total para contextualizar la implementación del bus.

Figura 5. Gráfica de distribución de frecuencias en velocidades



Fuente: Elaboración Propia

En primera instancia se aprecia un rango promedio de velocidades desde 70 hasta los 86 km/h al observar la figura 5; mientras que en el resumen de velocidades se tiene como mínimo un rango de 35 a 57 km/h, en promedio de 70 a 81 km/h y como velocidad máxima un intervalo de 109 a 127 km/h; es decir la circulación nominal es de 70 a 100 km/h acorde a los estadísticos estimados. Entonces, los buses eléctricos como mínimo deben desarrollar velocidades desde los 35 hasta los 81 km/h para no causar congestión o accidentes al entorpecer el tráfico; no obstante, se destaca que a nivel nacional los buses a diesel no pueden sobrepasar los 100 Km/h por seguridad.

Cuadro 3. Resumen de velocidades en la vía Santa Rosa a Machala, enero 2020

		VELOCIDAD (km/h)							
		LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	Promedio
REC 1	CURVA								
	PROM	72,72	82,91	86,72	76,24	71,21	83,99	75,56	78,48
	MAX	125,04	110,48	119,28	116,87	103,10	111,19	113,11	114,16
REC 2	MIN	22,39	52,45	50,36	51,47	49,52	63,81	49,62	48,52
	PROM	68,00	79,98	72,04	74,67	76,66	76,66	80,47	75,50
	MAX	132,28	114,89	125,12	116,47	138,51	138,51	103,39	124,17
TOTAL	MIN	33,32	36,92	22,40	51,47	53,04	53,04	60,54	44,39
	PROM	78,56	79,50	72,82	71,74	61,32	81,97	83,21	75,59
	MAX	126,53	113,39	116,59	111,98	110,81	128,66	111,59	117,08
TOTAL	MIN	51,97	50,18	36,38	52,46	42,43	50,60	60,95	49,28
	PROM	73,10	80,80	77,19	74,22	69,73	80,87	79,75	76,52
	MAX	127,95	112,92	120,33	115,11	117,48	126,12	109,36	118,47
	MIN	35,89	46,52	36,38	51,80	48,33	55,82	57,04	47,40

Fuente: Elaboración Propia

2.2.3 Análisis de características de buses eléctricos comerciales

Es necesario contrastar las cualidades de los buses accesibles a nivel nacional, para determinar cuál es el mejor y qué prestaciones brinda a la sostenibilidad de la movilidad

urbana en la red vial local. Se debe partir de que se trata de una vía de primer orden, siendo una carretera que interconecta ciudades, provincias y es zona rural; además que los buses deben circular libremente sin interrumpir el tráfico ni causar retrasos a los pasajeros.

También se asume que todos operan bajo las mismas condiciones viales, su rendimiento energético es superior a su factibilidad económica, debido a que son notablemente más costosos que los vehículos a diesel, su objetivo es mitigar los impactos ambientales no ahorrar recursos monetarios.

El criterio se defiende en base a la velocidad media de circulación, misma que es lograda por el bus BYD, encajando dentro del percentil 85 del perfil de velocidades; además dicho autobús se encuentra circulando en Guayaquil demostrando su viabilidad al solucionar la problemática.

Cuadro 4. Comparación de características de los autobuses potenciales

BUSES	Velocidad Máxima	Capacidad Pasajeros	Consumo Energético	Autonomía
Trolebús	54 km/h	130	230 Kw/h	No tiene
BYD	70 km/h	80	1.3 Kw/h	240 km
Irizar Ie2	17 km/h	75	1.5-1.88 Kw/h	200 km

Fuente: Elaboración Propia

El trolebús ya no se está implementando en el país, es muy caro construir su infraestructura y sus velocidades no alcanzan para zona rural, además su limitada maniobrabilidad, poca capacidad de frenado dificulta transitar libremente en una vía de primer orden; al no tener autonomía es descartado por ser una alternativa poco eficiente frente a las nuevas tecnologías en transporte público. El autobús BYD en su modelo K11, es la mejor opción tiene autonomía, consumo relativamente bajo y su velocidad alcanza la media requerida en el trayecto Santa Rosa a Machala; no obstante, implica recargar varias veces al día y un ligero retraso en el recorrido por no lograr las velocidades de 90 a 120 km/h de los buses a diesel.

El bus eléctrico Irizar Ie2 pese a ser ampliamente utilizado en España, no es conveniente para la urbe ecuatoriana, su velocidad es muy bajo frente a la media de circulación; su autonomía es inferior al BYD a un consumo mayor; pese a ello es recomendable para zonas urbanas densamente pobladas con la finalidad de reducir la polución por CO₂, gracias a que solventa mayor cantidad de pasajeros. El bus elegido es el BYD modelo K11, gracias a sus prestaciones técnicas; es necesario recalcar que el migrar de un sistema de movilidad a uno

ecológico es cuestión *cultural* por las implicaciones políticas al demandar financiamiento fiscal y acogida social, las consideraciones afines a su factibilidad son:

- Montos de inversión fuertes con un financiamiento a largo plazo
- Subsidios o redistribución de fondos públicos
- Incremento en costo de pasajes
- Mayor tiempo en viajes locales o regionales
- Reducción de contaminación
- Ahorro de recursos energéticos
- Renovación en infraestructura tecnológica para preparar a la ciudad

2.2.4 Análisis de velocidades de circulación para buses

La temática se centra en la velocidad máxima, por lo cual dicho parámetro es analizado por separado. La velocidad señalada por el INEN es de 90 km/h, la medida en el campo es de 125 km/h y la designada por la normativa de tránsito es 100 km/h; existe un desfase de 30 km/h en promedio evidenciando que no se respeta las normas de tránsito ni las recomendaciones de seguridad; al centrarse en la meta del estudio se resalta que un bus que circule a 70 km/h es relativamente lento frente a la velocidad máxima, siendo necesario tomar medida cautelares e infraestructura vial para reforzar la seguridad y prevenir accidentes; además se debe capacitar tanto a conductores como ciudadanía en general al darle uso adecuado al transporte ecológico.

Cuadro 5. Comparación de rango de velocidades

Zona urbana	Áreas rurales	Fuente
50 km/h	50 a 90 km/h	[13] INEN
40 A 50 km/h	70 a 100 km/h	[14] SES
75 km/h media a 125 km/h máxima		Autor

Fuente: Elaboración Propia

Se fundamenta la selección a favor de la velocidad máxima permitida, misma que solo el bus BYD entra en el rango al ser el más idóneo según las limitaciones tanto técnicas como legales apreciadas en el *cuadro 3*; por lo cual es la mejor opción en el contexto local, tanto por sus prestaciones medioambientales como su desarrollo de velocidad; sin embargo, su costo es alto en contraste con un bus tradicional.

Un problema secundario a tratar es la competitividad entre buses a diesel y eléctricos, sin duda alguna recoger pasajeros en plena vía es *prohibido por la ley*; además no existen puntos

de gran afluencia en la carretera salvo por los terminales que es donde suben y bajan los pasajeros, también se destaca que para evitar este supuesto se recomienda un carril exclusivo al bus eléctrico con sus propios puntos de carga/descarga de viajeros.

2.2.5 Análisis de velocidades y densidad vehicular proyectada.

Del aforo realizado se obtiene los datos de velocidades en la vía Santa Rosa a Machala, adicional se calcula como dato estadístico el crecimiento del flujo vehicular a 20 años partiendo del valor de TPDA obtenido de la vía Santa Rosa a Machala. [16]

Para estimar el tráfico futuro se utiliza la siguiente fórmula:

$$T_f = T_{actual} (1 + i)^n$$

Donde:

T_f = Tráfico horario futuro

T_a = Tráfico horario actual

n = Periodo de diseño en años

i = Tasa de crecimiento anual

La tasa de crecimiento vehicular en la provincia de El Oro, de acuerdo al MTOP se resumen en el *cuadro 6*, siendo el tráfico máximo por hora de 1521 vehículos.

Cuadro 4. Tasa de crecimiento vehicular en El Oro

Provincia	Periodo	Tasa de Crecimiento (%)		
		LIVIANO	BUS	CAMION
EL ORO	2.005 - 2.010	4,23	2,87	2,1
	2.010 - 2.015	3,65	2,55	1,87
	2.015 - 2.020	3,18	2,29	1,68
	2.020 - 2.030	2,8	2,08	1,53

Fuente: P.V.J Pedro [17]

Se estima una tasa de crecimiento promedio del 3.18 % (asumiendo la mayor tasa de crecimiento de la tabla), la expresión de la proyección del tráfico es:

$$T_f = 1521 * (1 + 0.0318)^{20}$$

$$T_f = 2844.72 \text{ veh/h} \approx 2845 \text{ veh/h}$$

Se estima la densidad vehicular actual y futura considerando los valores máximos, se proyecta a 20 años para garantizar que la capacidad vial es suficiente para la electromovilidad.

Cuadro 7. Densidades actuales y futuras de la vía Santa Rosa a Machala

VELOCIDADES Km/h		TRAFICO POR HORA ACTUAL (vehículos x hora)	TRAFICO POR HORA FUTURO (vehículos x hora)	DENSIDAD ACTUAL $\frac{\text{trafico x hora}}{\text{Velocidad}}$	DENSIDAD FUTURA (20 AÑOS)
Mínima	47,40	1521	2845	32.09	60.02
Máxima	118,47	1521	2845	12.84	24.012
Promedio	76,52	1521	2845	19.87	37.18

Fuente: Elaboración Propia

La distancia de separación al transitar en una carretera se obtiene aplicando la regla del cuadrado que es una recomendación empírica [18], en el *cuadro 6*.

Cuadro 8. Distancias de separación en función de la velocidad

VELOCIDADES Km/h		DISTANCIA DE SEPARACIÓN (m) $D = \text{velocidad}^2 / 100$
Mínima	47,40	22.5
Máxima	118,47	140.35
Promedio	76,52	58.55
Percentil 85	75	56.25

Fuente: Elaboración Propia

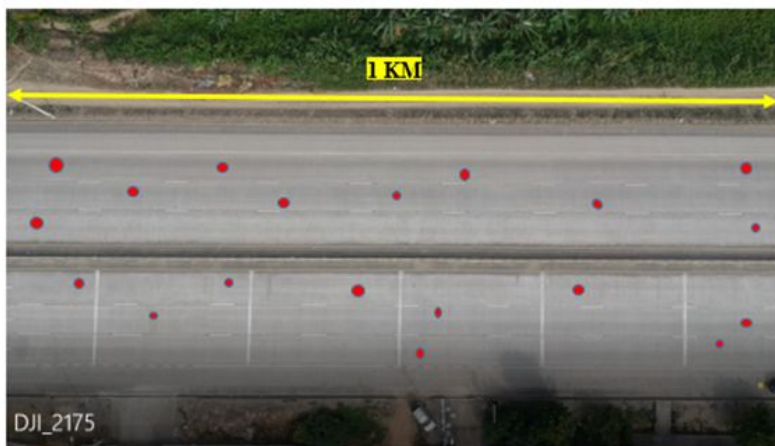
En las *figuras 6 y 7* se observa el aforo vehicular y la representación de la densidad actual de la vía en 1 km.

Figura 6. Resultados del aforo de densidad vehicular en la vía Santa Rosa a Machala

VEH. LIVIANOS (2 EJES SIMPLES)		VEH. PESADOS (2 -3 EJES)			VEH. EXT. PESADOS			Motos	TOTAL
AUTOMOVILES	CAMIONETAS	BUSES PESADO	CAMIONES LIVIANOS	PESADOS	CAMIONES 4 EJES	5 EJES	6 EJES		
									46386
19716	12483	3219	5117	915	1137			3799	

Fuente: J. Freire [16]

Figura 7. Representación de la densidad vehicular en la vía Santa Rosa a Machala



Fuente: Elaboración Propia

Al analizar las densidades se deduce que el crecimiento proyectado a 20 años es aproximadamente el doble del actual; indicando que su servicialidad será deteriorada a la mitad, pero aun así continuará abasteciendo la demanda vehicular.

Esto a su vez indica que es capaz de sustentar a los electrobuses sin perder la fluidez ni prestaciones al tránsito en general; en lo referente a los buses de transporte públicos no se verán severamente afectados ya que contarán con el carril izquierdo para rebasar a los buses BYD con un margen de velocidad de 20 km/h (*diferencia entre 90 km/h bus diésel y 70 km/h bus BYD*)

En términos generales el flujo vehicular expresa un crecimiento constante y lineal, que permite concluir que a las densidades actuales es posible un flujo rápido sin problemas ni restricciones en la separación de velocidad.

2.2.5 Análisis Bus eléctrico vs Bus a diésel.

El transporte público en la ciudad de Machala e interprovincial trabajan con la marca Hino, generalmente con modelos del año o de los últimos 2 años; se establece una comparación en términos de características como; autonomía, emisiones, rendimiento energético, mantenimiento, velocidad e inferencias necesarias al seleccionar cual medio es mejor al solventar la movilidad local.

Cuadro 9. Ficha técnica de un bus a diésel (Machala)

<i>Marca</i>	HINO (Grupo Mavesa Ecuador)
<i>Modelo</i>	FC9JKZS

<i>Potencia</i>	250 Hp a 2500 RPM
<i>Capacidad de carga</i>	10 850 Kg
<i>Velocidad</i>	120 a 140 Km/h
<i>Eficiencia energética</i>	3.2 mpg (millas por galón)

Fuente: Hino Bus, Grupo Mavesa Ecuador

Se efectúa un cuadro comparativo para facilitar el análisis de los dos buses al gestionar la movilidad urbana.

Cuadro 10. Comparativa bus eléctricos contra bus a diésel

CARACTERISTICAS	BUS ELÉCTRICO	BUS A DIESEL
<i>Marca y modelo</i>	BYD modelo K11	HINO, FC9JKZS
<i>Velocidad</i>	70 km/h máxima	120 a 140 km/h
<i>Emisiones</i>	No	Sí
<i>Eficiencia energética</i>	1.3 Kw/h	35 litros/100 km
<i>Costo aproximado</i>	\$ 360 000 USD	\$ 120 000 USD
<i>Mantenimiento</i>	Bajo	Alto (cambio de aceite y a motor)
<i>Autonomía</i>	240 km	Indefinida
<i>Capacidad de carga (máxima)</i>	80 pasajeros	42 pasajeros
<i>Potencia</i>	343 HP	173 HP

Fuente: Elaboración Propia

En términos generales el bus eléctrico no emite gases ni requiere mantenimiento con tanta frecuencia como un bus a diésel, además posee mejores prestaciones en tecnología tanto de conducción como maniobrabilidad.

En lo relacionado a velocidad, evidentemente el bus eléctrico apenas se acopla al promedio de la vía Santa Rosa a Machala; el bus a diésel lo supera fácilmente pese a tener una potencia menor, pero a una mayor capacidad de carga 40 pasajeros más, hablando en cantidades máximas.

Una notoria desventaja es su precio, por ser una tecnología eco amigable y relativamente nueva está en 3 a 1, siendo el bus eléctrico poco viable económicamente.

Desde la perspectiva de la cultura local, un bus eléctrico con estas cualidades no es aplicable a un medio como este, requiere constantes paradas a recargar energías, su velocidad es menor, es decir demora más tiempo, los conductores no están familiarizados con su tecnológica y en general su costo es demasiado elevado; en síntesis, ocasiona molestias a la comunidad por estar circulando por una vía rápida donde los demás vehículos fácilmente podrían rebasar.

Sin embargo, desde el punto de vista de la sostenibilidad el bus eléctrico es una solución al control de la velocidad, además de ser sustentable al no contaminar y suplir el servicio de movilidad, pero requiere una planificación estratégica de los recursos públicos e inclusive nociones políticas para popularizar su implementación a nivel provincial.

2.2.6 Resultados

Una vez seleccionado el bus acorde a las prestaciones técnicas, datos de campo y criterios legales se procede a proponer las medidas necesarias en su implementación futura, tomando tres alternativas en torno a la viabilidad económica, técnica e incidencias en el tráfico de la vía Santa Rosa a Machala, tales suposiciones se detallan a continuación:

1. Diseñar e implementar *carriles extra* para el bus eléctrico, es decir uno para ida y otro para retorno, dicha alternativa es costosa y debe acompañarse de expropiación, compra de terrenos privados, además de tardar en su realización por depender de condiciones ambientales, disponibilidad de fondos u otros percances.
2. Señalizar y *restringir dos carriles* existentes para el bus BYD, es decir que solo el autobús eléctrico pueda transitar libremente por dicha sección de la carretera Santa Rosa-Machala; esto evitaría grandes montos de inversión, pero demanda una aceptación masiva además de limitar dichos carriles para no ser ocupado por otros vehículos.
3. *Circulación libre* del bus BYD modelo k11 sin modificaciones a la vía, pero se debe culturizar a la ciudadanía, socializar la medida e implementar mayores controles de tráfico, como radares de velocidad, foto multa y agentes que vigilen la vía para evitar accidentes; debido a que el factor humano es el condicionante principal en la inseguridad vial por ser una variable psicológica no numérica.

En defensa del criterio expuesto se cita, que el crecimiento del sector del transporte es paralelo a la infraestructura energética, eminentemente demanda un re potenciamiento de la distribución eléctrica para suplir la carga de los buses [16]; así como estaciones para recargar los buses situadas estratégicamente; por lo cual su viabilidad debe estudiarse en forma sistemática, sin dejar nada al azar.

Al analizar las tres soluciones, se destaca que la mejor es la *circulación libre* adecuado a las características del bus eléctrico BYD modelo K11.

Figura 6. Circulación libre de Buses eléctricos en Ciudad de Cuenca



Fuente: Cuenca, una ciudad que se suma a la ola del transporte eléctrico, El Telégrafo

3. CONCLUSIONES:

La revisión bibliográfica indica que la electromovilidad es una solución viable al problema del exceso de velocidad, mejorando la seguridad e integridad del transporte público en forma sostenible, por ser de cero emisiones de gases contaminantes.

El aforo de velocidades, indica que la velocidad promedio de circulación en la vía Santa Rosa a Machala es de 76.52 km/h en un tránsito vehicular libre; por lo cual un bus eléctrico factible debe alcanzar al menos los 70 km/h.

Los buses eléctricos tienen mejores prestaciones energéticas y ecológicas que los buses a diésel, pero su velocidad es notablemente menor a un mayor costo económico lo cual

dificulta su implementación, desde una perspectiva política y cultural por exigir mayores inversiones a menor rendimiento en movilidad en términos de tiempo.

Los resultados del aforo expresan que la relación entre velocidad y densidad es inversamente proporcional, teniendo una proyección del doble en términos de TPDA a 20 años de periodo de diseño (1521 veh. en 2020 a 2845 veh. en 2040), de acuerdo al espacio y distribución vehicular en la vía es posible implementar actualmente la electromovilidad en la ruta Santa Rosa – Machala (incluyendo sus obras paralelas como lo son las estaciones de carga), sin perjudicar significativamente el tráfico convencional de combustión interna. El mejor vehículo para implementar la electromovilidad en la vía Machala – Santa Rosa es el *bus BYD* (por su autonomía, velocidad máxima y cantidad de pasajeros) en un sistema de *circulación libre*, dado que no implica costos de implementación o ajustes a la autopista.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

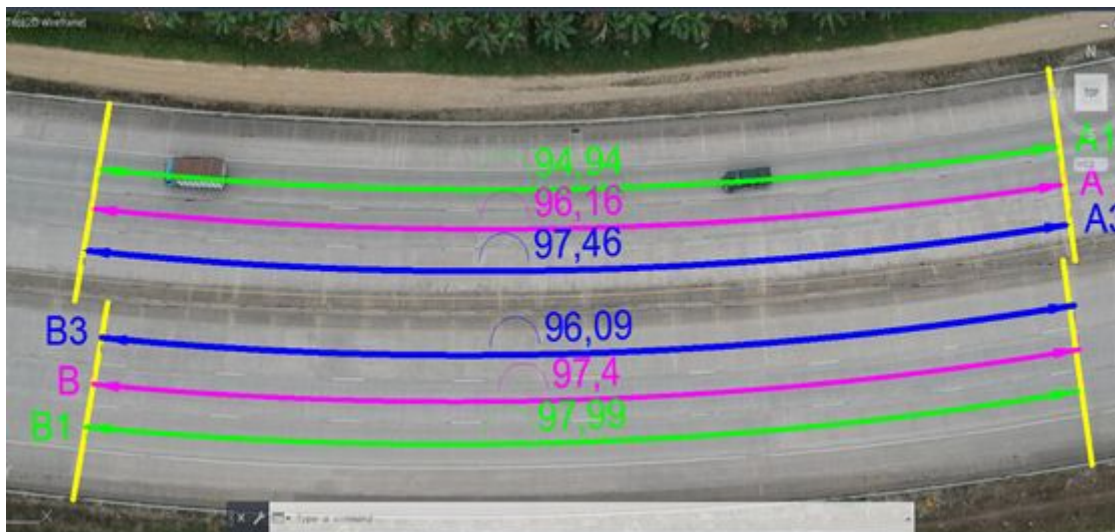
- [1] A. Bejarano Castellanos, M. F. Serrano Guzmán y D. D. Pérez Ruiz, «Estrategia de reflexión para enseñanza de proyectos de construcción en Ingeniería Civil,» *ALTERIDAD. Revista de Educación*, vol.14 no.1, pp. 122-137, 2019.
- [2] J.-R. Quintero-González, «Del concepto de ingeniería de tránsito al de movilidad urbana sostenible,» *Ambiente y Desarrollo, Bogotá (Colombia)*, vol. XXI, nº 40, pp. 57-72, 2017.
- [3] C. M. P. Cortés, «Educación vial en la era digital: cultura vial y educación permanente,» *Diàlogos sobre Educaciòn*, vol. 8, nº 15, pp. 1-14, 2017.
- [4] Y. V. Narváez, B. Z. González y L. R. Ramos, «Siniestralidad vial en la frontera norte de Tamaulipas. Enfoque en los procesos administrativos de control,» *Estudios Fronterizos*, vol. 18, nº 36, pp. 1-24, 2017.
- [5] R. V. Alberto, V. G. Carlos, G. M. Jesús y O. C. Manuel1, «Implicaciones Energéticas y Medio Ambientales de la Integración de Autobuses Eléctricos en el Sistema de Transporte Urbano de la Ciudad de Ambato,» *Revista Politécnica*, vol. 42, nº 1, p. 25 A 36, 2018.
- [6] BYD Build You Dreams (BYD e-Motors Ecuador), «BUS ELÉCTRICO K9G,» 2018. [En línea]. Available: <https://bydelectrico.com/buses-electricos/bus-electrico-k9/>. [Último acceso: Enero 2020].
- [7] Irizar e-mobility, «Irizar I2e,» Grupo Irizar, Guipuzcoana de Ormaiztegi , 2017.

- [8] A. Rodríguez Jiménez y A. O. Pérez Jacinto, «Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento,» *Revista Escuela de Administración de Negocios*, n° 82, pp. 1-26, 2017.
- [9] S. G. Martín y V. Lafuente, «Referencias bibliográficas: indicadores para su evaluación en trabajos científicos,» *Investigación bibliotecológica*, vol. 31, n° 71, pp. 151-180, 2017.
- [10] M. T. P. A. Castillo, M. L. B. C. Benítez y M. J. G. S. Pereira, «DESARROLLO SOSTENIBLE Y EVOLUCIÓN DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL EN LAS MIPYMES,» *Universidad y Sociedad*, vol. 9, n° 1, pp. 91-99, 2017.
- [11] R. Vazquez Cruz, «Clasificación de datos,» de *Estadística elemental: primera parte*, UPR, 1987, p. 230.
- [12] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN INEN, «SEÑALIZACIÓN VIAL. PARTE 2: SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL,» REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN: 2011, QUITO, 2012.
- [13] SEGURIDAD VIAL SES, «Los límites de velocidad en el Ecuador,» Safety Enforcement Seguridad Vial S.A. (SES), Quito, 2018.
- [14] J. Freire, «Conteo Vehicular en la vía Santa Rosa a Machala,» Universidad Técnica de Machala, Machala, 2020.
- [15] F. CEA, «Distancia de seguridad entre vehículos,» Congreso Mundial de Tráfico, 2020. [En línea]. Available: <https://www.seguridad-vial.net/conduccion/reglas-circulacion/66-distancia-de-seguridad>. [Último acceso: Febrero 2020].
- [16] J. A. Castaño, A. E. Diez y D. P. Giraldo, «Análisis del Consumo Energético de un Sistema de Transporte Público de Pasajeros con Tracción Eléctrica desde una Perspectiva Sistémica,» *Información tecnológica*, vol. 29, n° 1, pp. 147-160, 2018.
- [17] Y. García-Ramírez, B. Zárate, S. Segarra y J. González, «Variación Diaria y Horaria de la Velocidad de Operación en Carreteras Rurales de Dos Carriles en el Cantón Loja,» *Revista Politécnica*, vol. 40, n° 1, pp. 1-7, 2017.
- [18] P. Z. Ávila, «La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad,» *Tabula Rasa*, n° 28, pp. 409-423, 2018.
- [19] P. V. J. PEDRO, «ANÁLISIS DEL TRÁFICO VEHICULAR EN LA AV. LA FERROVIARIA DESDE EL DISTRIBUIDOR DE TRÁFICO (TREN) HASTA LA PARROQUIA EL CAMBIO,» UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL , MACHALA - EL ORO, 2015.

- [20] Vialidad Nacional, «Ministerio de Obras Públicas de la Nación (Argentina),» 2016. [En línea]. Available: http://transito.vialidad.gov.ar:8080/web_ns/metodologia2.jsp. [Último acceso: Enero 2020].
- [21] El Telegrafo, «Cuenca, una ciudad que se suma a la ola del transporte eléctrico,» 18 Septiembre 2018.
- [22] HINO , «Hino Bus Serie Euro 3,» Grupo Mavesa Ecuador, Guayaquil, 2020.
- [23] EL UNIVERSO, «Tasa de fallecidos por accidentes de tránsito en Ecuador ha aumentado en el 2018,» Agosto 2018. [En línea]. Available: <https://www.eluniverso.com/noticias/2018/08/17/nota/6908768/tasa-mortalidad-accidentes-transito-ecuador-ha-aumentado-2018>. [Último acceso: Febrero 2020].
- [24] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, «Accidentes de tránsito,» Diciembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>. [Último acceso: Febrero 2020].

5. ANEXOS

Anexo 1. Distancia recorrida por los vehículos aforados mediante Drone

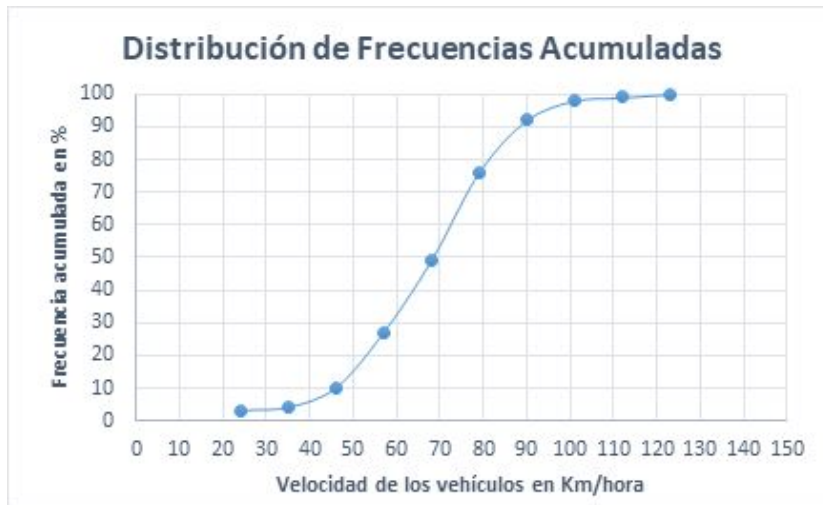


Anexo 2. Visión del tráfico promedio en la vía Santa Rosa a Machala

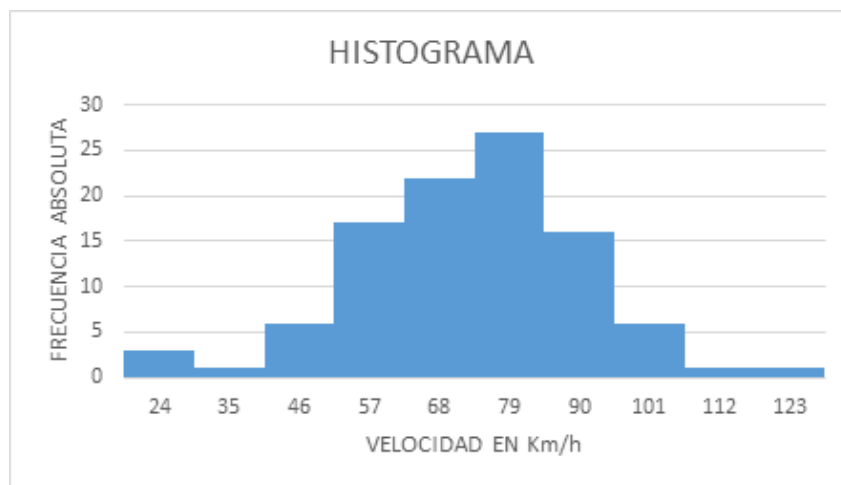


Nc	Intervalo Clase		Marca clase	Frecuencia absoluta	Frecuencia acumulada		Velocidad Media		
	li	Ls	ui	fi	F	fui	u	(ui-u) ²	fi * (ui-u) ²
1	19	30	24	3	3	73	$\bar{u} = \frac{\sum f_{ui}}{\sum f_i}$	2364	7092
2	30	41	35	1	4	35		1415	1415
3	41	52	46	6	10	277		709	4252
4	52	63	57	17	27	973		244	4148
5	63	74	68	22	49	1501		21	470
6	74	85	79	27	76	2139		41	1099
7	85	96	90	16	92	1443		302	4833
8	96	107	101	6	98	607		805	4833
9	107	118	112	1	99	112		1551	1551
10	118	129	123	1	100	123		2538	2538
				100		7284	73	9990	32230

Anexo 3. Tabla de distribución de frecuencias en las velocidades aforadas



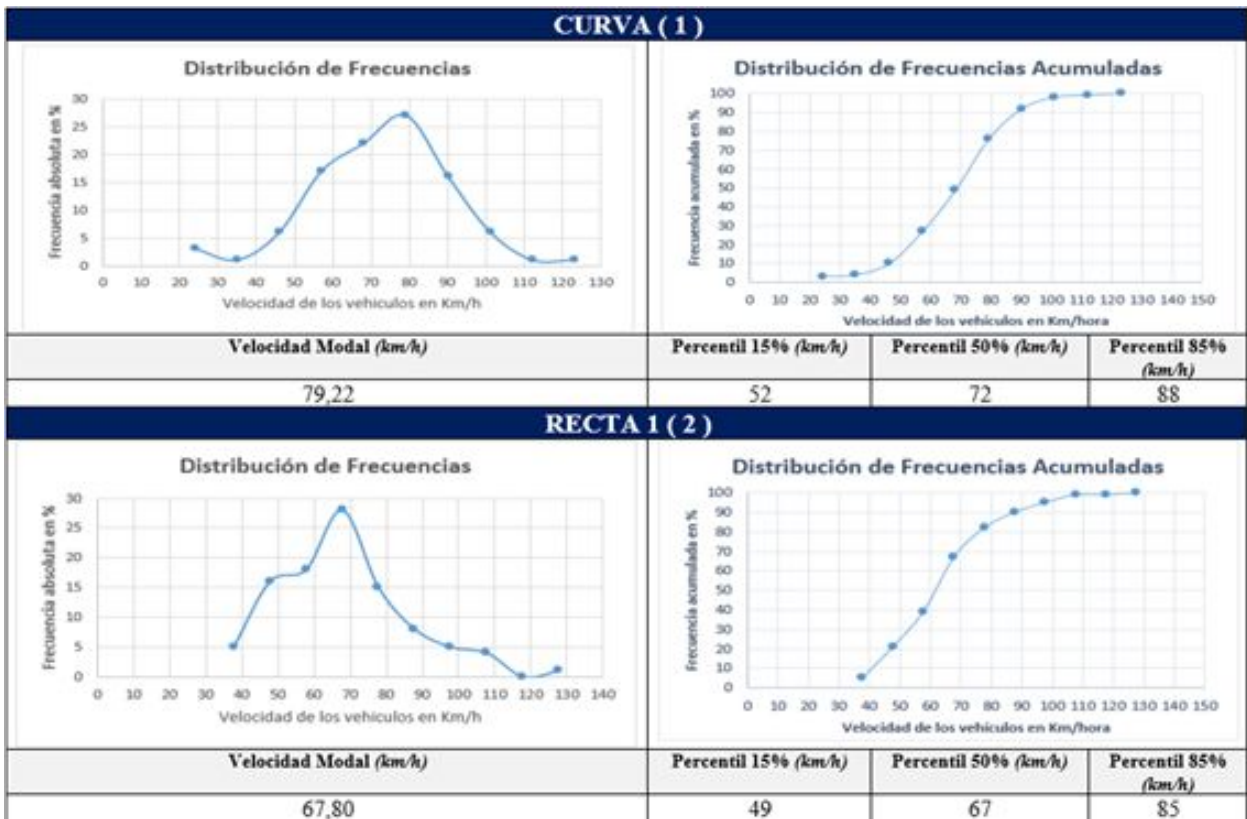
Anexo 4. Curva de frecuencias acumuladas del aforo de velocidades



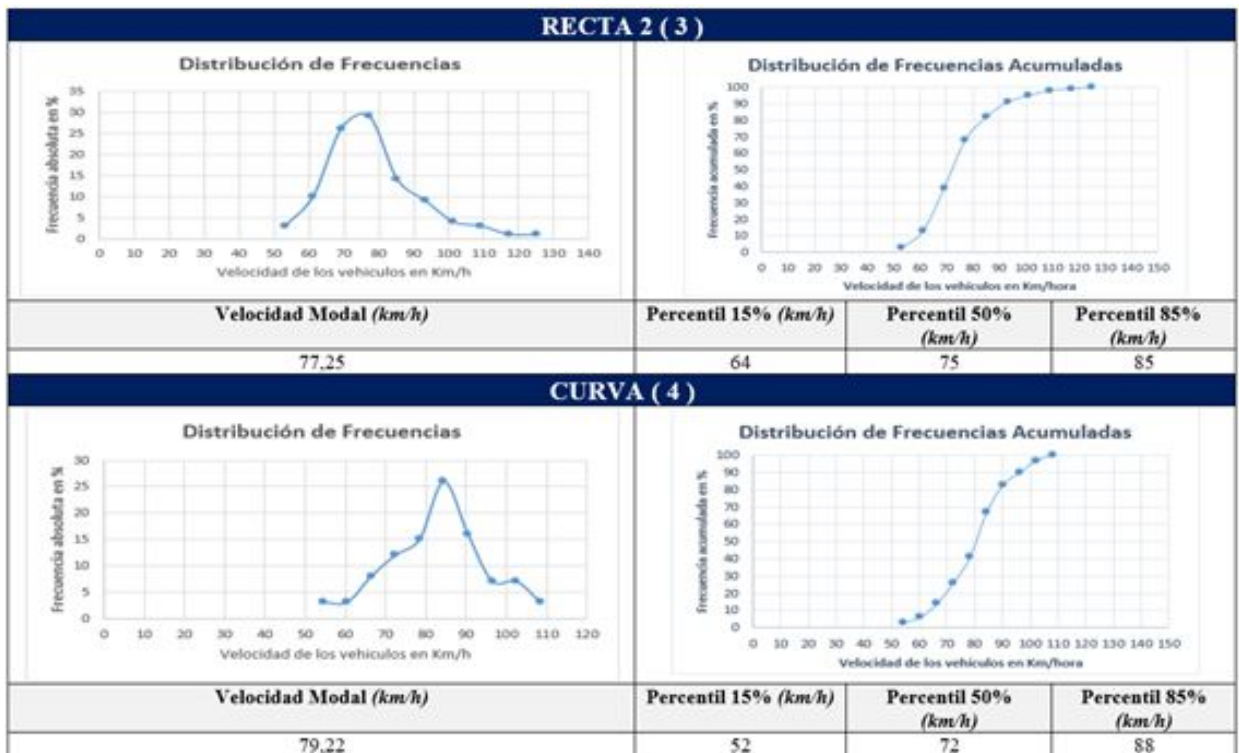
Anexo 5. Histograma de velocidades acorde a la frecuencia absoluta

VEHICULO	Distancia (m)	Conversión (km/h)	VEHICULO	Distancia (m)	Conversión (km/h)
1	97,99	70,55			
2	94,94	72,72	32	97,99	78,98
3	94,94	95,83	33	97,99	86,04
4	97,99	52,91	34	97,99	86,75
5	97,99	58,15	35	94,94	93,21
6	94,94	91,55	36	94,94	84,05
7	94,94	86,89	37	94,94	66,58
8	97,99	66,14	38	94,94	87,64
9	97,99	62,25	39	94,94	85,45
10	97,99	68,28	40	97,99	48,32
11	94,94	78,87	41	94,94	73,24
12	94,94	42,20	42	97,99	60,82
13	94,94	76,52	43	97,99	57,83
14	97,99	51,13	44	94,94	86,89
15	94,94	66,15	45	97,99	52,39
16	94,94	22,39	46	94,94	50,26
17	94,94	23,04	47	94,94	75,95
18	94,94	23,15	48	94,94	82,03
19	94,94	69,75	49	97,99	74,53
20	94,94	67,90	50	94,94	88,39
21	94,94	69,28	51	94,94	79,48
22	94,94	54,83	52	97,99	71,03
23	94,94	87,64	53	94,94	53,97
24	97,99	83,33	54	97,99	50,88
25	94,94	64,49	55	94,94	61,40
26	97,99	94,49	56	97,99	63,75
27	94,94	53,68	57	94,94	47,69
28	94,94	90,74	58	94,94	96,73
29	94,94	84,05	59	94,94	83,36
30	97,99	85,35	60	94,94	55,13

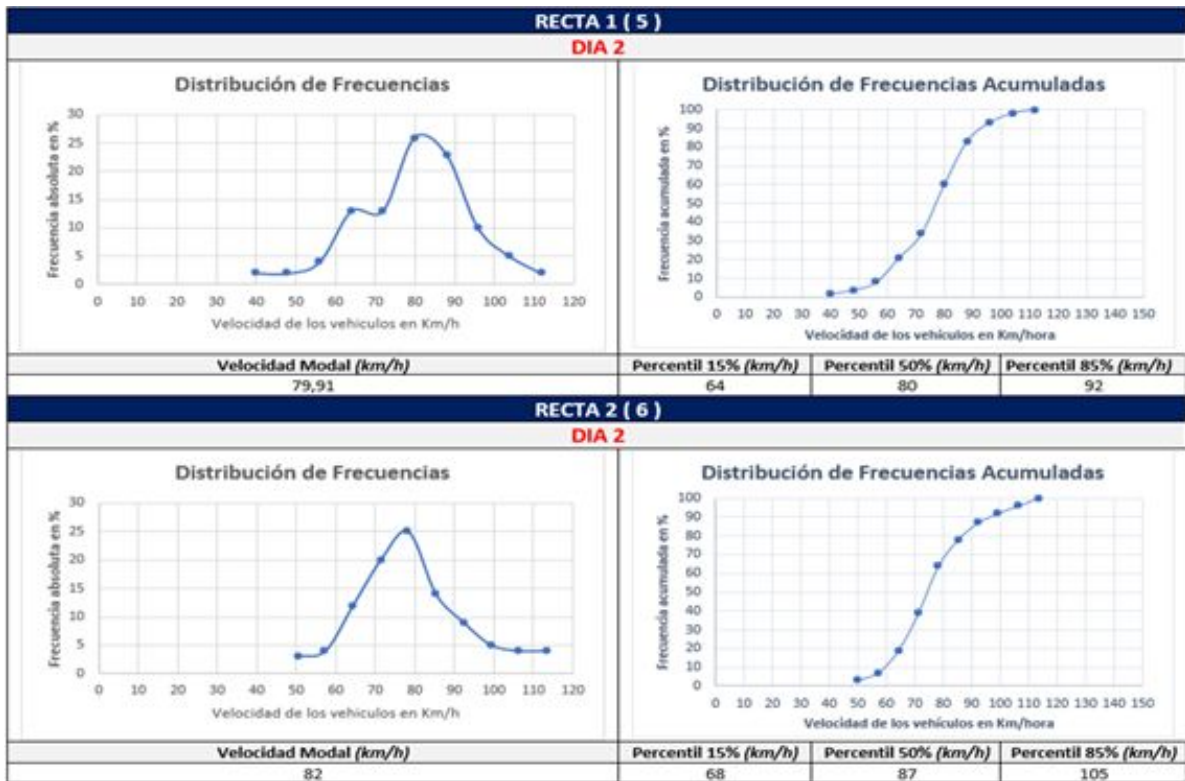
VEHICULO	Distancia (m)	Conversión (km/h)	VEHICULO	Distancia (m)	Conversión (km/h)
61	94,94	68,36	91	94,94	86,16
62	94,94	73,24	92	94,94	102,54
63	94,94	36,36	93	97,99	97,99
64	94,94	52,85	94	94,94	86,16
65	94,94	76,52	95	97,99	74,01
66	97,99	71,03	96	94,94	79,48
67	94,94	77,68	97	94,94	73,77
68	94,94	59,96	98	97,99	102,75
69	94,94	79,48	99	94,94	77,09
70	97,99	67,41	100	94,94	75,95
71	94,94	79,48			
72	97,99	59,45			
73	94,94	72,72			
74	94,94	58,26			
75	97,99	104,78			
76	94,94	78,27			
77	94,94	76,52			
78	94,94	125,04			
79	94,94	116,52			
80	97,99	52,13			
81	94,94	72,72			
82	94,94	71,21			
83	97,99	59,79			
84	94,94	80,11			
85	94,94	71,70			
86	97,99	72,99			
87	94,94	82,03			
88	94,94	86,16			
89	97,99	82,68			
90	94,94	76,52			



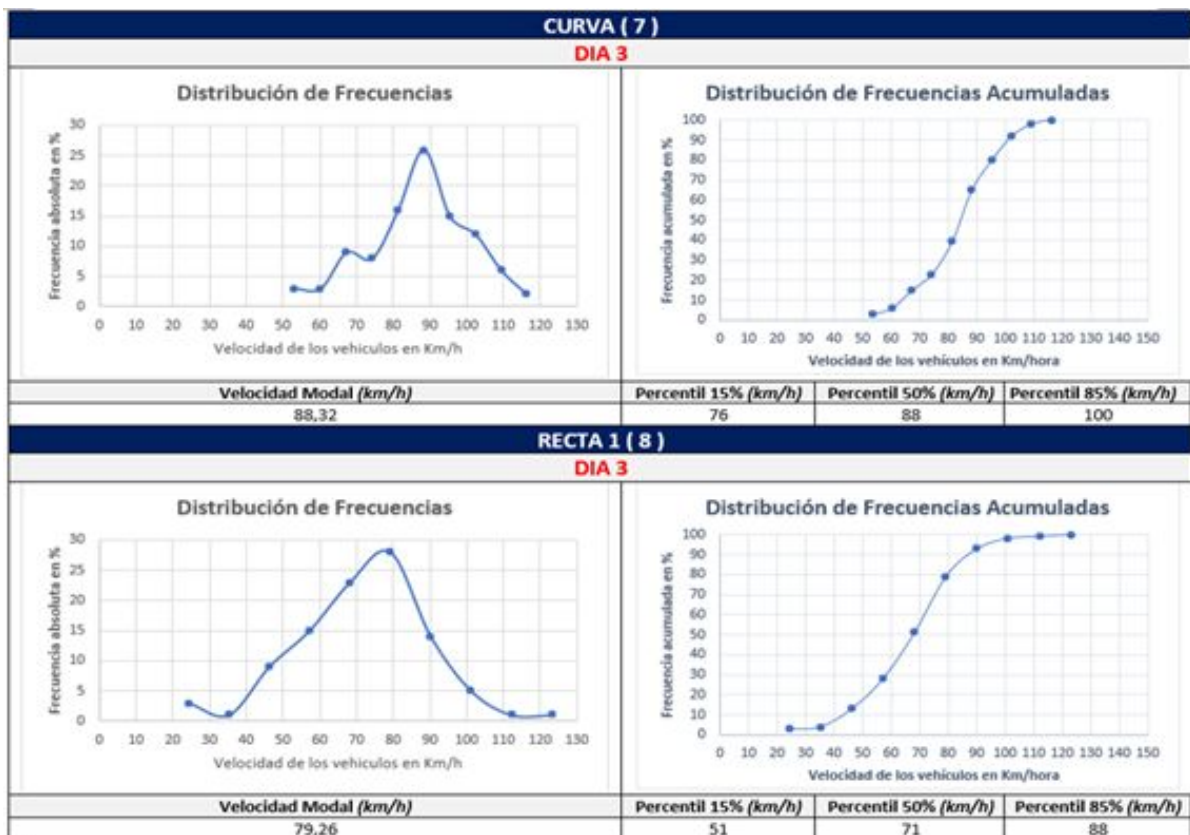
Anexo 7. Velocidad modal e indicadores estadísticos de la curva y recta 1 en el día 1.



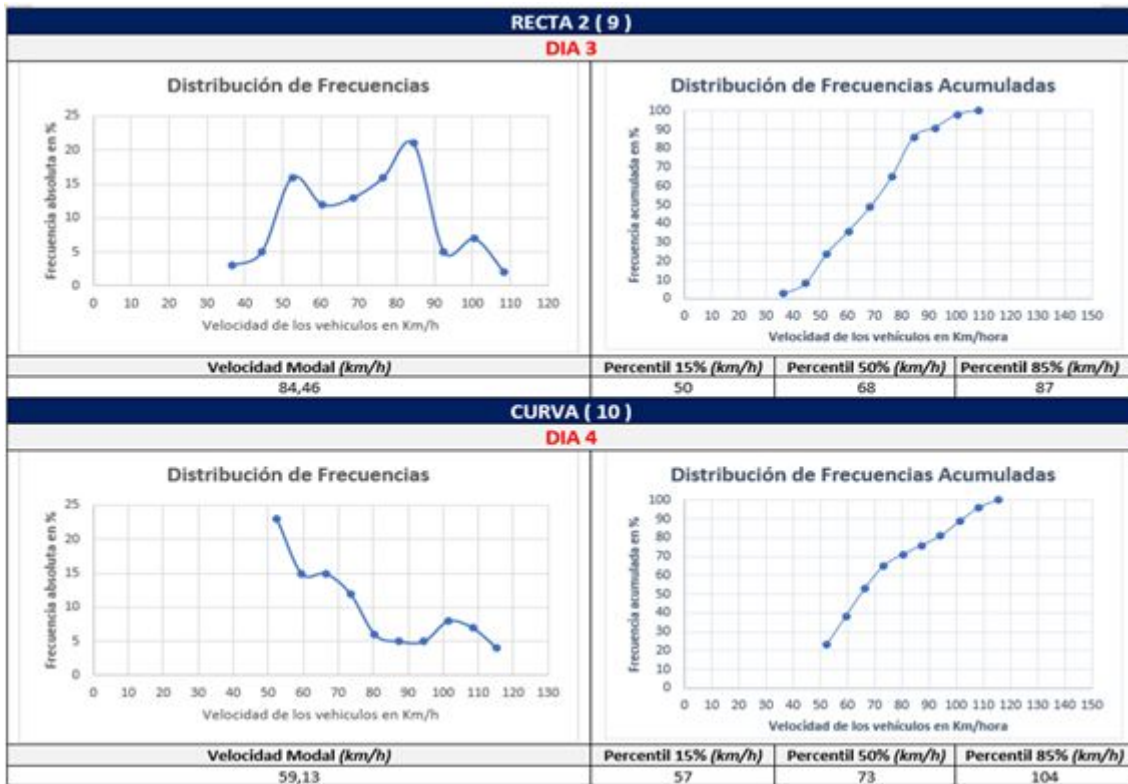
Anexo 8. Velocidad modal e indicadores estadísticos de la recta 2 y curva en el día 1.



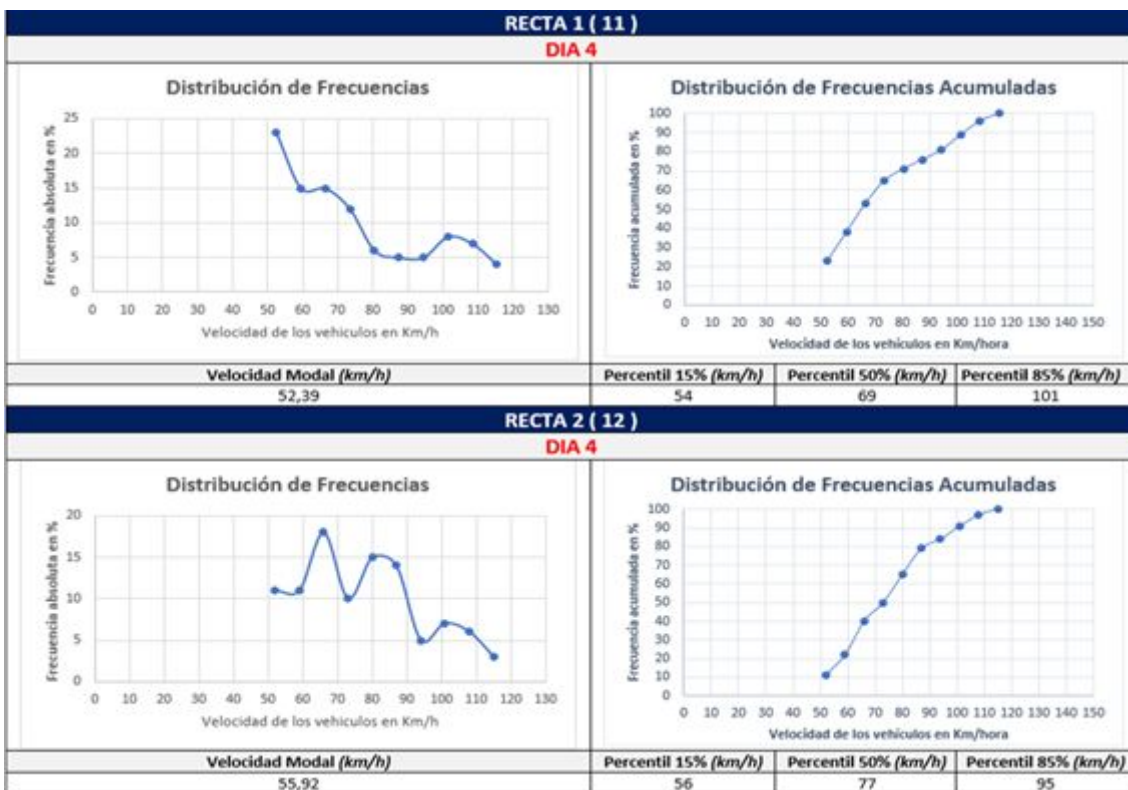
Anexo 9. Velocidad modal e indicadores estadísticos de la recta 1 y 2 en el día 2.



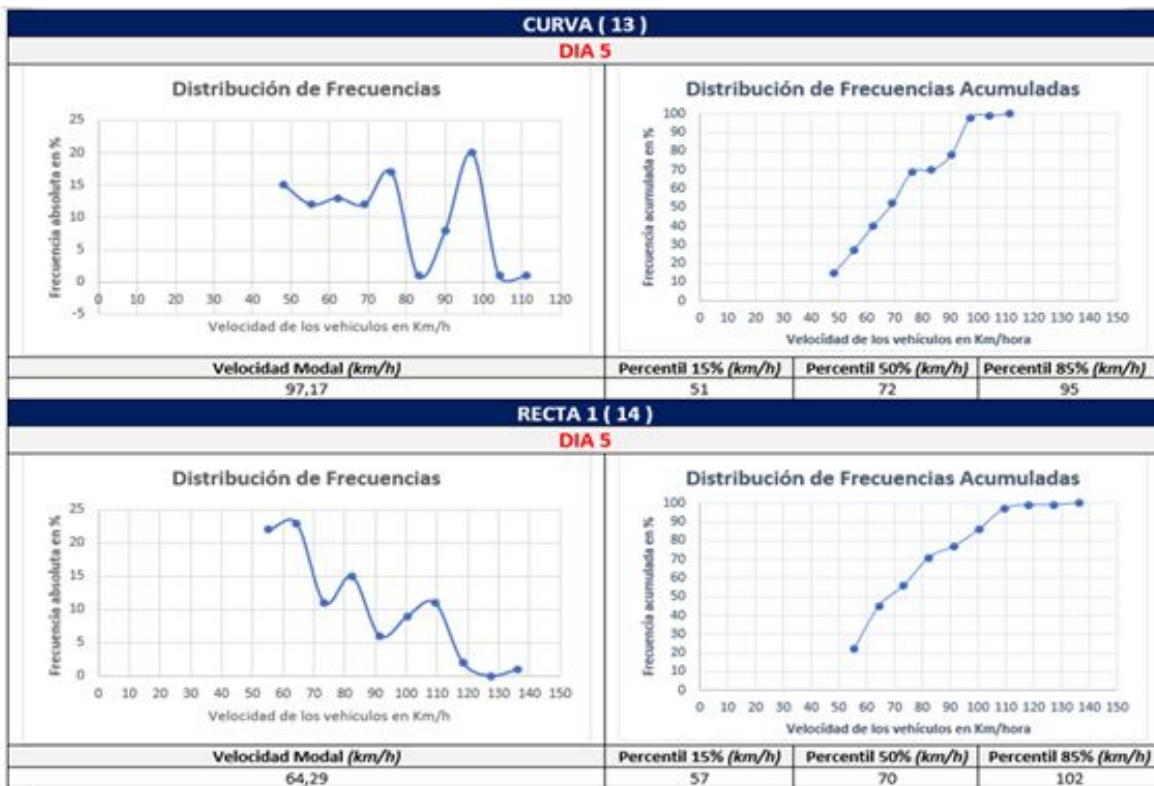
Anexo 10. Velocidad modal e indicadores estadísticos de la curva y recta 1 en el día 3.



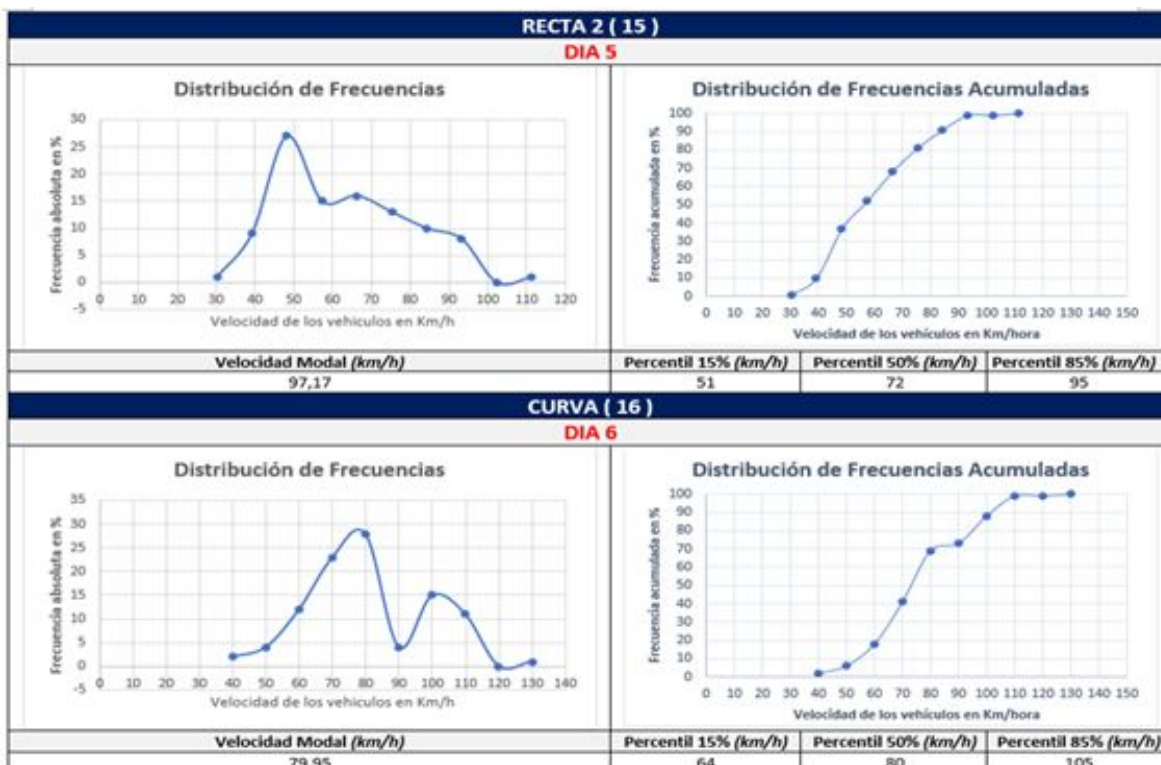
Anexo 11. Velocidad modal e indicadores estadísticos de la recta 2 y curva en el día 4.



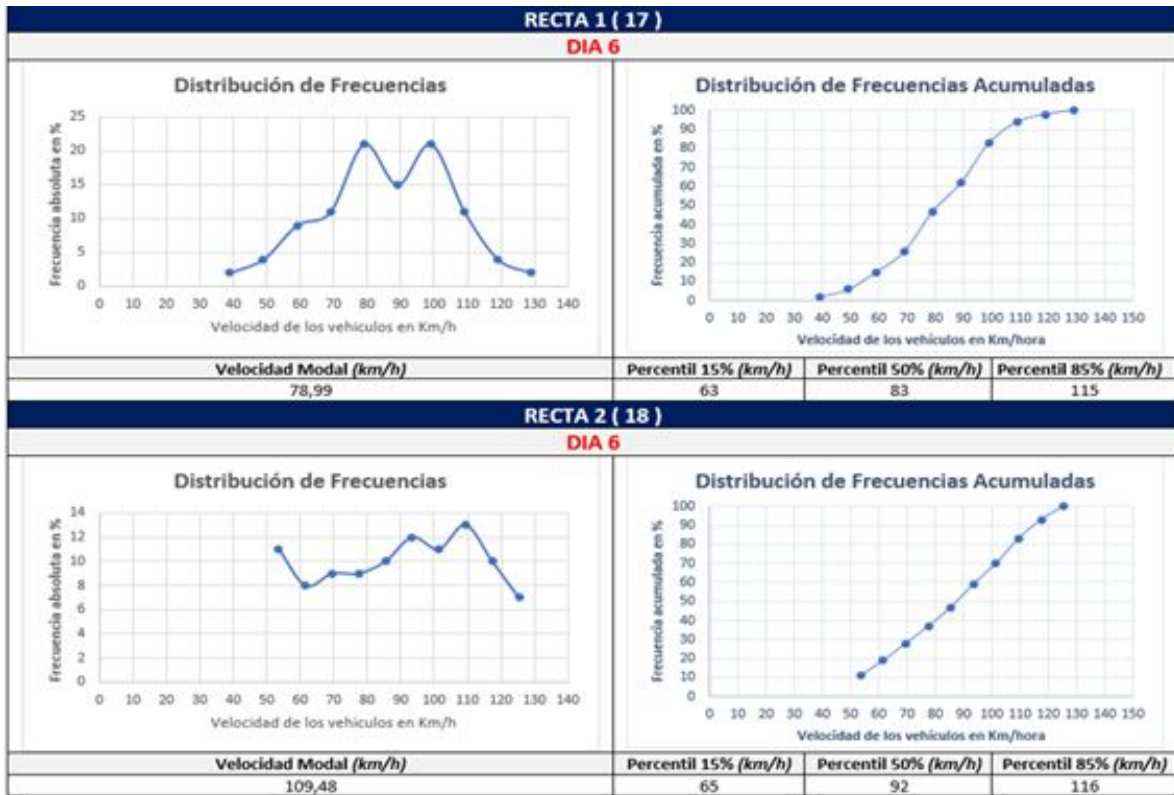
Anexo 12. Velocidad modal e indicadores estadísticos de la recta 1 y 2 en el día 4.



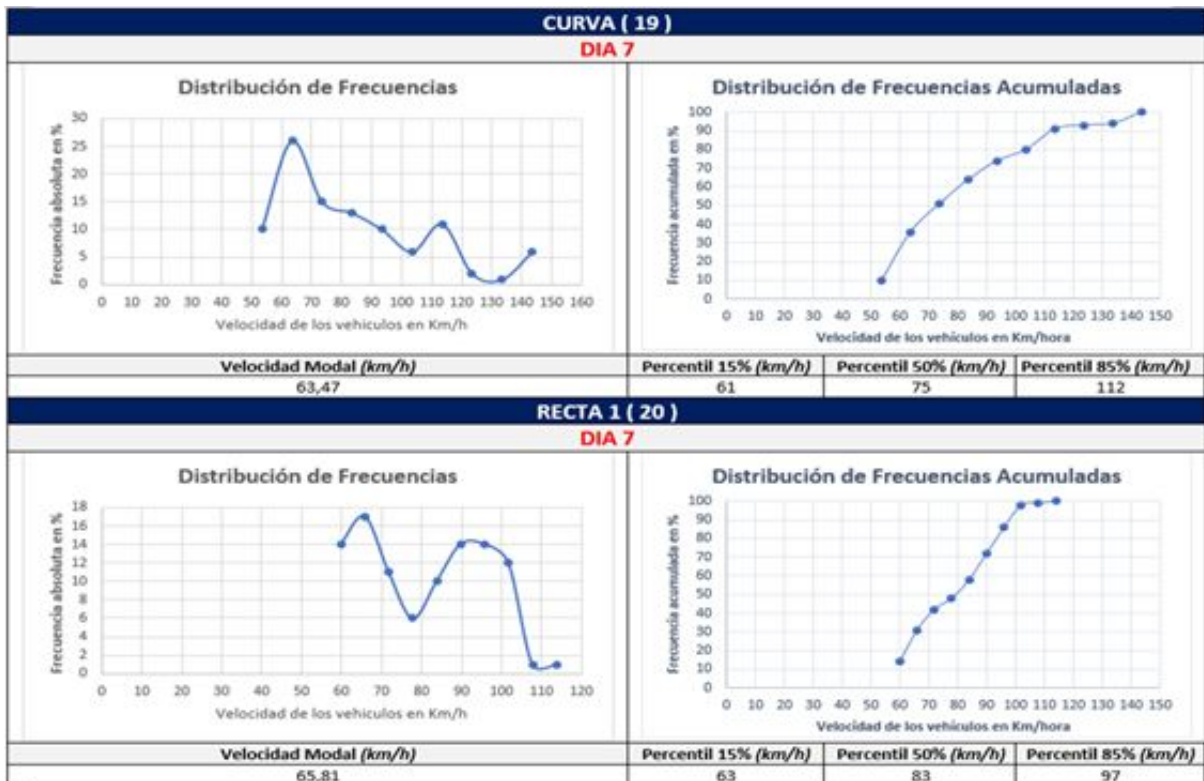
Anexo 13. Velocidad modal e indicadores estadísticos de la curva y recta 1 en el día 5.



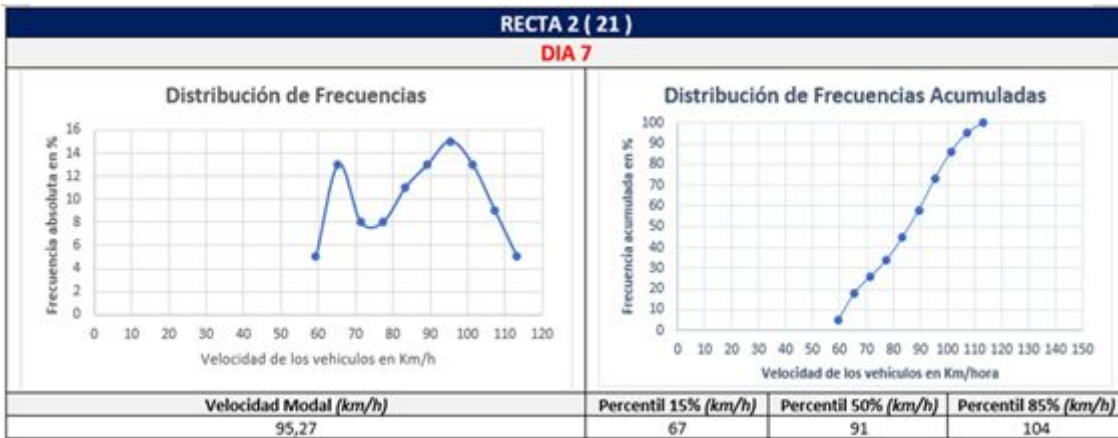
Anexo 14. Velocidad modal e indicadores estadísticos de la recta 2 y curva en el día 6.



Anexo 15. Velocidad modal e indicadores estadísticos de la recta 1 y 2 en el día 6.



Anexo 16. Velocidad modal e indicadores estadísticos de la curva y recta 1 en el día 7.



Anexo 17. Velocidad modal e indicadores estadísticos de la recta 2 en el día 7.

HORA	TOTAL por hora	
Lunes	7:00	1442
	8:00	1273
	9:00	1165
	10:00	1164
	11:00	1191
	12:00	1247
	13:00	1107
	14:00	1299
	15:00	1263
	16:00	1277
	17:00	1305
	18:00	1351

HORA		TOTAL, por hora
Martes	7:00	1237
	8:00	1160
	9:00	1052
	10:00	1051
	11:00	1078
	12:00	1134
	13:00	994
	14:00	1186
	15:00	1150
	16:00	1164
	17:00	1191
	18:00	1237

HORA		TOTAL, por hora
Miércoles	7:00	1334
	8:00	1221
	9:00	1133
	10:00	1149
	11:00	1193
	12:00	1136
	13:00	1195
	14:00	1218
	15:00	1265
	16:00	1279
	17:00	1307
	18:00	1353

Anexo 18. Cuento de tráfico por hora en la vía Santa Rosa a Machala de lunes a miércoles.

HORA		TOTAL por hora
Jueves	7:00	1339
	8:00	1274
	9:00	1166
	10:00	1165
	11:00	1192
	12:00	1248
	13:00	1108
	14:00	1300
	15:00	1264
	16:00	1278
	17:00	1306
	18:00	1352

HORA		TOTAL por hora
Viernes	7:00	1410
	8:00	1285
	9:00	1177
	10:00	1176
	11:00	1203
	12:00	1259
	13:00	1119
	14:00	1311
	15:00	1275
	16:00	1269
	17:00	1296
	18:00	1340

Anexo 19. Conteo de tráfico por hora en la vía Santa Rosa a Machala de jueves a viernes

HORA	TOTAL por hora	
Sábado	7:00	1348
	8:00	1288
	9:00	1180
	10:00	1102
	11:00	1206
	12:00	1239
	13:00	1266
	14:00	1231
	15:00	1278
	16:00	1292
	17:00	1320
	18:00	1366

HORA	TOTAL por hora	
Domingo	7:00	1344
	8:00	1275
	9:00	1167
	10:00	1166
	11:00	1193
	12:00	1249
	13:00	1109
	14:00	1301
	15:00	1265
	16:00	1290
	17:00	1318
	18:00	1365

Anexo 20. Conteo de tráfico por hora en la vía Santa Rosa a Machala durante el día sábado y domingo

PROVINCIAS	SINIESTROS		
	2018	2019	% INCREMENTO O DISMINUCIÓN
AZUAY	1,528	1,249	(18.26)
BOLIVAR	127	134	5.51
CAÑAR	102	80	(21.57)
CARCHI	68	87	27.94
CHIMBORAZO	702	585	(16.67)
COTOPAXI	113	121	7.08
EL ORO	434	519	19.59
ESMERALDAS	146	191	30.82
GALAPAGOS	6	6	0.00
GUAYAS	8,619	9,346	8.43
IMBABURA	358	387	8.10
LOJA	527	624	18.41
LOS RÍOS	837	968	15.65
MANABÍ	1,173	1,720	46.63

MORONA SANTIAGO	158	134	(15.19)
NAPO	82	64	(21.95)
ORELLANA	118	71	(39.83)
PASTAZA	55	37	(32.73)
PICHINCHA	7,599	4,977	(34.50)
SANTA ELENA	571	601	5.25
SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS	639	1,186	85.60
SUCUMBÍOS	73	73	0.00
TUNGURAHUA	1,407	1,369	(2.70)
ZAMORA CHINCHIPE	88	66	(25.00)
TOTAL SINIESTROS	25,530	24,595	(0.04)

Anexo 21. Siniestros acumulado Enero – Diciembre 2018 vs Enero – Diciembre 2019

Fuente:

<https://www.ant.gob.ec/index.php/ley-de-transparencia/ley-de-transparencia-2020/file/7011-siniestralidad-ene-dic-2019>

No	Distancia (m)	Tiempo (s)	Vel (m/s)	Vel (KPH)
1	97.99	5.00	19.60	70.55
2	94.94	4.70	20.20	72.72
3	94.94	3.57	26.62	95.83
4	97.99	6.67	14.70	52.91
5	97.99	6.07	16.15	58.15
6	94.94	3.73	25.43	91.55
7	94.94	3.93	24.14	86.89
8	97.99	5.33	18.37	66.14
9	97.99	5.67	17.29	62.25
10	97.99	5.17	18.97	68.28
11	94.94	4.33	21.91	78.87
12	94.94	8.10	11.72	42.20
13	94.94	4.47	21.26	76.52
14	97.99	6.90	14.20	51.13
15	94.94	5.17	18.38	66.15
16	94.94	15.27	6.22	22.39

No.	Distancia (m)	Tiempo (s)	Vel (m/s)	Vel (KPH)
51	94.94	4.30	22.08	79.48
52	97.99	4.97	19.73	71.03
53	94.94	6.33	14.99	53.97
54	97.99	6.93	14.13	50.88
55	94.94	5.57	17.06	61.40
56	97.99	5.53	17.71	63.75
57	94.94	7.17	13.25	47.69
58	94.94	3.53	26.87	96.73
59	94.94	4.10	23.16	83.36
60	94.94	6.20	15.31	55.13
61	94.94	5.00	18.99	68.36
62	94.94	4.67	20.34	73.24
63	94.94	9.40	10.10	36.36
64	94.94	6.47	14.68	52.85
65	94.94	4.47	21.26	76.52
66	97.99	4.97	19.73	71.03

17	94.94	14.83	6.40	23.04
18	94.94	14.77	6.43	23.15
19	94.94	4.90	19.38	69.75
20	94.94	5.03	18.86	67.90
21	94.94	4.93	19.24	69.28
22	94.94	6.23	15.23	54.83
23	94.94	3.90	24.34	87.64
24	97.99	4.23	23.15	83.33
25	94.94	5.30	17.91	64.49

67	94.94	4.40	21.58	77.68
68	94.94	5.70	16.66	59.96
69	94.94	4.30	22.08	79.48
70	97.99	5.23	18.72	67.41
71	94.94	4.30	22.08	79.48
72	97.99	5.93	16.52	59.45
73	94.94	4.70	20.20	72.72
74	94.94	5.87	16.18	58.26
75	97.99	3.37	29.11	104.78

No	Distancia (m)	Tiempo (s)	Vel (m/s)	Vel (KPH)
26	97.99	3.73	26.25	94.49
27	94.94	6.37	14.91	53.68
28	94.94	3.77	25.21	90.74
29	94.94	4.07	23.35	84.05
30	97.99	4.13	23.71	85.35
31	97.99	4.57	21.46	77.25

No.	Distancia (m)	Tiempo (s)	Vel (m/s)	Vel (KPH)
76	94.94	4.37	21.74	78.27
77	94.94	4.47	21.26	76.52
78	94.94	2.73	34.73	125.04
79	94.94	2.93	32.37	116.52
80	97.99	6.77	14.48	52.13
81	94.94	4.70	20.20	72.72

32	97.99	4.47	21.94	78.98	82	94.94	4.80	19.78	71.21
33	97.99	4.10	23.90	86.04	83	97.99	5.90	16.61	59.79
34	97.99	4.07	24.10	86.75	84	94.94	4.27	22.25	80.11
35	94.94	3.67	25.89	93.21	85	94.94	4.77	19.92	71.70
36	94.94	4.07	23.35	84.05	86	97.99	4.83	20.27	72.99
37	94.94	5.13	18.49	66.58	87	94.94	4.17	22.79	82.03
38	94.94	3.90	24.34	87.64	88	94.94	3.97	23.93	86.16
39	94.94	4.00	23.74	85.45	89	97.99	4.27	22.97	82.68
40	97.99	7.30	13.42	48.32	90	94.94	4.47	21.26	76.52
41	94.94	4.67	20.34	73.24	91	94.94	3.97	23.93	86.16
42	97.99	5.80	16.89	60.82	92	94.94	3.33	28.48	102.54
43	97.99	6.10	16.06	57.83	93	97.99	3.60	27.22	97.99
44	94.94	3.93	24.14	86.89	94	94.94	3.97	23.93	86.16
45	97.99	6.73	14.55	52.39	95	97.99	4.77	20.56	74.01
46	94.94	6.80	13.96	50.26	96	94.94	4.30	22.08	79.48
47	94.94	4.50	21.10	75.95	97	94.94	4.63	20.49	73.77
48	94.94	4.17	22.79	82.03	98	97.99	3.43	28.54	102.75

49	97.99	4.73	20.70	74.53	99	94.94	4.43	21.42	77.09
50	94.94	3.87	24.55	88.39	100	94.94	4.50	21.10	75.95

Anexo 22. Tabla de datos tomados en campo aforo velocidad muestra 1