



## **Propuesta de diseño de rampa de emergencia de frenado en la vía Pifo- Papallacta**

Tacuri Saraguro, Jonathan David

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

Msc. Romero Flores, Alex Patricio Eduardo

10 de Febrero del 2023



CERTIFICADO DE ANÁLISIS  
magister

# TESIS TACURI JONATHAN, FINAL (ANTIPLAGIO)111111

3%  
Similitudes



< 1% Texto entre comillas  
0% similitudes entre comillas  
< 1% Idioma no reconocido

Nombre del documento: TESIS TACURI JONATHAN, FINAL  
(ANTIPLAGIO)111111.docx  
ID del documento: bd8e0b36279c43ec74c1a04da92368ed5d8bceb9  
Tamaño del documento original: 8,6 Mo

Depositante: MARCO VINICIO MASABANDA CAISAGUANO  
Fecha de depósito: 10/2/2023  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 10/2/2023

Número de palabras: 23.012  
Número de caracteres: 136.579

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>Documento de otro usuario</b> #919f73 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (43 palabras)
2	<b>dof.gob.mx   DOF - Diario Oficial de la Federación</b> <a href="https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5676872&amp;fecha=13/01/2023">https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5676872&amp;fecha=13/01/2023</a> 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (88 palabras)
3	<b>normas.imt.mx</b> <a href="https://normas.imt.mx/normativa/n-pry-car-10-04-007-07.pdf">https://normas.imt.mx/normativa/n-pry-car-10-04-007-07.pdf</a> 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (72 palabras)
4	<b>Documento de otro usuario</b> #0ec0b El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (27 palabras)
5	<b>dspace.ups.edu.ec   Propuesta de diseño de una zona de frenado de emergencia en...</b> <a href="http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21430/1/UPS-CT009418.pdf">http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21430/1/UPS-CT009418.pdf</a> 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (56 palabras)

## Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>Documento de otro usuario</b> #4685c6 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (19 palabras)
2	<b>Documento de otro usuario</b> #1c5f62 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (21 palabras)
3	<b>Documento de otro usuario</b> #5daa77 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (12 palabras)
4	<b>dspace.ups.edu.ec   Diseño definitivo de la Avenida "Padre Carollo" ubicada en la Pr...</b> <a href="http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/91377/1/UPS-ST001491.pdf">http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/91377/1/UPS-ST001491.pdf</a>	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (18 palabras)
5	<b>repositoriotec.tec.ac.cr</b> <a href="https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6060/mejoramiento-ruta-cantonal.pdf">https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6060/mejoramiento-ruta-cantonal.pdf</a>	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (17 palabras)



Firmado electrónicamente por:  
ALEX PATRICIO  
EDUARDO ROMERO  
FLORES

.....

**Msc. Romero Flores, Alex Patricio Eduardo**

**Director**



**Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción**

**Carrera de Ingeniería Civil**

### **Certificación**

Certifico que el trabajo de titulación: **“Propuesta de Diseño de Rampa de Emergencia de Frenado en la Vía Pifo- Papallacta”** fue realizado por el señor **Tacuri Saraguro Jonathan David**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 10 de febrero de 2023

Firma:



**Msc. Romero Flores, Alex Patricio Eduardo**

C. C. 0300752136



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Tacuri Saraguro Jonathan David**, con cédula de ciudadanía n° 1720641495, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Propuesta de Diseño de Rampa de Emergencia de Frenado en la Vía Pifo- Papallacta”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 10 de febrero de 2023

Firma:

**Tacuri Saraguro Jonathan David**

C. C.1720641495



**Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción**

**Carrera de Ingeniería Civil**

**Autorización de Publicación**

Yo, **Tacuri Saraguro Jonathan David**, con cédula de ciudadanía n° 1720641495, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Propuesta de Diseño de Rampa de Emergencia de Frenado en la Vía Pifo- Papallacta”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 10 de febrero de 2023

Firma:

**Tacuri Saraguro Jonathan David**

C. C.1720641495

### **Dedicatoria**

Dedico el presente proyecto de investigación a mi madre Gloria Saraguro quien con su inmenso amor, cariño y apoyo incondicional me ha inculcado valores que han guiado mi camino. Gracias por todo madrecita, esto apenas comienza...

A mis hermanos Alejandro, Roger, Francisco y Andrés que siempre han estado presente con su apoyo, amistad y alegría a lo largo de mi vida.

A mi esposa Andrea quien es el motor de mi vida, gracias por su apoyo, cariño e inmenso amor.

Jonathan Tacuri

## **Agradecimiento**

En primer lugar quiero agradecer profundamente a mi familia a mi madre Gloria, y a mis hermanos Alejandro, Roger, Francisco y Andrés, por su paciencia, cariño y amor. Han sido, son y serán parte fundamental de mi vida, la razón y el motivo de mi esfuerzo diario.

A mi esposa Andrea que me ha ayudado a cumplir mis metas y objetivos planteados

Quiero agradecer a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por brindarme los conocimientos necesarios para desenvolverme en el ámbito profesional. A mis queridos profesores de la carrera de Ingeniería Civil, que con su dedicación, conocimientos e invaluable experiencia a lo largo de mi estancia en la Universidad formaron en mí una persona de bien.

De manera especial quiero agradecer al Sr. Ing. Patricio Romero, por su valioso tiempo, conocimiento, experiencia y consejos para desarrollar y culminar este proyecto investigativo.

Así mismo no quiero dejar pasar la oportunidad para agradecer a la Ing. Maribel Aldás por su paciencia, y constancia que me ha brindado para culminar este proyecto investigativo.

Jonathan Tacuri

## Índice de Contenido

Certificado Antiplagio .....	2
Certificación del director del trabajo de titulación .....	3
Responsabilidad de autoría .....	4
Autorización de publicación .....	5
Resumen .....	18
Abstract .....	19
Capítulo 1: Generalidades .....	20
Introducción.....	20
Antecedentes.....	21
Justificación e Importancia.....	23
Objetivos .....	24
<i>Objetivo General</i> .....	24
<i>Objetivos Específicos</i> .....	24
Capítulo 2: Antecedentes .....	25
Datos bibliográficos de la zona de estudio.....	25
<i>Historia de la Vía Pifo- Papallacta</i> .....	25
<i>Geografía del lugar</i> .....	29
<i>Geología y caracterización del suelo</i> .....	31
<i>Clima, Flora y Fauna</i> .....	32
Datos técnicos .....	35
<i>Descripción técnica de la Vía Pifo- Papallacta</i> .....	35



<i>Trafico Promedio Diario Anual (TPDA) del año 2017.</i> .....	36
<i>Tipo de Vehículos que transitan la zona.</i> .....	37
<i>Composición del Tráfico y estudio clasificatorio</i> .....	39
Capítulo 3: Marco Teórico .....	47
Siniestros de tránsito en Ecuador.....	47
Seguridad Vial Activa y Pasiva.....	50
<i>Seguridad Vial Activa</i> .....	50
<i>Seguridad Vial Pasiva</i> .....	51
Definición de rampas de emergencia de frenado. ....	52
Elementos de una rampa de emergencia de frenado.....	52
Tipos de rampas de emergencia de frenado .....	53
<i>Rampa Gravitacional:</i> .....	54
<i>Rampa tipo Camas de frenado:</i> .....	54
<i>Rampa de Montículos de arena:</i> .....	54
Información a nivel Internacional sobre rampas de frenado.....	55
Datos de rampas de frenado de emergencia a nivel Nacional. ....	58
Amortiguadores de impacto o Atenuadores de Impacto.....	59
Criterios de necesidad de rampas de frenado. ....	61
Criterios de localización de rampas de frenado.....	62
Criterio de diseño de una rampa de frenado.....	63
<i>Longitud</i> .....	64

	10
<i>Velocidad de entrada a la rampa</i> .....	65
<i>Materiales para la cama de frenado</i> .....	67
<i>Espesor y ancho de la rampa de emergencia</i> .....	69
<i>Drenajes y sub-drenaje de cama de frenado</i> .....	72
<i>Carril auxiliar de servicio</i> .....	74
<i>Señalética de rampa de frenado</i> .....	74
<i>Mantenimiento de rampa de frenado</i> .....	77
Capítulo 4: Propuesta de diseño de rampa de frenado .....	79
Estado actual de la vía Pifo Papallacta .....	79
Siniestralidad histórica de la Vía Pifo Papallacta .....	92
Faja topográfica de la vía Pifo Papallacta en zona de estudio .....	97
Análisis de curvas horizontales en la zona de estudio .....	98
<i>Detalles de los elementos de las curvas horizontales</i> .....	100
<i>Velocidades de circulación tomadas al ingreso de las curvas.</i> .....	101
<i>Curva 1; Km 9 Vía Pifo- Papallacta</i> .....	103
<i>Curva 2; Km 9 1/2 Vía Pifo- Papallacta</i> .....	104
<i>Curva 3; Km 10 Vía Pifo- Papallacta</i> .....	105
<i>Curva 4; Km 10 +0300 Vía Pifo- Papallacta</i> .....	106
<i>Curva 5; Km 10+ 0800 Vía Pifo- Papallacta</i> .....	107
<i>Curva 6; Km 11 Vía Pifo- Papallacta</i> .....	109
Estudio de tráfico in situ.....	110

	11
<i>Tráfico Horario (TH)</i> .....	111
<i>Tráfico Diario (TD)</i> .....	116
<i>Tráfico Semanal (TS)</i> .....	117
<i>Tráfico Mensual (TM)</i> .....	118
<i>Tráfico Anual (TA)</i> .....	119
<i>Volumen de tráfico en hora pico</i> .....	119
<i>Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS)</i> .....	121
<i>Tráfico Promedio Diario Mensual (TPDM)</i> .....	121
<i>Tráfico Promedio Diario Anual actual (TPDA actual)</i> .....	122
<i>Tráfico Promedio Diario Anual Total (TPDA total)</i> .....	122
<i>Tráfico Promedio Diario Anual Futuro (TPDA F)</i> .....	123
Topografía del lugar en donde se emplazará la rampa de emergencia de frenado .....	127
Diseño de zona de frenado en la vía Pifo Papallacta .....	127
<i>Ancho de la rampa de emergencia de frenado propuesta</i> .....	128
<i>Longitud de la rampa de emergencia de frenado propuesta</i> .....	128
<i>Material y espesor de la rampa de emergencia de frenado propuesta</i> .....	130
<i>Drenaje y subdrenaje para la rampa de frenado de emergencia</i> .....	131
<i>Señalización vial para la rampa de frenado de emergencia</i> .....	134
Modelamiento en un programa computacional de análisis de tráfico. ....	135
Estudio de costos.....	137
Planos de diseño .....	141

Conclusiones.....	142
Recomendaciones.....	143
Bibliografía .....	145
Apéndice .....	1522

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Red vial estatal, Troncales y Transversales</i> .....	27
<b>Tabla 2</b> <i>Coordenadas geográficas de inicio a fin del tramo vial Pifo- Papallacta</i> .....	30
<b>Tabla 3</b> <i>Datos técnicos de la vía Pifo- Papallacta</i> .....	35
<b>Tabla 4</b> <i>Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) de la Vía Papallacta- Baeza</i> .....	36
<b>Tabla 5</b> <i>Consumo de combustible en las provincias de Pichincha y Napo</i> .....	39
<b>Tabla 6</b> <i>Vehículos matriculados en Pichincha y Napo</i> .....	40
<b>Tabla 7</b> <i>Tipos de vehículos matriculados en Pichincha</i> .....	43
<b>Tabla 8</b> <i>Tipo de vehículos matriculados en Napo</i> .....	45
<b>Tabla 9</b> <i>Criterios de necesidad para rampas de frenado</i> . .....	61
<b>Tabla 10</b> <i>Criterios de localización para rampas de frenado</i> .....	62
<b>Tabla 11</b> <i>Resistencia a la rodadura de materiales para cama de frenado</i> . .....	67
<b>Tabla 12</b> <i>Granulometría del material para la cama de frenado</i> .....	68
<b>Tabla 13</b> <i>Siniestros más graves en la Vía Pifo Papallacta</i> .....	92
<b>Tabla 14</b> <i>Radios mínimos de curvas en función del peralte (e) y factor de fricción (f)</i> . .....	100
<b>Tabla 15</b> <i>Elementos de curvas horizontales</i> .....	101
<b>Tabla 16</b> <i>Coordenadas de Punto de intersección (PI)</i> .....	101
<b>Tabla 17</b> <i>Velocidad promedio de ingreso en cada curva por cada tipo de vehículo</i> . .....	102
<b>Tabla 18</b> <i>Tráfico diario en el lugar de estudio con número de vehículos por día</i> .....	116
<b>Tabla 19</b> <i>Tráfico mensual en el tramo de estudio, año 2022</i> .....	118
<b>Tabla 20</b> <i>Trafico en hora pico en el día de máxima demanda (Sábado 22/10/2022)</i> .....	120
<b>Tabla 21</b> <i>Trafico promedio diario anual total y futuro a 15 y 30 años</i> . .....	124
<b>Tabla 22</b> <i>Resistencia a la rodadura de materiales para cama de frenado</i> . .....	129
<b>Tabla 23</b> <i>Intensidad máxima de precipitación (mm/min) para la estación La Tola P19</i> . .....	132
<b>Tabla 24</b> <i>Cantidades y Precios unitarios para la rampa de emergencia de frenado</i> .....	138

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Siniestros viales en el Km 8 de la vía Pifo- Papallacta</i> .....	23
<b>Figura 2</b> <i>Mapa de la Red Vial Estatal del Ecuador</i> .....	26
<b>Figura 3</b> <i>Mapa de la Transversal Norte (E20) con sus distintos ramales</i> .....	29
<b>Figura 4</b> <i>Ubicación geográfica de la Vía Pifo- Papallacta</i> .....	30
<b>Figura 5</b> <i>Mapa de Sistema Nacional de Áreas Protegidas</i> .....	32
<b>Figura 6</b> <i>Perfil de la Vía Pifo- Papallacta</i> .....	33
<b>Figura 7</b> <i>Flora del páramo</i> .....	34
<b>Figura 8</b> <i>Osos de anteojos cruzando la vía Pifo- Papallacta</i> .....	35
<b>Figura 9</b> <i>Tráfico Promedio Diario Anual de la Vía Papallacta- Baeza</i> .....	37
<b>Figura 10</b> <i>Tráfico vehicular</i> .....	38
<b>Figura 11</b> <i>Consumo de combustible en las provincias de Pichincha y Napo</i> .....	40
<b>Figura 12</b> <i>Vehículos matriculados en Pichincha durante los 10 últimos años</i> . .....	41
<b>Figura 13</b> <i>Vehículos matriculados en Napo durante los 10 últimos años</i> .....	42
<b>Figura 14</b> <i>Porcentaje de crecimiento y decrecimiento de vehículos matriculados</i> .....	43
<b>Figura 15</b> <i>Tipo de vehículos matriculados en Pichincha</i> .....	44
<b>Figura 16</b> <i>Tipo de vehículos matriculados en Napo</i> .....	46
<b>Figura 17</b> <i>Frecuencia de siniestros de tránsito a nivel Nacional</i> .....	48
<b>Figura 18</b> <i>Frecuencia de siniestros de tránsito en Pichincha</i> .....	49
<b>Figura 19</b> <i>Frecuencia de siniestros de tránsito en Napo</i> .....	49
<b>Figura 20</b> <i>Esquema típico de rampa de emergencia de frenado</i> .....	52
<b>Figura 21</b> <i>Tipos de rampa de frenado de emergencia</i> .....	55
<b>Figura 22</b> <i>Ejemplo de rampa de emergencia de frenado en Colombia</i> .....	57
<b>Figura 23</b> <i>Ejemplo de rampa de emergencia de frenado en México</i> .....	57
<b>Figura 24</b> <i>Ejemplo de rampa de emergencia de frenado en Argentina</i> .....	58

<b>Figura 25</b>	<i>Rampa de emergencia de frenado en la vía Manta- Portoviejo</i> .....	59
<b>Figura 26</b>	<i>Señalética de rampa de emergencia de frenado</i> .....	59
<b>Figura 27</b>	<i>Ejemplos de amortiguadores de impacto</i> .....	60
<b>Figura 28</b>	<i>Curvas Pendiente vs Velocidad para un rampa de frenado (Grava)</i> .....	66
<b>Figura 29</b>	<i>Curvas Pendiente vs Velocidad para un rampa de frenado (Arena)</i> .....	66
<b>Figura 30</b>	<i>Curvas Pendiente vs Velocidad para un rampa de frenado (Gravilla)</i> .....	67
<b>Figura 31</b>	<i>Curvas granulométricas para los materiales de la cama de frenado</i> .....	69
<b>Figura 32</b>	<i>Corte transversal y longitudinal de una rampa tipo montículo</i> .....	70
<b>Figura 33</b>	<i>Corte transversal y longitudinal de una rampa tipo cama de frenado</i> .....	71
<b>Figura 34</b>	<i>Sub-drenaje de una rampa de emergencia de frenado</i> .....	73
<b>Figura 35</b>	<i>Drenaje y sub-drenaje de una rampa de emergencia de frenado</i> .....	73
<b>Figura 36</b>	<i>Rampa de emergencia de frenado con carril auxiliar a la izquierda y derecha</i> .....	74
<b>Figura 37</b>	<i>Señalética horizontal para una rampa de frenado</i> .....	75
<b>Figura 38</b>	<i>Señalética horizontal al ingresar a la rampa de emergencia de frenado</i> .....	76
<b>Figura 39</b>	<i>Tipos de señales verticales</i> .....	77
<b>Figura 40</b>	<i>Rampa de emergencia de frenado sin mantenimiento y su efecto</i> .....	78
<b>Figura 41</b>	<i>Redondel de Pífo</i> .....	80
<b>Figura 42</b>	<i>Kilómetro 2 en dirección a Papallacta, sector HOLCIM</i> .....	81
<b>Figura 43</b>	<i>Kilómetro 4 en dirección a Papallacta sector Mulauco</i> .....	82
<b>Figura 44</b>	<i>Kilómetro seis en dirección a Papallacta sector Mulauco</i> .....	83
<b>Figura 45</b>	<i>Kilómetro 8 y 9 en dirección a Papallacta sector Paluguillo</i> .....	84
<b>Figura 46</b>	<i>Kilómetro 8 y 9 en dirección a Papallacta sector Paluguillo</i> .....	85
<b>Figura 47</b>	<i>Kilómetro 9 y 11 en dirección a Papallacta</i> .....	86
<b>Figura 48</b>	<i>Kilómetro 11 en dirección a Papallacta</i> .....	87
<b>Figura 49</b>	<i>Kilómetro 11 al kilómetro 21 en dirección a Papallacta</i> .....	88
<b>Figura 50</b>	<i>Kilómetro 11 al kilómetro 21 en dirección a Papallacta</i> .....	88

<b>Figura 51</b> <i>Kilómetro veintitrés (23) en dirección a Papallacta.</i> .....	89
<b>Figura 52</b> <i>Sector la virgen de Papallacta</i> .....	90
<b>Figura 53</b> <i>Puente sobre el río Tambo y Paraderos en el Km 36</i> .....	91
<b>Figura 54</b> <i>Kilómetro 36+034 y sector de Papallacta</i> .....	92
<b>Figura 55</b> <i>Porcentajes de siniestralidad por sectores de la Vía Pifo- Papallacta</i> .....	95
<b>Figura 56</b> <i>Siniestralidad por sectores en la vía Pifo- Papallacta</i> .....	96
<b>Figura 57</b> <i>Levantamiento topográfico con GPS RTK dinámico</i> .....	97
<b>Figura 58</b> <i>Sector la virgen de Papallacta</i> .....	98
<b>Figura 59</b> <i>Elementos de una curva circular simple</i> .....	99
<b>Figura 60</b> <i>Curva 1 en el kilómetro 9</i> .....	103
<b>Figura 61</b> <i>Curva 1, velocidades de tipos de vehículos en el kilómetro 9</i> .....	104
<b>Figura 62</b> <i>Curva 2 en el kilómetro 9 1/2</i> .....	104
<b>Figura 63</b> <i>Curva 2, velocidades de tipos de vehículos en el kilómetro 9 1/2</i> .....	105
<b>Figura 64</b> <i>Curva 3 en el kilómetro 10</i> .....	105
<b>Figura 65</b> <i>Curva 3, velocidades de tipos de vehículos en el kilómetro 10</i> .....	106
<b>Figura 66</b> <i>Curva 4 en el kilómetro 10+300</i> .....	106
<b>Figura 67</b> <i>Curva 4, velocidades de tipos de vehículos en el kilómetro 10+0300</i> .....	107
<b>Figura 68</b> <i>Curva 5 en el kilómetro 10+0800</i> .....	107
<b>Figura 69</b> <i>Curva 5, velocidades de tipos de vehículos en el kilómetro 10+0800</i> .....	108
<b>Figura 70</b> <i>Curva 5 en el kilómetro 11</i> .....	109
<b>Figura 71</b> <i>Curva 6, velocidades de tipos de vehículos en el kilómetro 11</i> .....	109
<b>Figura 72</b> <i>Resumen de vehículos por cada hora del día (De 06:00 a 12:00)</i> .....	112
<b>Figura 73</b> <i>Resumen de vehículos por cada hora del día (De 12:00 a 18:00)</i> .....	113
<b>Figura 74</b> <i>Resumen de vehículos por cada hora del día (De 18:00 a 00:00)</i> .....	114
<b>Figura 75</b> <i>Resumen de vehículos por cada hora del día (De 00:00 a 06:00)</i> .....	115
<b>Figura 76</b> <i>Tránsito diario vehicular</i> .....	117



<b>Figura 77</b> <i>Tráfico mensual en el tramo de estudio, año 2022</i> .....	119
<b>Figura 78</b> <i>Distribución porcentual por tipo de vehículos en hora pico</i> .....	121
<b>Figura 79</b> <i>Distribución de tráfico promedio diario anual total y futuro a 15 y 30 años.</i> .....	126
<b>Figura 80</b> <i>Lugar de emplazamiento d rampa de emergencia de frenado km 9.</i> .....	127
<b>Figura 81</b> <i>Esquema transversal de la rampa de emergencia de frenado.</i> .....	128
<b>Figura 82</b> <i>Dimensionamiento del subdrenaje longitudinal</i> .....	133
<b>Figura 83</b> <i>Esquema de subdrenaje longitudinal y transversal.</i> .....	134
<b>Figura 84</b> <i>Captura de pantalla del programa computacional.</i> .....	136
<b>Figura 85</b> <i>Flujo vehicular obtenido en el programa computacional</i> .....	137
<b>Figura 86</b> <i>Hitos del proyecto en comparación con el presupuesto</i> .....	140
<b>Figura 87</b> <i>Propuesta de rampa de emergencia de frenado km 09+300.</i> .....	141
<b>Figura 88</b> <i>Dimensión de la rampa de emergencia de frenado y sus componentes</i> .....	141

## Resumen

La Transversal norte E-20 o más conocida como vía Pifo- Papallacta, es una vía muy importante del Ecuador ya que conecta las provincias de Pichincha y Napo en los cantones de Quito y Papallacta, es una vía de 40,09 kilómetros de longitud, con un ancho de 18,60 metros distribuidos entre 4 carriles de 3,65 metros, 2 espaldones de 0,50 metros y una ciclovía de 3 metros.

El presente proyecto de investigación analiza y localiza el lugar óptimo de la vía Pifo Papallacta tanto en topografía como en siniestralidad y criterios de emplazamiento obtenido de diferentes estudios internacionales para construir una rampa de emergencia de frenado en esta vía. Esta rampa es de gran utilidad ya que tiene por objetivo aminorar y detener a los vehículos que pierdan el control y su sistema de frenos.

Se procede a realizar un levantamiento topográfico de la vía 2 kilómetros arriba del lugar óptimo para emplazar la rampa de emergencia de frenado. De igual manera se realiza un estudio de tráfico mediante el método de aforo manual en el sitio de estudio durante una semana y a su vez se realiza la toma de velocidades de circulación vehicular en las curvas próximas al lugar escogido.

Además se realiza un levantamiento topográfico del sector escogido para construir la rampa de emergencia de frenado.

*Palabras Claves:* Vía Pifo- Papallacta, Siniestralidad, rampa de emergencia de frenado, estudio de tráfico.

### **Abstract**

The North Transversal E-20 or better known as the Pifo-Papallacta road, is a very important road in Ecuador since it connects the provinces of Pichincha and Napo in the cantons of Quito and Papallacta, it is a road of 40.09 kilometers in length, with a width of 18.60 meters distributed among 4 lanes of 3.65 meters, 2 shoulders of 0.50 meters and a 3-meter cycle path.

This research project analyzes and locates the optimal place both in topography and accident rate and location criteria obtained from different international studies to build an emergency braking ramp on this road. This ramp is very useful since its objective is to slow down and stop vehicles that lose control and their braking system.

A topographical survey of the road is carried out 2 kilometers above the optimal place to place the emergency braking ramp. In the same way, a traffic study is carried out by means of the manual gauging method at the study site for a week and at the same time, the speed of vehicular circulation is carried out in the curves close to the chosen place.

In addition, a topographic survey of the sector chosen to build the emergency braking ramp is carried out

*Keyword:* Vía Pifo- Papallacta, accident rate, emergency braking ramp, study of traffic.

## Capítulo 1: Generalidades

### Introducción.

El presente proyecto analiza y describe los lugares críticos de la vía Pifo Papallacta, a través de la recopilación de información en fuentes de la Agencia Metropolitana de Tránsito (AMT) al igual que en la Agencia Nacional de Tránsito (ANT), de igual manera se recopila información a través de los datos de prensa nacional, que detalla cada siniestro ocurrido en dicha vía. La Vía Pifo Papallacta al pertenecer a la transversal norte E-20 es una vía muy importante del Ecuador, en donde es necesario tomar acciones correctivas al trazado de vial con el fin de mitigar las múltiples muertes que ha causado los siniestros de tránsito.

Se localiza el lugar óptimo tanto en topografía como en siniestralidad para emplazar la rampa de emergencia de frenado, lo cual es un carril auxiliar conectado al costado de la vía, que tiene por objetivo disipar la energía cinética (velocidad) y detener por completo a los vehículos que pierden el control por fallas mecánicas. Por tal razón se procede a realizar un estudio más detallado de dicho lugar, se realiza el estudio de tráfico con clasificación vehicular y el levantamiento topográfico.

Para el primer parámetro es necesario un estudio de tráfico en el sitio óptimo durante una semana, en horario de 24 horas con el fin de obtener el dato del tráfico promedio diario anual (TPDA), para poder verificar el día y hora de máxima demanda. El segundo parámetro que es el estudio clasificatorio vehicular se lo obtiene de la misma manera en el sitio de estudio y es complementario al TPDA en donde se podrá distinguir qué tipos de vehículos transitan por esta vía. El tercer parámetro es el levantamiento topográfico en el terreno de la zona de estudio, esto se lo desarrolla al obtener una faja topográfica de 2 km de la vía y la topografía en donde se emplazará la rampa de emergencia de frenado.

Toda vez que se ha levantado la información en el sitio se procede con el cálculo de la rampa de emergencia y se verifica la incidencia de construir dicha rampa en el programa computacional para el modelamiento de tráfico, el cual nos permite visualizar el tráfico de la vía. Además se procede con la elaboración del estudio, para aplicación de la señalética tanto horizontal como vertical para la rampa de emergencia de frenado.

Para concluir se procede a elaborar el cuadro de costos del proyecto realizando un análisis de precios unitarios tomando como referencia los precios de la Cámara de la Construcción (CAMICON).

### **Antecedentes.**

Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) el Territorio Ecuatoriano consta entre los países de mayor siniestralidad a nivel de Latino América, ubicándose en el segundo lugar, muy por debajo de Venezuela. Ecuador tiene según esta organización una tasa de 27 muertos por cada 100.000 habitantes, datos realmente alarmantes comparados con tasas de países de la misma región y más aún comparados con las tasas existentes en países europeos. (OMS, 2018)

De igual forma, hay que reconocer que ciertas vías del país presentan un mayor número de siniestros de tránsito tales como: La Vía Aloag- Santo Domingo, la vía Pifo- Papallacta, la vía E35 (Troncal de la Sierra). En estas vías uno de los principales factores para la siniestralidad es la impericia de los conductores. (Machado, 2021)

La topografía del Ecuador hace que las vías presenten curvas sinuosas y el clima cambiante también son factores que inciden en la siniestralidad. Y el último factor que incide en la siniestralidad es la falla mecánica del automotor.

La vía Pifo Papallacta se encuentra en las provincias de Pichincha y Napo, es una vía de 40,09 kilómetros de los cuales 36,34 corresponden a una ampliación a 4 carriles. Además

cuenta con una ciclo vía de 3 metros de ancho, cunetas, espaldones e incluye un puente en el sector Tambo de 45 metros de longitud. (MTO, 2014)

Esta vía es un acceso directo desde la capital y desde el centro norte del país hacia las provincias del oriente especialmente para las provincias de Sucumbíos, Napo, Orellana. En esta vía circulan aproximadamente 4000 vehículos y es una importante arteria vial del Ecuador.

La siniestralidad que se presenta en la vía Pifo- Papallacta es alta, según la Agencia Metropolitana de Tránsito (AMT) desde el 2010 esta vía a presentado más de 100 siniestros de tránsito, Los más reconocidos sucedieron el 25 de julio del año 2022, en donde un Bus de la Cooperativa Putumayo se volcó y dejó un saldo de 9 fallecidos y 10 heridos, entre las posibles causas fue una falla mecánica en los frenos. (Cárdenas, 2022)

Adicionalmente otro siniestro que generó gran conmoción se suscitó el 14 de agosto de 2018 en el kilómetro 8 de esta vía el bus de la Cooperativa de Transportes Especiales del Oriente al cristalizarse los frenos perdió pista y se volcó dejando un saldo de 23 fallecidos y 22 heridos. Estos trágicos siniestros tienen algo en común, una falla mecánica, la impericia del conductor al no chequear el automotor antes de partir en el viaje y el sector en donde se suscitaron los hechos, en el kilómetro 8 de la vía Pifo- Papallacta. (Cárdenas, 2018)

## Figura 1

*Siniestros viales en el Km 8 de la vía Pifo- Papallacta*



*Nota.* Emplazamiento de los siniestros en la Vía Pifo- Papallacta y posible lugar de Rampa de Emergencia, tomado de Agencia Nacional de Tránsito, 2022.

### Justificación e Importancia.

En Ecuador, según el tipo de siniestro de tránsito se lo puede clasificar de la siguiente manera: 1) Choques (45,4%); 2) Atropellos (16,8%); 3) Estrellamientos (13,6%); 4) Pérdida de pista (10,8%) y otro tipo (13,8%). (INEC, 2021)

Entre las causas más probables de los siniestros de tránsito en Ecuador el 63% se debe a la falta de atención de los conductores, esto puede ser por imprudencia o inobservancia a las señales de tránsito. (INEC, 2021)

La Vía Pifo Papallacta, una vía muy importante del Ecuador, que posee curvas muy sinuosas debido a la topografía del terreno donde se encuentra emplazada y de igual manera el clima muy cambiante en donde llega hasta nevar cuando las temperaturas bajan a menos de 0° C en el sector de la Virgen. Este clima muy cambiante puede incidir en un posible daño

mecánico del automotor, adicionalmente el exceso de velocidad y la imprudencia al irrespetar las señales de tránsito pueden ser factores determinantes para que se produzcan siniestros de tránsito.

Por lo tanto, la necesidad de crear una rampa de emergencia de frenado en la Vía Pifo-Papallacta radica en los múltiples siniestros que ha ocurrido en dicha Vía, muchos de estos siniestros con víctimas fatales.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Realizar el análisis técnico de la vía y proponer una solución para mitigar la gran cantidad de siniestros de tránsito en la vía Pifo - Papallacta

### ***Objetivos Específicos***

- Analizar la faja topográfica de la vía Pifo-Papallacta para encontrar el lugar óptimo en donde se emplace la rampa de frenado de emergencia.
- Realizar el levantamiento topográfico del lugar de implantación de la rampa de frenado de emergencia.
- Proponer el diseño adecuado y óptimo de una zona de frenado de emergencia en la vía Pifo- Papallacta
- Analizar mediante el uso de programa computacional de tráfico que se genera en la zona de estudio y su impacto al generar una zona de frenado de emergencia.
- Realizar un presupuesto referencial en base a los precios de la Cámara de la Construcción del año 2022 para la zona de frenado de emergencia.



## Capítulo 2: Antecedentes

### Datos bibliográficos de la zona de estudio.

#### *Historia de la Vía Pifo- Papallacta*

En el año 1925 se construye un camino de herradura de unos 200 kilómetros entre las poblaciones de Pifo y Misahuallí, principalmente para la comercialización e intercambio de productos tales como: cacao, plátano, frutas silvestres y principalmente para la explotación del caucho en la Amazonía que era transportado a la Sierra a través de acémilas. En los años 60 se construye la carretera Pifo- Papallacta, obra a cargo de los ingenieros militares del Batallón Chimborazo, con lo cual mejora el comercio y posteriormente en 1971 la empresa petrolera William Brothers termina la construcción del tramo desde Papallacta hasta Lago Agrio. Con lo cual mejora rotundamente la comunicación, comercio entre las regiones Sierra y Oriente. (Arguello, 2017)

En el año 2012 se procedió con la ampliación de dos a cuatro carriles, se crea una franja de ciclovía de 3 metros, se construye un nuevo puente sobre el río Tambo y se construyeron obras complementarias de drenaje. Dicha ampliación tuvo un costo de \$ 5'475.279,14 dólares y se culminó la obra el año 2015. (MTOPE, 2014)

#### *Localización general*

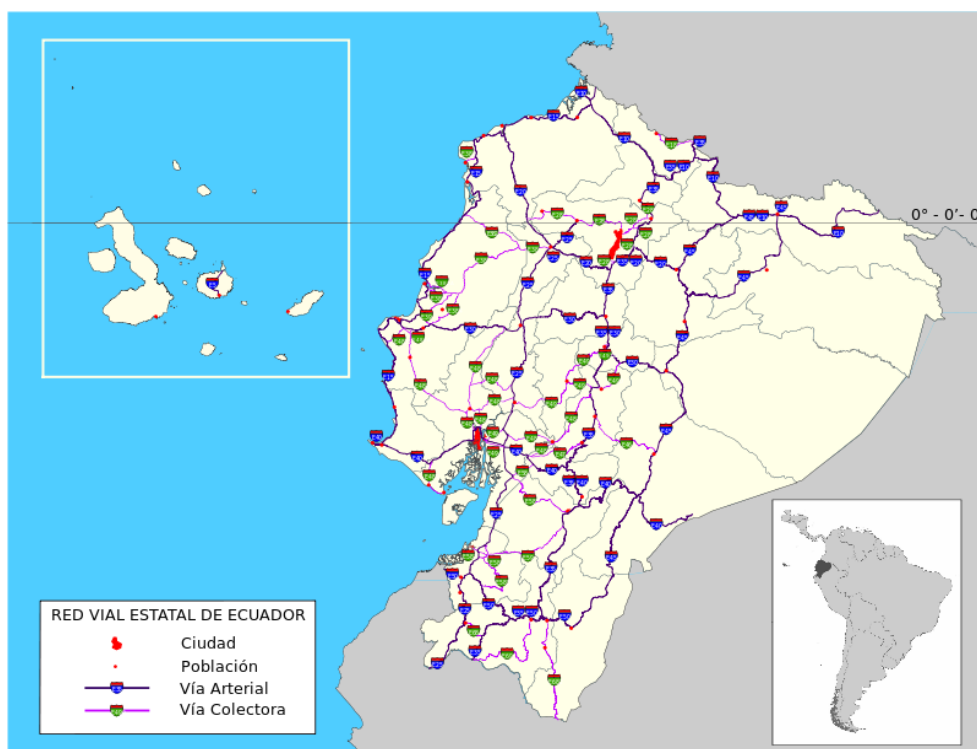
En Ecuador según el Reglamento Ley Sistema Infraestructura Vial del Transporte Terrestre define a la red vial estatal al conjunto de vías que forman parte de la troncal nacional y a su vez a todas las vías primarias o corredores arteriales y vías secundarias o vías colectoras. (LOTAIP, 2018)

Los corredores arteriales o también conocidas como vías primarias son las vías que conectan las principales capitales provinciales, los puertos o los cruces de frontera formando

así una malla vial en todo el territorio ecuatoriano. Así mismo las vías primarias pueden llamarse troncales si la configuración vial recorre el país de norte a sur o viceversa. De igual manera las vías primarias que recorren el país en sentido este a oeste o viceversa son conocidas como transversales. En el territorio Ecuatoriano en total existen 12 vías primarias con lo cual esto representa un 66% de toda la red vial estatal. A las vías primarias o corredores arteriales ya sean estos troncales o transversales se los representa con un código compuesto por la letra E, un numeral de uno a tres dígitos y en otros casos se incluye una letra. (Betancurt, 2014)

## Figura 2

Mapa de la Red Vial Estatal del Ecuador








*Nota.* En la imagen se muestra los corredores arteriales Troncales, Trasversales y vías secundarias, tomado del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Red Vial Estatal, 2014.

Tabla 1

Red vial estatal, Troncales y Transversales

Troncales Viales			
Escudo	Nombre	Ruta	Longitud
	Troncal Insular	Baltra- Bellavista- Puerto Ayora	38 km
	Troncal del Pacífico	Mataje- Esmeraldas- Bahía de Caráquez- Manta- Salinas	741 km
	Troncal de la Costa	Los Bancos- Sto. Domingo- Quevedo- Milagro- Machala- Zapotillo	664 km
	Troncal de la Costa Alterna	Santo Domingo	10 km
	Troncal de la Sierra	Rumichaca- Quito- Ambato- Riobamba- Cuenca- Loja- Macará	781 km
	Troncal Amazónica	Gral. Farfán- Nueva Loja- Tena- Puyo- Macas- Zamora	701 km
	Troncal Amazónica Alterna	Nueva Loja- Los Sachas- Pto. Francisco de Orellana- Loreto- Cotundo	85 km

Transversales Viales			
Escudo	Nombre	Ruta	Longitud
	Transversal Fronteriza	San Lorenzo- San Gabriel- Nueva Loja- Pto. El Carmen de Putumayo	453 km
	Transversal Norte	Esmeraldas- Sto. Domingo- Sangolquí- Baeza- Pto. Francisco de Orellana	336 km
	Transversal Central	Manta- Portoviejo- Quevedo- Latacunga-Ambato- Puyo	438 km
	Transversal Austral	Salinas- Guayaquil- La Troncal- Azogues- Stgo. De Méndez- Pto. Morona	649 km
	Transversal Sur	Huaquillas- Arenillas- Catamayo- Loja- Zamora	224 km

*Nota.* Esta tabla muestra las Vías Transversales y Troncales de la Red vial del Ecuador, tomado de Elaboración de un manual que sirva como guía para realizar la señalización vertical vial en cruces de línea férrea, por L. Betancurt, 2014.

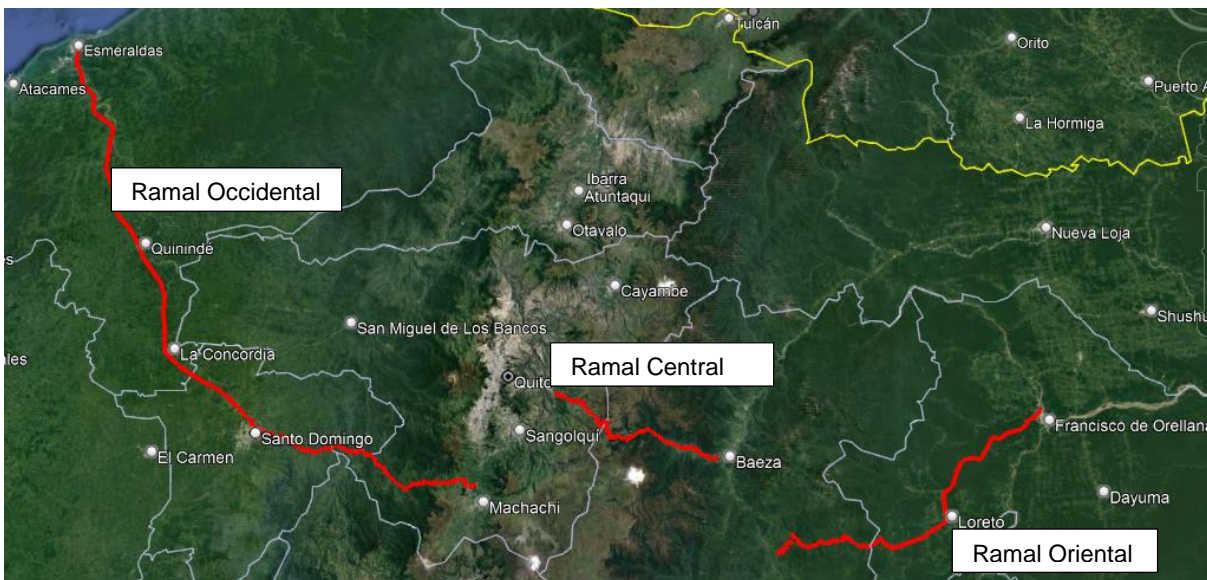
El Corredor Transversal Norte (E20) atraviesa varias regiones de la costa, sierra y oriente, a su vez varias provincias de la parte norte del Ecuador, tales como: Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas, Pichincha, Napo, Orellana.

La Transversal Norte (E20) se divide en tres ramales o secciones, un ramal occidental que recorre desde la ciudad de Esmeraldas, Quinindé, La Concordia, Santo Domingo y llega hasta Alóag, parroquia rural del cantón Mejía en la Provincia de Pichincha. Desde aquí se une a la Troncal de la Sierra (E35) hasta llegar a la parroquia rural de Pifo. El ramal central que va desde Pifo, pasa por la parroquia Papallacta y llega hasta la Parroquia de Baeza en la

Provincia de Napo. Así mismo desde Baeza se une a la Troncal Amazónica (E45) hasta llegar a la Y de Narupa. Por último el ramal Oriental de la Transversal Norte (E20) recorre desde la Y de Narupa, Loreto y llega a la ciudad Francisco de Orellana en la Provincia de Orellana.

### Figura 3

Mapa de la Transversal Norte (E20) con sus distintos ramales



*Nota* En la imagen se muestra los ramales: occidental, central y oriental de la Transversal Norte (E20) (Google Earth, 2022) .

El presente estudio se encuentra ubicado en el ramal central de la Transversal Norte (E20), que comprende entre la parroquia rural Pifo hasta Baeza. Aquí se ubica la Vía Pifo-Papallacta, una vía de cuatro carriles, dos por lado, tiene 36,34 kilómetros de longitud, hasta la laguna de Papallacta además cuenta con un carril extra de 3 metros de ancho para ciclovía.

### **Geografía del lugar.**

La vía Pifo- Papallacta es una vía principal del país, ya que forma parte de la Red vial Estatal. Además une la región Sierra con el Oriente y es parte principal del corredor Arterial Transversal Norte (E20). Dicha vía se encuentra ubicado en la parte oriental de la Provincia de



Cordillera Oriental Real en donde el relieve es muy irregular, de alta montaña con una gran presencia de roca hasta llegar a su cata más alta que es la Virgen de Papallacta. Aquí después de este sector empieza el descenso que tiene pendientes pronunciadas hasta llegar a la laguna de Papallacta en donde un pequeño valle de alta montaña hace presencia, aquí es donde la pendiente de la vía disminuye hasta llegar a la parte oriental (Papallacta).

A lo largo de la vía Pifo- Papallacta encontramos el Área de Aprovechamiento Hídrico Ponce- Paluguillo, es un área que se encuentra dentro del Parque Nacional Cayambe-Coca, lo cual es muy importante para el abastecimiento de agua del Distrito Metropolitano de Quito, ya que el 57% del caudal requerido por el Distrito proviene del Área de Aprovechamiento Ponce-Paluguillo. (U.Indoamérica, 2022)

### ***Geología y caracterización del suelo.***

Geológicamente, toda la zona de influencia por donde atraviesa la vía Pifo- Papallacta, se trata de una zona con grandes movimientos tectónicos y aparecimiento de vestigios de erupciones volcánicas ocurridas en el pasado, por la gran cercanía a los volcanes Antisana, Cayambe, Zumaco. En este sector abundan distintos tipos de minerales siendo la obsidiana la principal, aquí lo podemos encontrar de distintos colores desde negro hasta gris, cuarcita, andesita, feldespato, cuarzo entre otros, completan el cuadro de minerales existentes en esta zona. (Sadoval & Andrade, 2012)

A lo largo de la vía Pifo- Papallacta se encuentran diferentes poblados tales como Pifo, Mulauco, Paluguillo, Papallacta en donde se puede distinguir varios usos del suelo, como por ejemplo; dedicación al pastoreo, a la ganadería y bosques de aprovechamiento natural. Con respecto al pastoreo y ganadería esta zona es muy productiva gracias al suelo mineralizado debido a las múltiples erupciones que han bañado todo el sector. Además es importante recalcar que a lo largo de toda la vía Pifo- Papallacta existen grandes atractivos turísticos entre

ellos la pesca deportiva y con la presencia de aguas termales en la parroquia de Papallacta esta zona se ha convertido en lugares de recreación de la provincia de Pichincha, principalmente de la ciudad de Quito, capital del Ecuador. (MTOPE, flexible, 2014)

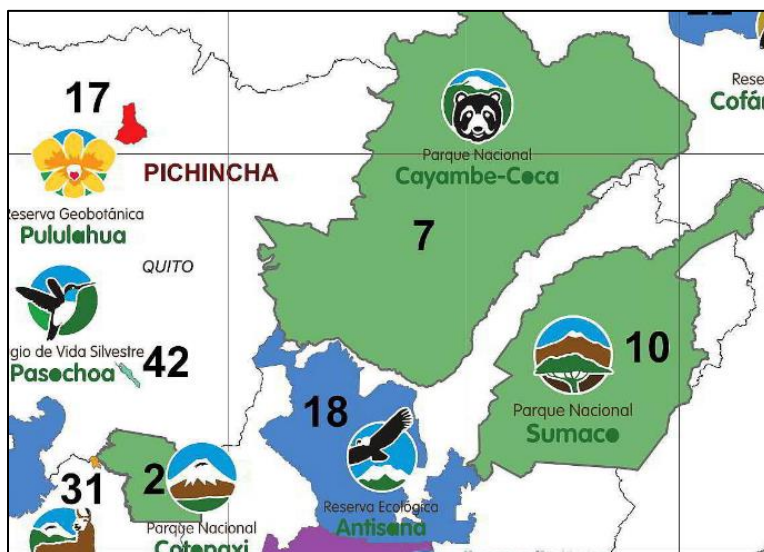
### **Clima, Flora y Fauna**

La vía Pifo- Papallacta atraviesa la Cordillera Oriental, la cual es la más alta del Ecuador, en donde se encuentran las principales elevaciones tales como: Mirador, Cayambe, Antisana, Cotopaxi, Tungurahua, Altar y Sangay. (Gutenberg, 2022)

De igual manera esta vía se encuentra entre el Parque Nacional Cayambe- Coca y la Reserva Ecológica Antisana, por tal razón la gran diversidad de flora y fauna que se encuentra en todo el trayecto de esta vía es abundante.

### **Figura 5**

Mapa de Sistema Nacional de Áreas Protegidas



*Nota.* Se puede observar que la vía se encuentra entre el Parque Nacional Cayambe- Coca y La Reserva Ecológica Antisana, tomado del Ministerio del Ambiente, 2016.

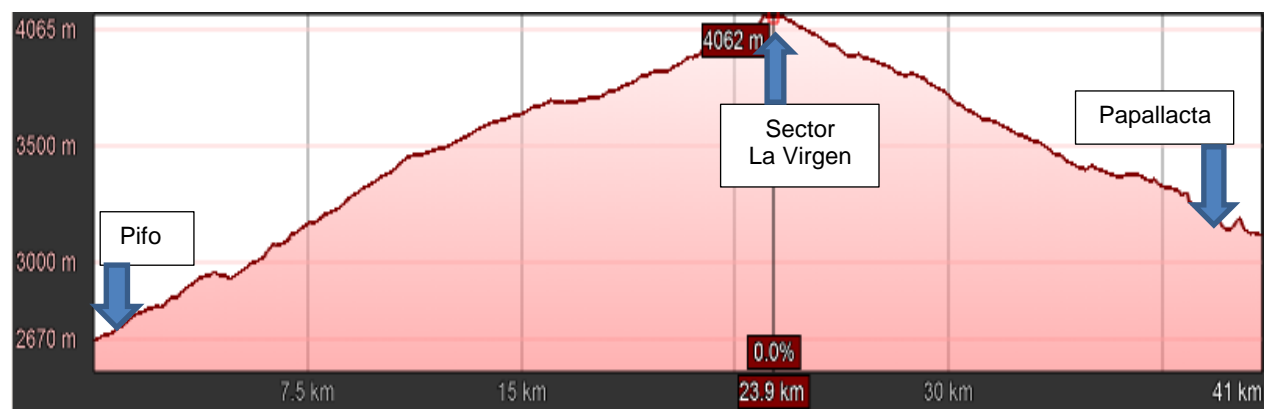


Así mismo su clima cambiante en donde la temperatura promedio tiene como mínima 5° C y máxima 25° C en las zonas bajas de la vía, (en los sectores de Pifo y Papallacta), mientras que en la zona alta (sector La Virgen) debido a su gran altitud de más de 4000 msnm, encontramos temperaturas de -5° C como mínimo y máximo 10° C. (Galarza, 2014)

Las precipitaciones anuales es de aproximadamente 1000 a 1500 milímetros, y estas se dan en dos estaciones lluviosas entre enero a marzo y octubre a noviembre debido a la influencia de las corrientes de aire proveniente del Océano Pacífico y de la Amazonía.

### Figura 6

Perfil de la Vía Pifo- Papallacta



*Nota.* Se observa el perfil de la vía Pifo- Papallacta en donde su punto más alto de la vía es La Virgen a más de 4000 msnm.

A lo largo del recorrido de este tramo vial se puede evidenciar abundantes especies vegetales, en donde predomina las almohadillas, musgos, chuquirahuas, orquídeas y paja; flora característica de terrenos de altura, con pendientes pronunciadas y permanente nubes.

(Paredes, 2011)

## Figura 7

### Flora del páramo



*Nota.* Se observa de izquierda a derecha pajonales, bofedales y árbol de polylepi encontrados a lo largo del tramo vial Pifo- Papallacta, tomado de Área Protección Hídrica Ponce- Paluguillo, 2022, <https://uti.edu.ec/~utiweb/estudiantes-de-biodiversidad-visitan-el-area-proteccion-hidrica-ponce-paluguillo/>

La fauna silvestre es diversa ya que encontramos distintos tipos de aves en donde destacan el cóndor andino, cuscungo, colibrí, lechuzas de campo, golondrina, entre otras aves. Los mamíferos no se quedan atrás ya que esta vía es muy conocida por el apareamiento de osos de anteojos, y en distintos sectores próximos a la vía encontramos lobos de páramo, venados, conejos, ciervos entre otros. Entre los Anfibios que se encuentran en esta zona destacan la rana marsupial y los jambatos además entre los peces existe la prendilla la única especie nativa y la trucha arco iris que es una especie introducida en los ríos y cuerpos de agua en 1995. (Paredes, 2011)

## Figura 8

Osos de anteojos cruzando la vía Pifo- Papallacta



*Nota.* Una osa andina junto a sus oseznos cruzando la vía Pifo- Papallacta en el sector de la Virgen de Papallacta, tomado de P. Unda, 2019, <https://es.aleteia.org/2019/07/24/mama-osa-de-anteojos-y-sus-anteojitos/>

## Datos técnicos

### *Descripción técnica de la Vía Pifo- Papallacta.*

**Tabla 3**

Datos técnicos de la vía Pifo- Papallacta

Descripción	Dato
Longitud total de vía	40,09 Km.
Longitud total de ampliación (4 carriles)	36,34 Km.
Longitud total de vía hormigonada (2 carriles)	3,75 Km
Ancho total de la vía	16,10 m.
Ancho de Espaldones	2 de 0,50 m.
Ancho de la vía	14,60 m.
Número de carriles	4 de 3,65 m. cada uno.

Descripción	Dato
Longitud total de vía	40,09 Km.
Ancho de cuneta	1,00 m. a cada costado
Separación central	0,50 m.
Tipo de vía	Clase II
Tipo de terreno	Montañoso
Capa de rodadura	Pavimento flexible de 10 cm.

*Nota.* tomado de Ampliación de la Carretera: Pifo- Papallacta en pavimento flexible, Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2014. :

#### **Trafico Promedio Diario Anual (TPDA) del año 2017.**

Para obtener un mejor panorama de la cantidad de vehículos que circulan por la vía Pifo Papallacta se obtuvo información en el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) del tramo vial más cercano a la Vía Pifo- Papallacta. En el año 2017 se realiza el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) del tramo Papallacta- Baeza lo cual se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 4**

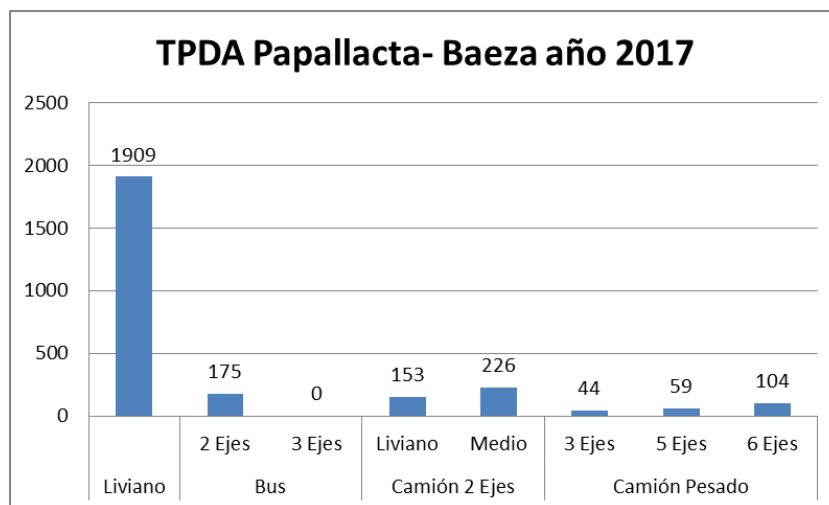
Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) de la Vía Papallacta- Baeza

<b>TPDA Año 2017</b>									
Tramo Vial	Liviano	Bus		Camión 2 Ejes		Camión Pesado			TPDA
		2 Ejes	3 Ejes	Liviano	Medio	3 Ejes	5 Ejes	6 Ejes	
Papallacta - Cuyuja- "Y" de Baeza	1909	175	0	153	226	44	59	104	<b>2670</b>
Porcentajes	71,5%	6,6%	0,0%	5,7%	8,5%	1,6%	2,2%	3,9%	<b>100,0%</b>

*Nota.* Tomado de Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2022

**Figura 9**

Tráfico Promedio Diario Anual de la Vía Papallacta- Baeza



*Nota.* Tomado de Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2022

Con dicho panorama podemos visualizar que los vehículos livianos ocupan en un 71,5% el tráfico vehicular, le sigue por muy debajo los camiones de 2 ejes medio pesados con un 8,5% y después los buses de 2 ejes con un 6,6%. Todo este tráfico se justifica debido a que las parroquias Papallacta, Cuyuja, “Y” de Baeza se encuentran en el camino del Corredor Transversal Norte E-20 que une las regiones Sierra y Oriente, en donde el intercambio de productos es recurrente. Además cabe señalar que el sector de Papallacta existe gran afluencia turística ya que las fuentes termales son un atractivo para la Capital de los Ecuatorianos ya que solo se encuentran a 50 minutos.

#### ***Tipo de Vehículos que transitan la zona.***

Como se ha descrito anteriormente al ser un corredor vial muy importante los vehículos que transitan por la zona en su mayoría son vehículos livianos tipo Sedan o SUV, a su vez las camionetas predominan en el sector ya que al ser un terreno montañoso este tipo de vehículos se adaptan a dicho terreno.

Figura 10

Clasificación vehicular

### Tipos de vehículos que transitan por la vía Pifo - Papallacta



Cabezal con cama baja 6 ejes

Cabezal tanquero de combustible 10 000  
Galones

Camión 3 ejes



Bus 2 ejes



Volqueta 2 ejes



Camión 2 ejes



Camioneta



Vehículo liviano

### **Composición del Tráfico y estudio clasificatorio**

Para poder conocer el número de vehículos que transitan por esta zona nos referiremos al consumo de combustible, al número de vehículos matriculados por cada provincia en donde se encuentre esta vía.

Como primer parámetro se conoce la cantidad de combustible que se consume en cada provincia por donde circula esta vía, según la tabla 6 que a continuación se muestra:

**Tabla 5**

Consumo de combustible en las provincias de Pichincha y Napo en los dos últimos años.

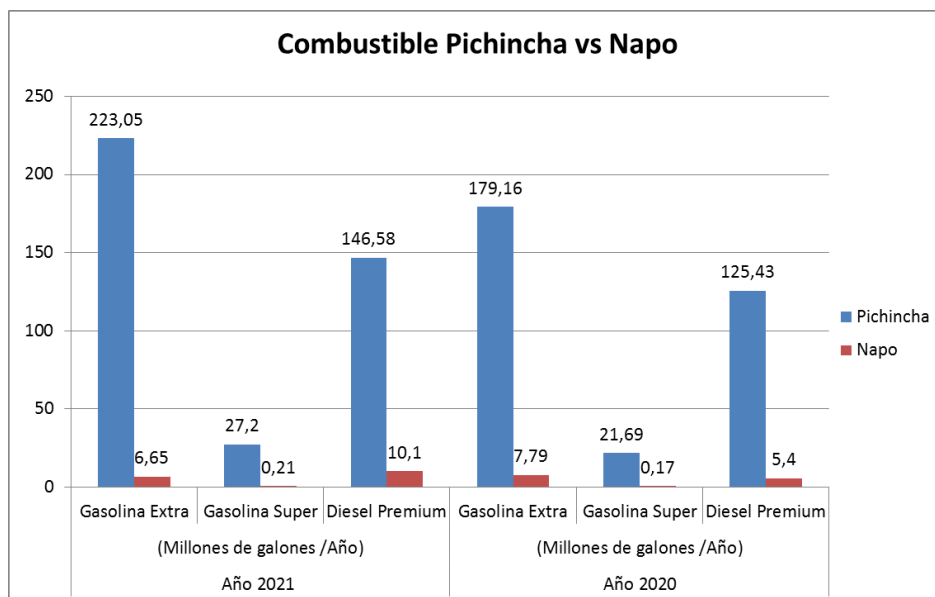
Provincia	Año 2021			Año 2020		
	(Millones de galones /Año)			(Millones de galones /Año)		
	Gasolina Extra	Gasolina Super	Diesel Premium	Gasolina Extra	Gasolina Super	Diesel Premium
Pichincha	223,05	27,20	146,58	179,16	21,69	125,43
Napo	6,65	0,21	10,10	7,79	0,17	5,40

*Nota.* Tomado de Asociación de la Industria Hidrocarburífera del Ecuador, El Petroleo en cifras 2021

Al comparar las provincias de Pichincha y Napo es evidente que más combustible se consume en Pichincha, esto debido a la gran cantidad de automotores que circulan por dicha provincia.

**Figura 11**

Consumo de combustible en las provincias de Pichincha y Napo



*Nota.* Tomado de Asociación de la Industria Hidrocarburífera del Ecuador, El Petróleo en cifras 2021

Como segundo parámetro se observa la cantidad de vehículos matriculados en las provincias de análisis, Pichincha y Napo.

**Tabla 6**

Vehículos matriculados en Pichincha y Napo

Años	Pichincha			Napo		
	Número de Vehículos	Porcentaje de Incremento o decrecimiento	Porcentaje Distribución	Número de Vehículos	Porcentaje de Incremento o decrecimiento	Porcentaje Distribución
2012	363559	0	7,6%	4448	0	5,7%
2013	389932	7,3%	8,1%	5460	22,8%	7,0%
2014	429537	10,2%	9,0%	6904	26,4%	8,9%
2015	492568	14,7%	10,3%	7558	9,5%	9,7%

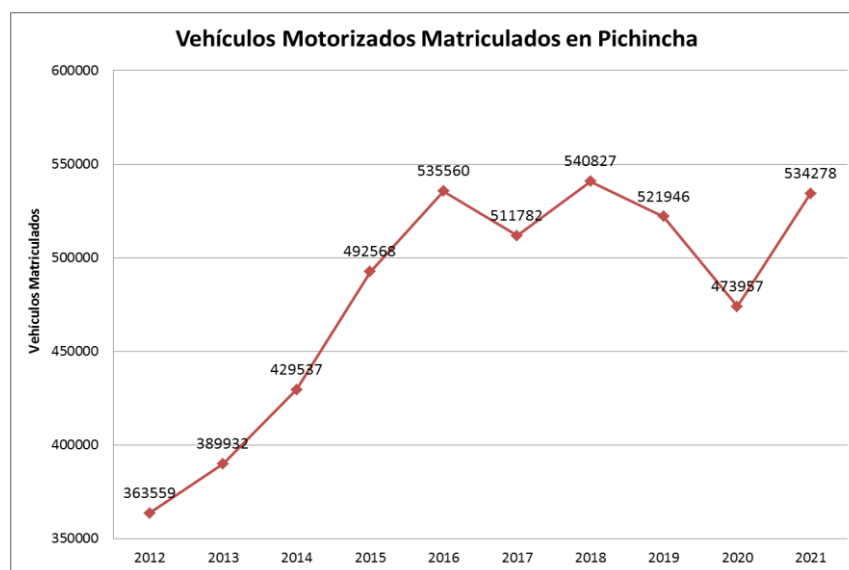


Años	Pichincha			Napó		
	Número de Vehículos	Porcentaje de Incremento o decrecimiento	Porcentaje Distribución	Número de Vehículos	Porcentaje de Incremento o decrecimiento	Porcentaje Distribución
2016	535560	8,7%	11,2%	7591	0,4%	9,7%
2017	511782	-4,4%	10,7%	8540	12,5%	10,9%
2018	540827	5,7%	11,3%	9379	9,8%	12,0%
2019	521946	-3,5%	10,9%	8895	-5,2%	11,4%
2020	473957	-9,2%	9,9%	9585	7,8%	12,3%
2021	534278	12,7%	11,1%	9636	0,5%	12,4%
<b>Total</b>	<b>4793946</b>	<b>Prom. (9,40%)</b>	<b>100%</b>	<b>77996</b>	<b>Prom.(4,68%)</b>	<b>100%</b>

*Nota.* Tomado de Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Estadística de Transporte

**Figura 12**

Vehículos matriculados en Pichincha durante los 10 últimos años.

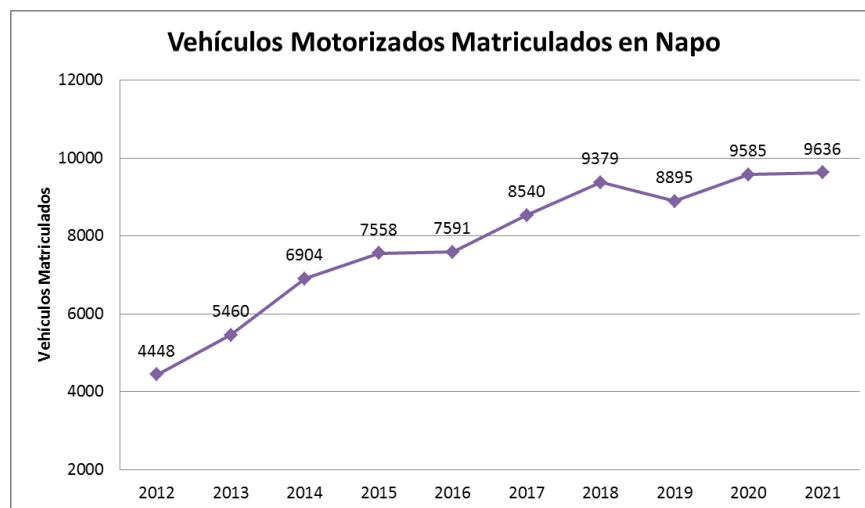


*Nota.* Tomado de Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Estadística de Transporte

En la tabla 6 y figura 12 se observa cómo año tras año se incrementa el parque automotor de la provincia de Pichincha, en promedio su crecimiento ha sido del 4,68% durante los últimos 10 años. Desde el año 2012 hasta el 2016 se observa como dicho crecimiento ha sido constante, en promedio del 10% y debido a múltiples factores externos en el año 2017 existe un decrecimiento del 4,4% y también en el año 2019 y 2020 existió un decrecimiento muy agravado, esto debió darse por las restricciones del COVID-19.

### Figura 13

Vehículos matriculados en Napo durante los 10 últimos años.

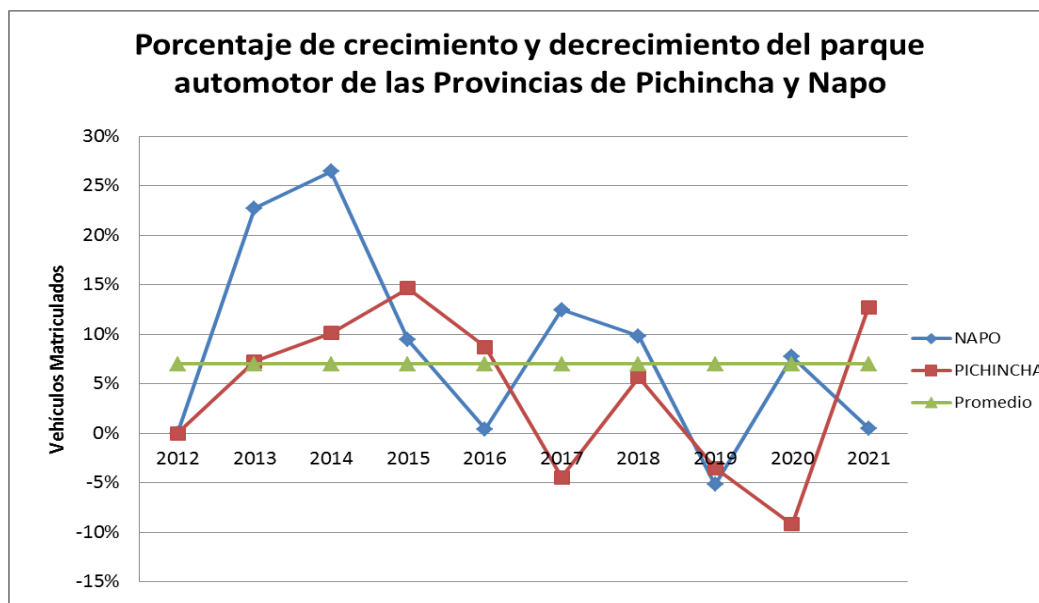


*Nota.* Tomado de Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Estadística de Transporte

Al igual que el análisis anterior en la figura 13 se observa el crecimiento y decrecimiento del parque automotor de la provincia de Napo, en promedio su crecimiento ha sido del 9,4% durante los últimos 10 años. La diferencia con respecto a la provincia de Pichincha es que no existe grandes decrecimientos salvo en el año 2019 en donde decreció en -5,2% el número de vehículos matriculados en la provincia de Napo. Hay una peculiaridad en la figura 12 y es que en el año 2020 en las restricciones debido al COVID-19 el parque automotor de la provincia de Napo no decreció, más bien aumentó en 7,8% con respecto al año 2019.

**Figura 14**

Porcentaje de crecimiento y decrecimiento de vehículos por provincia



Según la tabla 6 y la figura 14 se observa como el parque automotor ha ido creciendo y decreciendo en las provincias de Pichincha y Napo respectivamente. Según los datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), el promedio de incremento de la provincia de Pichincha es de 4,68% comprendido entre los años 2012 hasta el 2021 y en la provincia de Napo es de 9,40% en el mismo periodo, dándonos como un promedio entre las dos provincias de 7 %.

**Tabla 7**

Tipos de vehículos matriculados en Pichincha

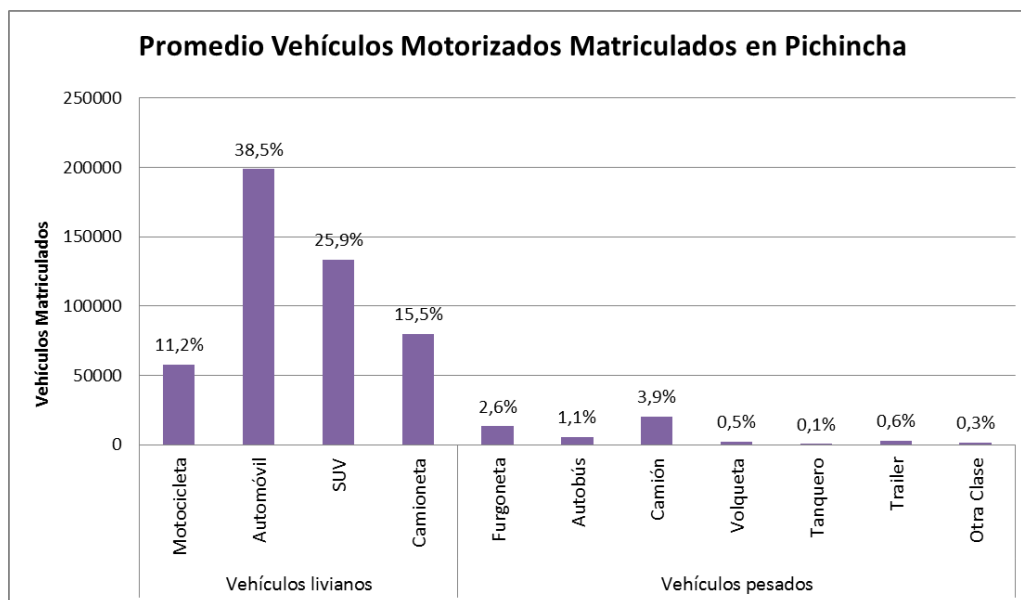
Tipo de Vehículos	2017	2018	2019	2020	2021	Prom.	Distribución
Moto.	49324	54214	54309	60882	70656	<b>57877</b>	11,2%
Vehículos Auto.	206222	211932	204335	174745	196296	<b>198706</b>	38,5%
Livianos SUV	128260	138483	134557	124148	142454	<b>133580</b>	25,9%
Camionet.	80647	84964	81111	73781	78602	<b>79821</b>	15,5%

Tipo de Vehículos	2017	2018	2019	2020	2021	Prom.	Distribución	
Vehículos Pesados	Furgoneta	14333	14996	12765	10324	13820	<b>13248</b>	2,6%
	Autobús	5783	6186	6192	4788	4738	<b>5537</b>	1,1%
	Camión	19814	21291	20853	17993	20602	<b>20111</b>	3,9%
	Volqueta	2728	3121	2242	1974	2054	<b>2424</b>	0,5%
	Tanquero	635	731	545	558	493	<b>592</b>	0,1%
	Trailer	2905	3271	3269	2878	2881	<b>3041</b>	0,6%
Otra clase	1131	1638	1768	1886	1682	<b>1621</b>	0,3%	
<b>Total por año</b>	<b>511782</b>	<b>540827</b>	<b>521946</b>	<b>473957</b>	<b>534278</b>	<b>516558</b>	<b>100%</b>	

*Nota.* Tomado de Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Estadística de Transporte

**Figura 15**

Tipo de vehículos matriculados en Pichincha



*Nota:* Tomado de Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Estadística de Transporte

Según el tipo de vehículos matriculados en la provincia de Pichincha en promedio los automóviles representa el 38,5% del total, seguidos por los SUV y camionetas con un 25,9% y un 15,5% respectivamente, además las motocicletas representan el 11,2% del total de vehículos matriculado durante los últimos 5 años, juntos estos cuatro tipos de vehículos livianos representan el 91% del total del parque automotor que se ha matriculado durante los últimos 5 años.

**Tabla 8**

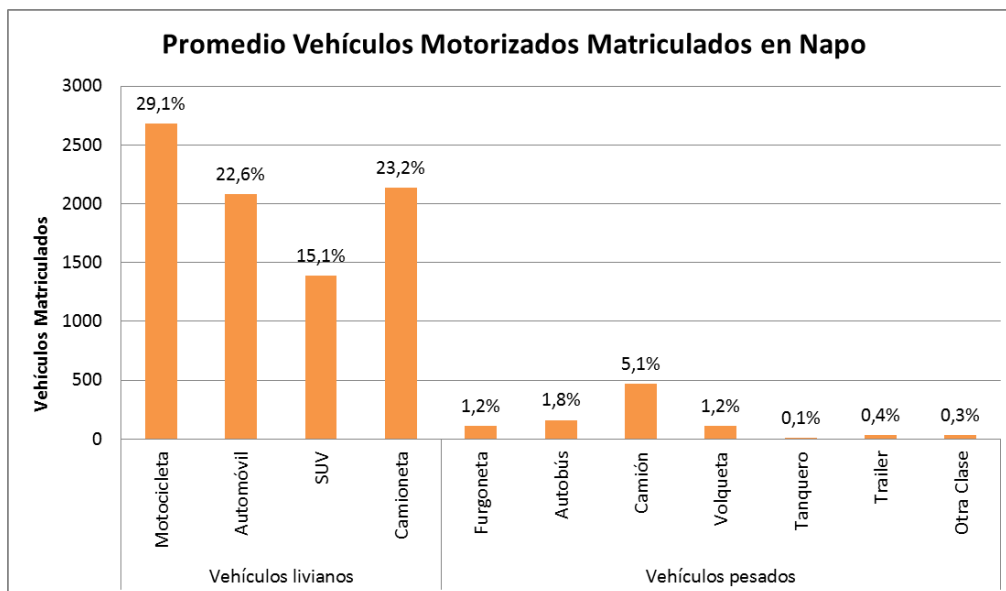
Tipo de vehículos matriculados en Napo

<b>Tipo de Vehículos</b>		<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>Promedio</b>	<b>Distribución</b>
Vehículos Livianos	Motocicleta	2516	2734	2354	2782	3006	<b>2678</b>	29,1%
	Automóvil	1803	2076	2068	2200	2250	<b>2079</b>	22,6%
	SUV	1185	1359	1367	1515	1503	<b>1386</b>	15,1%
	Camioneta	2082	2191	2140	2216	2038	<b>2133</b>	23,2%
Vehículos Pesados	Furgoneta	101	125	107	101	130	<b>113</b>	1,2%
	Autobús	177	181	164	132	153	<b>161</b>	1,8%
	Camión	497	485	487	442	438	<b>470</b>	5,1%
	Volqueta	114	148	124	116	58	<b>112</b>	1,2%
	Tanquero	9	10	9	8	7	<b>9</b>	0,1%
	Trailer	38	36	33	31	30	<b>34</b>	0,4%
Otra clase		18	34	42	42	23	<b>32</b>	0,3%
<b>Total por año</b>		<b>8540</b>	<b>9379</b>	<b>8895</b>	<b>9585</b>	<b>9636</b>	<b>9207</b>	<b>100%</b>

*Nota.* Tomado de Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Estadística de Transporte

**Figura 16**

Tipo de vehículos matriculados en Napo



*Nota.* Tomado de Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Estadística de Transporte

Al igual que el análisis anterior, según el tipo de vehículos matriculados en la provincia de Napo las motocicletas predominan en esta provincia ya que representa un 29,1% de todo el parque automotor matriculado en dicha provincia, le siguen las camionetas con un 23,2%, los automóviles con un 22,6% y después los SUV con un 15,1%, juntos estos cuatro tipos de vehículos livianos representan el 89,9% del total del parque automotor que se ha matriculado en promedio durante los últimos 5 años.

Una vez realizado el estudio general de tráfico en el país y la provincia, amerita un estudio local de tráfico en la vía para conocer y comparar el TPDA local, el mismo que se lo realiza más adelante.

## Capítulo 3: Marco Teórico

### Siniestros de tránsito en Ecuador

Existe una confusión muy generalizada entre lo que es siniestro y lo que es accidente, se cree que son sinónimos pero no lo es, ya que al referirnos al accidente estamos hablando de un hecho fortuito, algo inesperado e imprevisto que no se puede controlar como por ejemplo situaciones climáticas extremas, hielo sobre la calzada de la vía, derrumbe de un talud sobre la vía entre otros.

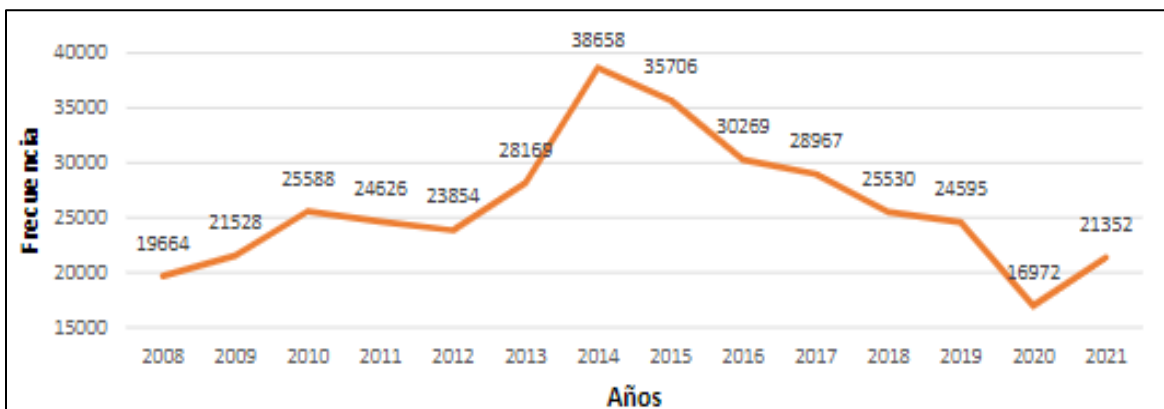
En cambio si hablamos de siniestro nos referimos a un hecho que puede prevenirse y que puede ser evitable como por ejemplo un choque vehicular por conducir a exceso de velocidad, este hecho se puede prever si el conductor no excede de velocidad permitida, por tal razón los siniestros son causales ya que existen causas evitables que pueden preverse.

En este contexto la mayoría de choques o situaciones trágicas en las vías se consideran siniestros ya que pueden ser evitables y generalmente son ocasionados por errores humanos o hechos causales.

En Ecuador los siniestros de tránsito en un 80% son causado por factores humanos, y estos pueden ser: manejar a exceso de velocidad, imprudencia o impericia, manejar bajo los efectos del alcohol o sustancias psicotrópicas, incumplimiento de las leyes de tránsito, entre otras. (Ortiz, Zambrano, García, & Delgado, 2022)

**Figura 17**

Frecuencia de siniestros de tránsito a nivel Nacional



*Nota.* Tomado de Estadística nacional de accidentes de tránsito desde 2008, Agencia Nacional de Tránsito, 2022.

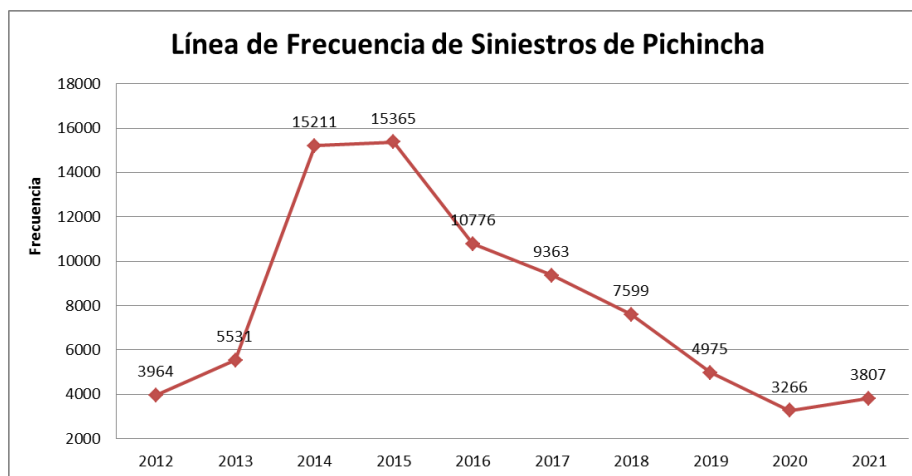
La Agencia Nacional de Tránsito (ANT) mantiene una estadística nacional desde el 2008, en donde se puede evidenciar la cantidad de siniestros de tránsito a lo largo del tiempo en el país. En esta gráfica se puede evidenciar la existencia de un gran pico en el 2014 con un total de 38658 siniestros y con un promedio en los últimos 14 años de 26120 siniestros de tránsito, además hay que señalar que existe un descenso abrupto en el año 2020, este suceso muy atípico debido a la restricción de circulación para frenar los casos COVID-19. (ANT, 2022)

Así mismo tenemos que hablar de las dos Provincias que une esta vía (Pifo- Papallacta) las cuales son Pichincha y Napo. Dichas provincias presentan grandes diferencias de frecuencia de siniestros de tránsito, esto debido a la gran afluencia de vehículos que circulan en la provincia de Pichincha



**Figura 18**

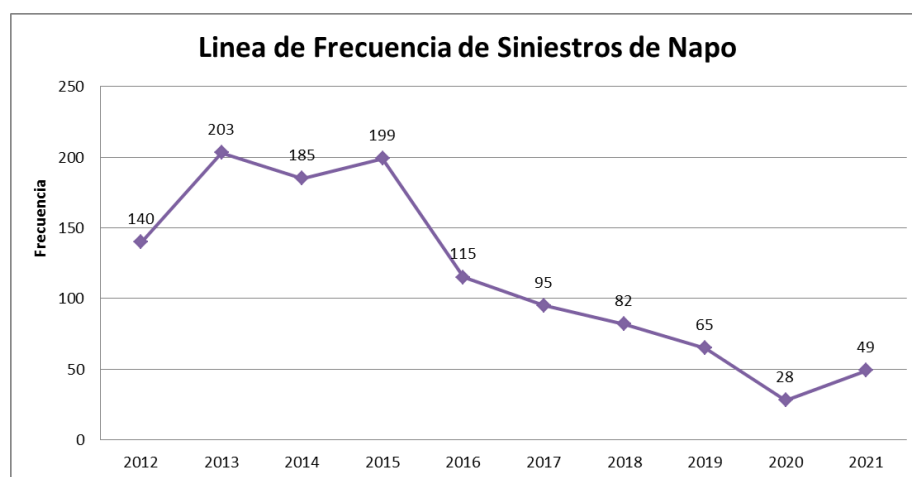
Frecuencia de siniestros de tránsito en Pichincha



*Nota.* Tomado de Estadística nacional de accidentes de tránsito desde 2008, Agencia Nacional de Tránsito, 2022.

**Figura 19**

Frecuencia de siniestros de tránsito en Napo



*Nota.* Tomado de Estadística nacional de accidentes de tránsito desde 2008, Agencia Nacional de Tránsito, 2022.

Al observar las figuras 18 y 19 las líneas de frecuencia de siniestros de tránsito en las provincias de Pichincha y Napo se evidencia que a partir del año 2015 empieza a disminuir

considerablemente hasta el 2020 y desde el 2021 vemos un pequeño repunte en la siniestralidad en dichas provincias.

### **Seguridad Vial Activa y Pasiva.**

La seguridad vial es la adecuada prevención de siniestros viales mediante el uso de conocimientos (leyes, normas y reglamentos) y códigos de conducta tanto para peatones, pasajeros o conductores al utilizar las vías públicas y así garantizar el normal flujo del tráfico y el funcionamiento vehicular. De igual forma la seguridad vial es la encargada de prevenir y tratar de reducir los daños y consecuencias de los siniestros de tráfico con objetivo principal de proteger la seguridad personal de quienes circulan por la vía pública y prevenir los factores de riesgo. La seguridad vial se conforma por dos grandes grupos, La seguridad vial activa y pasiva. (Linderman, 2020)

#### ***Seguridad Vial Activa***

La seguridad vial activa son todos aquellos mecanismos o elementos que tiene como objeto evitar o disminuir el riesgo de que se produzca el siniestro. Dentro de la seguridad vial activa se puede englobar en tres factores que intervienen en un siniestro: el ser humano, el vehículo y a vía. (MAPFRE, 2021)

La seguridad vial activa humana es aquella que dependen de la voluntad de las personas y esta pueden ser: la educación vial, utilización de elementos reflectantes al transitar por las vías, conducción vehicular adecuada, respetando la normativa vial vigente.

La seguridad vial activa para el vehículo es aquella que comprende todos los elementos mecánicos que dispone el vehículo y que tienen por objeto evitar que se produzca siniestros, aquí podemos encontrar los siguientes: frenos, neumáticos, control de estabilidad, luces de cambio de carril, entre otros.

La seguridad vial activa para la vía son aquellos elementos que se incorporan a la vía con el fin de evitar que se produzcan siniestros, estos pueden ser: pasos peatonales elevados, peraltes de curvas, reductor de velocidad en la vía, señalización vertical y horizontal adecuada. Así como los dispositivos de navegación reflectiva.

### ***Seguridad Vial Pasiva***

La seguridad vial pasiva es el conjunto de acciones y elementos de los vehículos y demás componentes del tráfico que intervienen durante y después de un siniestro de tránsito con el objetivo de reducir sus consecuencias. Como en la seguridad activa en la seguridad pasiva también encontramos tres factores que intervienen en un siniestro: el ser humano, el vehículo y la vía. (MAPFRE, 2021)

La seguridad vial pasiva humana tiene que ver con todas las acciones que realice el conductor con el fin de precautelar su seguridad física. Se puede ejemplificar como el uso de cinturón de seguridad o el uso de casco cuando se conduce una motocicleta o bicicleta.

La seguridad vial pasiva en los vehículos se trata de todos los elementos que proporcionan protección física durante y después de que se suscite el siniestro, tenemos como ejemplo los siguientes: reposa cabezas, airbag, cinturón de seguridad, paragolpes, barras laterales, sistema antivuelco, etc.

La seguridad vial pasiva en la vía son aquellos elementos viales que permiten minimizar los daños al vehículo con el fin de precautelar las vidas de sus ocupantes. Los principales elementos son: **las rampas de emergencia de frenado**, muros especiales de impacto, guardavía, balizas, etc.

### Definición de rampas de emergencia de frenado.

La rampa de emergencia de frenado se define como un carril auxiliar que se ubica al costado de la vía y sirve para disipar la energía cinética del vehículo motorizado que pierde el control de frenado del vehículo por fallas mecánicas, entre todas las fallas mecánicas existente la más recurrente en este tipo de vías es la pérdida de frenos.

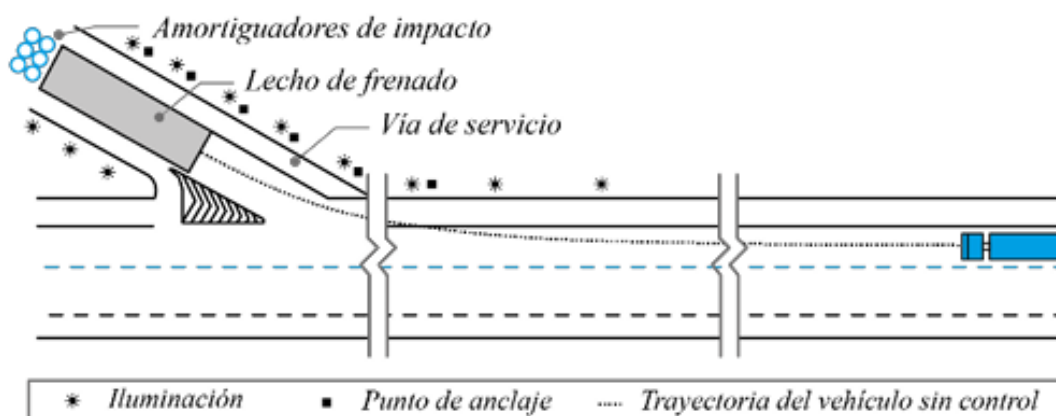
La rampa de emergencia de frenado en estos casos es de gran ayuda ya que mediante el uso de materiales granulares sueltos se desacelera el automotor de forma controlada y segura. Las rampas de emergencia para frenado por lo general necesitan de un camino de servicio auxiliar que servirá para que la grúa retire el automotor que se incrustó en dicha rampa. (NOM-036-SCT2-2016, 2016).

### Elementos de una rampa de emergencia de frenado

Al observar el siguiente gráfico se puede distinguir los diferentes elementos que posee una rampa de emergencia de frenado

#### Figura 20

Esquema típico de rampa de emergencia de frenado



*Nota.* La imagen muestra los elementos de una rampa de emergencia de frenado, tomado de Rampas de Escape para Camiones en Carreteras, Vol.49, por: Y. García, 2022.

**Amortiguadores de impacto:** son elementos tipo barrera que se colocan al final de una rampa de emergencia de frenado y permiten detener por completo al vehículo que se quedó sin frenos.

**Cama de frenado o lecho de frenado:** consiste en una cama de material granular suelto que puede ser grava, arena o gravilla y el espesor de esta cama varía entre 0,60 metros hasta 1 metro.

**Vía de servicio o carril auxiliar:** es un carril que tiene como mínimo 3 metros de anchura y sirve para retirar mediante una grúa a los vehículos incrustados en la cama de frenado, además también sirve como carril para realizar mantenimiento a la cama de frenado.

**Puntos de anclaje:** son dados de hormigón incrustados en el carril auxiliar y sirven como apoyo para que la grúa tenga estabilidad y pueda maniobrar en óptimas condiciones para retirar el vehículo incrustado en la cama de frenado.

**Iluminación:** este punto es muy importante ya que las rampas de emergencia de frenado tienen que estar bien iluminadas, los postes de luz se deberán colocarse cada 25 a 30 metros de distancia y abarcarán todo el ancho de la rampa, además de usar balizas reflectantes y otro tipo de luminosidad necesaria para la rampa.

**Señalización (Trayectoria del vehículo):** La señalización tanto horizontal como vertical comprende un importante elemento para la correcta utilización de las rampas de emergencia de frenado. Sobre la calzada se debe marcar con una línea roja la trayectoria a recorrer por el vehículo sin frenos hasta llegar a la rampa de emergencia de frenado.

### **Tipos de rampas de emergencia de frenado**

Existen de diferentes tipos y con diferentes materiales, por lo que se identifica 3 tipos de rampas que por sus características se describe a continuación:

***Rampa Gravitacional:***

Las rampas gravitacionales tiene un material granular densamente compactado en la superficie de rodadura, se construye a contrapendiente de la vía y como principal objetivo es disminuir la velocidad y detener el vehículo que ha perdido su sistema de frenos a través de la fuerza de gravedad. (NOM-036-SCT2-2016, 2016)

***Rampa tipo Camas de frenado:***

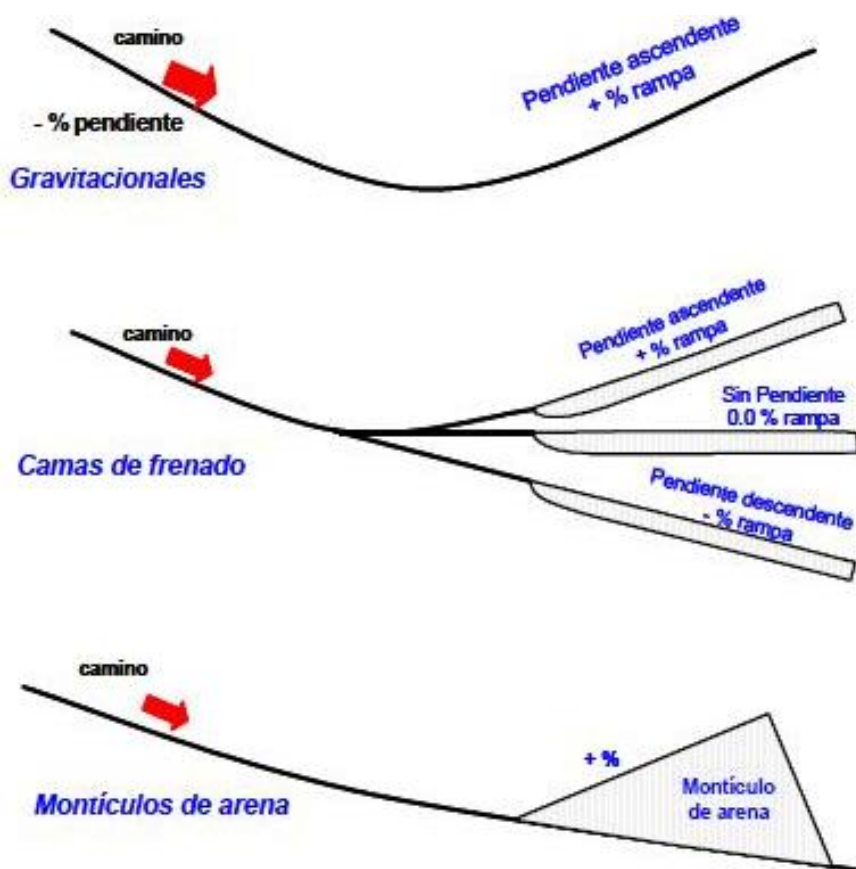
Este tipo de rampa de emergencia de frenado son las más utilizadas por los constructores y diseñadores por lo que existen tres subtipos de rampas en función de la pendiente a usar: rampa de pendiente descendente, pendiente horizontal y pendiente ascendente. Estas rampas son construidas normalmente paralelas y adyacentes a la vía. Este tipo de rampas se caracterizan por utiliza un material granular suelto. Las camas de frenado con pendiente ascendente tienen la ventaja de utilizar la inclinación al terreno como complemento a los materiales granulares de la cama de frenado y reducir así su longitud. En donde la topografía no lo permita la utilización de camas de frenado con pendiente horizontal o descendente son otra opción que tienen la particularidad de que se requerirá una mayor longitud de cama de frenado. (NOM-036-SCT2-2016, 2016)

***Rampa de Montículos de arena:***

Este tipo de rampa está constituida por arena suelta y seca, su longitud normalmente no sobrepasa los 120 m. Esta rampa depende de la gravedad de la pendiente de la superficie, la resistencia a la rodadura lo define la arena suelta, sin embargo estas desaceleraciones en montículos de arena son muy bruscas para el conductor, además de que la arena puede ser afectada por el clima. (NOM-036-SCT2-2016, 2016)

Figura 21

Tipos de rampa de emergencia de frenado



Nota. Tomado de Diseño de rampas de emergencia para frenado en carreteras, por: J. Ramirez, 2015.

### Información a nivel Internacional sobre rampas de frenado.

Alrededor del mundo las rampas de emergencia de frenado o zonas de frenado o lecho de frenado son muy conocidas tanto así que se construyen a la par del diseño geométrico vial. Los estudios de tráfico y de siniestralidad de las vías ya construidas generan un mejor panorama para implementar dichas rampas. Se dice que son conocidas ya que muchos países han visto una problemática en la siniestralidad de los automotores y por tal razón se ha creado criterios de necesidad para el uso de las rampas de emergencia de frenado y de igual manera con estudios en cada país se han creado normas que permitan diseñar las rampas de

emergencia de frenado, por ejemplo en España la Norma 3.1-1C Trazado de Carreteras ya menciona el uso y la utilización de las zonas de frenado de emergencia. En Chile el Ministerio de Obras Públicas en su Manual de Carreteras (MOP 2022) de igual manera se habla extensamente de los lechos de frenado de emergencia.

En México la Secretaría de Comunicaciones (SCT) en el año 2016 oficializó la Norma NOM-036-SCT2-2016 que indica la obligatoriedad de las rampas de emergencia de frenado en las carreteras con tramos pendientes descendentes continuos y prolongados que las necesiten. De igual manera estas rampas son construidas en dos casos particulares: si anualmente en ese tramo ocurre, por lo menos, un siniestro o si existen las dimensiones para que un carro sin frenos pueda acelerar hasta 140 kilómetros por hora. (Milenio Digital, 2021)

En Estados Unidos la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte o por sus siglas en inglés AASHTO en su edición 2011 menciona ampliamente todos los criterios de necesidad y ubicación de rampas de emergencia de frenado, en cuanto a los cálculos y consideraciones de diseño dicha norma proporciona recomendaciones que se adecuan a cada terreno. A su vez la norma (AASHTO, 2011) como recomendación indica que es necesaria una rampa de emergencia de frenado cuando en una vía existan datos o registros de que se están produciendo siniestros de tránsito debido a problemas mecánicos del automotor relacionados a fallas en los frenos producidos por el sobrecalentamiento de los mismos. También se puede señalar como recomendación que las rampas de emergencia de frenado deben ser construidas en alineamientos rectos de la carretera analizada y antes de curvas muy cerradas, también deben ser ubicadas antes de zonas pobladas y una recomendación muy importante es colocar la rampa de emergencia en el margen derecho de la carretera. (García, 2022)

Algunos ejemplos de rampas de emergencia que existen en Latinoamérica se muestran en las siguientes figuras:



**Figura 22**

Ejemplo de rampa de emergencia de frenado en Colombia



*Nota.* La imagen muestra una zona de frenado en Colombia, tomado de Rampas de Emergencia Modernas, por: G. Speier, 2020 <https://speiersafety.com/es/rampas-de-emergencia-modernas/>

**Figura 23**

Ejemplo de rampa de emergencia de frenado en México



*Nota.* La imagen muestra una zona de frenado en México, tomado de Rampas de Emergencia Modernas, por: G. Speier, 2020 <https://speiersafety.com/es/rampas-de-emergencia-modernas/>

**Figura 24**

Ejemplo de rampa de emergencia de frenado en Argentina



*Nota.* La imagen muestra una zona de frenado en Argentina, tomado de Seguridad Vial, Ciudad de Buenos Aires, 2020 <https://www.buenosaires.gob.ar/desarrollourbano/transporte/autopistas-urbanas/seguridad-vial/infraestructura>

En América Latina muchas carreteras atraviesan por terrenos de baja, mediana y alta montaña, en muchos casos terrenos ondulados con pendientes pronunciadas y prolongadas que requiere cierta habilidad de los conductores, ya que en algunas ocasiones los automotores sufren de problemas mecánicos tales como el sobrecalentamiento de los sistemas de frenos y a su vez la capacidad de frenado. Como una medida para contrarrestar este problema es menester construir una rampa de emergencia de frenado.

**Datos de rampas de frenado de emergencia a nivel Nacional.**

En Ecuador existe una aproximación a una rampa de emergencia de frenado en la provincia de Manabí en la vía Manta- Portoviejo, o también llamada Transversal Central E30, a la altura del peaje el Guayabal. Esta vía está concesionada a la Empresa Pública Manabí Vial.

Se compone por una contrapendiente a la vía, que tiene 70 m de longitud y 4,80 m de ancho. Al final de la rampa se encuentra tanques metálicos llenos de agua con el fin de amortiguar el choque de vehículos sin frenos.

**Figura 25**

Rampa de emergencia de frenado en la vía Manta- Portoviejo sector Peaje Guayabal.

**Figura 26**

Señalética de rampa de emergencia de frenado



### **Amortiguadores de impacto o Atenuadores de Impacto**

En caso que el vehículo ingrese a una rampa de emergencia de frenado a una mayor velocidad y la rampa no sea lo suficientemente larga para atenuar la velocidad del automotor es necesario colocar un **atenuador de impacto o amortiguador de impacto**, que no es más que un dispositivo de protección que consiste en una estructura deformable que frena el automotor que choca contra él. El amortiguador de impacto absorbe total o parcialmente el impacto y

reduce significativamente el número de lesiones y de víctimas mortales de siniestros de tránsito, tanto así que en las vías de España desde 1989 se han implementado dichos amortiguadores y han permitido reducir en hasta 80% el número de muertes por choque en carreteras. (METALESA, 2021)

Los amortiguadores de impacto a más de resistir impactos frontales pueden resistir impactos laterales, lo cual permite redireccionar el vehículo sin frenos al interior de la vía, con lo cual se puede clasificar en las siguientes.

**Redireccionables:** son dispositivos de seguridad que se asemejan a una barrera y tienen como objetivo resistir el impacto y redireccionar al vehículo de nuevo hacia la vía.

**No redireccionables:** estos dispositivos de seguridad no tienen la capacidad de redirigir al vehículo nuevamente a la vía, sino resistir frontalmente el impacto y a su vez permitir que el vehículo se incruste en el dispositivo permitiendo así frenar completamente el vehículo.

### Figura 27

Ejemplos de amortiguadores de impacto redireccionables y no redireccionables



*Nota.* La imagen de la izquierda muestra un amortiguador de impacto redireccionable sistema QuadGuard y la derecha amortiguador de impacto no redireccionable de tambores de plástico, tomado de Diseño de un terminal atenuador de impactos para la seguridad pasiva en vías por: S. Caisaguano, & C. Montaleza, 2018.

### Criterios de necesidad de rampas de frenado.

Las referencias del porqué es necesario construir este tipo de seguridad vial pasiva para las carreteras se encuentra en las diferentes normativas que cada país según su necesidad y experiencia a lo largo de años han adquirido para solventar la problemática de pérdida de frenos de los vehículos.

**Tabla 9**

Criterios de necesidad para rampas de frenado.

Norma	Criterios de Necesidad
NEVI-12-MTOP (Ecuador)	En carreteras o caminos en donde se pueda identificar la recurrencia de siniestros de tránsito por falla de frenos y en donde el terreno lo permita.
	En carreteras existentes en donde se identifique y se tengan datos de recurrencia de siniestros de tránsito.
AASHTO-2011 (Estados Unidos)	En carreteras nuevas que tengas pendientes largas y pronunciadas y que se encuentren cercas a zonas urbanas.  En caso que el vehículo pierda el control debido a una falla mecánica.
MOP -2019 (Chile)	En vías en donde existan registros de recurrencia de siniestros de tránsito debido a falla de frenos.  En pendientes mayores a 5% y si $i^2 \cdot L > 60$ en donde ( $i$ =pendiente en % y $L$ =Longitud en km)
NOM-036-SCT2-2016 (México)	En vías en donde la ocurrencia anual de siniestros de tránsito es causados por vehículos sin frenos.  En caso que el vehículo sin frenos alcance hasta 140 k/h en pendientes descendientes
3.1-1C (España)	En tramos de carreteras donde existan pendientes prolongadas y los vehículos puedan perder el control por avería en los frenos.

Norma	Criterios de Necesidad
TA 57/87 (Reino Unido)	En pendientes mayores a 5% y si $i^2 \cdot L > 60$ en donde ( $i$ =pendiente en % y $L$ =Longitud en km)
TNZ (Nueva Zelanda)	En vías con pendientes descendientes en donde exista un registro histórico de siniestros causados por vehículos que pierden el control del automotor.

*Nota.* Tomado de Metodología de análisis y diseño de lechos de frenado por: T. Echavaguren, S. Vargas, J. Ñancufil, 2007.

Al revisar la tabla 9 se puede identificar que existe una similitud entre normas en cuanto a la necesidad de implementar una rampa de emergencia de frenado. Esta necesidad nace debido a la siniestralidad que tiene ciertas carreteras y a la recurrencia en un tramo específico de la carretera en donde el automotor ha perdido el sistema de frenos.

#### **Criterios de localización de rampas de frenado.**

La elección en donde se emplazará la rampa de emergencia de frenado viene dada por el estudio de siniestralidad y por el registro histórico en donde se identifica los puntos críticos de cada vía. Gracias a estos datos, múltiples normas y manuales de construcción en diferentes países han implementado ciertos criterios para elegir el lugar adecuado para construir la rampa de emergencia de frenado los cuales se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 10**

Criterios de localización para rampas de frenado

Norma	Criterios de Localización
NEVI-12-MTOP (Ecuador)	Establece criterios de localización de zonas de frenado de emergencia similares a la norma AASHTO-2011. No se presenta procedimientos analíticos.

Norma	Criterios de Localización
AASHTO-2011 (Estados Unidos)	Antes de zonas pobladas y de curvas horizontales. En cualquier lugar práctico de una vía en donde el alineamiento sea recto.
MOP -2019 (Chile)	Antes de zonas pobladas, casetas de peaje y de curvas muy pronunciadas.
NOM-036-SCT2-2016 (México)	Antes de zonas en donde los vehículos puedan estacionarse. Antes de zonas pobladas y de casetas de peajes. Al costado derecho del tramo vial con pendiente descendiente.
3.1-1C (España)	Antes de lugares de difícil maniobra para los vehículos En tramos viales aproximadamente rectos. Antes de una curva cerrada.
TA 57/87 (Reino Unido)	A una distancia cercana del lugar exacto en donde ocurren los siniestros por falla de frenos.

*Nota.* Tomado de Metodología de análisis y diseño de lechos de frenado por: T. Echavaguren, S. Vargas, J. Ñancufil, 2007.

Sintetizando los criterios de localización que nos presentan las diferentes normas descritas en la tabla 10 se puede identificar la similitud de las mismas. Al construir una rampa de emergencia de frenado hay que tomar en cuenta construirla antes de zonas pobladas o zonas de estacionamiento o a su vez antes de peajes, de igual manera se la debe construir en el margen derecho del tramo vial de pendiente descendiente y antes de una curva cerrada. Y en lo posible en contrapendiente

#### **Criterio de diseño de una rampa de frenado.**

Es de suma importancia tomar en cuenta que el conductor de un vehículo que ha perdido sus sistema de frenos y se encuentra fuera de control, no dispone de mucho tiempo para tomar decisiones o para realizar maniobras complejas. Por lo tanto el diseño de la rampa

de emergencia de frenado junto con la señalética deben ser lo más legibles, entendibles para que la reacción del conductor sea la correcta.

Las rampas de emergencia de frenado deben cumplir condiciones mínimas que son: (I) Disponer de un acceso amplio y seguro con una buena visibilidad de toda la rampa durante el mayor tiempo posible. (II) Contar con la suficiente longitud para que el frenado sea exitoso (III) Es necesario un camino de servicio auxiliar con el fin de remover a los vehículos atrapados en la rampa de emergencia y también para el mantenimiento de dicha rampa. (IV) Disponer de una señalización horizontal y vertical adecuada.

### **Longitud**

Se ha logrado determinar una expresión que relaciona el tipo de material que se utiliza en la cama de frenado y su resistencia a la rodadura, la velocidad con la que accede el vehículo a la rampa y la pendiente misma de la rampa. La cual se expresa a continuación:

$$Le = \frac{Ve^2}{254 (R + SI)}$$

Dónde:

Le = Longitud efectiva de la cama de frenado. (m).

Ve = Velocidad de entrada a la rampa. (km/hr).

R = Resistencia a la rodadura del material con que se conformara la cama de frenado.

(Adimensional). Ver tabla 10

SI = Pendiente de la cama de frenado. Positiva si es ascendente y negativa si es descendente.

(Adimensional).

Por lo que la expresión de la longitud total de la cama de frenado queda expresada de la siguiente manera:



$$L_T = (1,25 * L_e)$$

Dónde:

$L_T$  = Longitud total de la cama de la cama de frenado. (m)

$L_e$  = Longitud efectiva de la cama de frenado. (m)

### **Velocidad de entrada a la rampa**

Para la determinación de la velocidad de entrada se deberá utilizar la siguiente expresión:

$$V_e = \left( V_p^2 - 254 \sum_{i=1}^n L_{p_i} (R + P_i) \right)^{1/2}$$

Dónde:

$V_p$  = Velocidad de operación media o estimada de la carretera. (km/h)

$n$  = Números de subtramos con pendientes descendentes diferentes, que integren el tramo para el que se proyecte la rampa. (Adimensional)

$L_{p_i}$  = longitud del subtramo  $i$  con pendiente descendente  $P_i$ . (m)

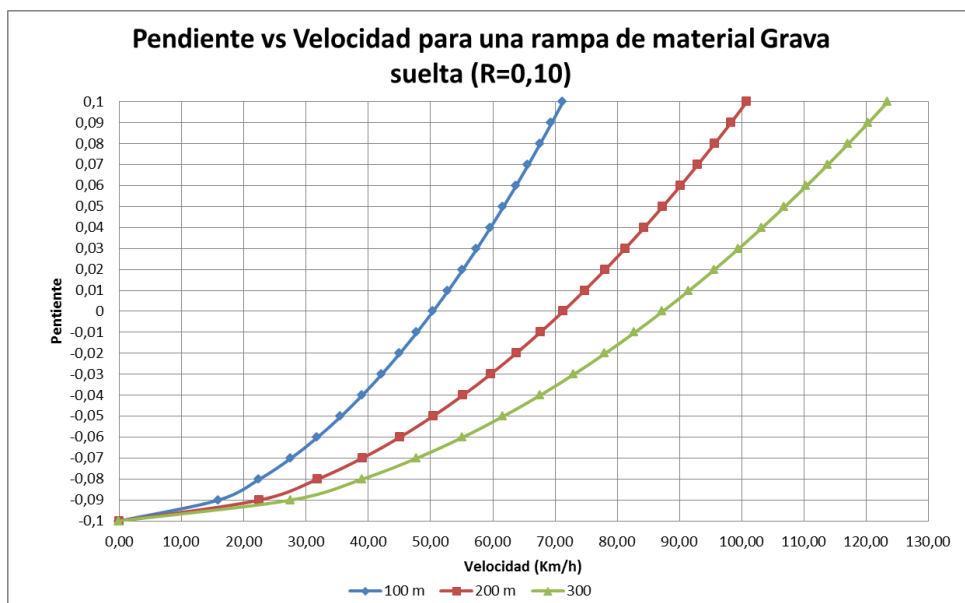
$R$  = Resistencia a la rodadura de la superficie del pavimento, se considerara de 0.01 para pavimentos asfálticos y de 0.012 para pavimentos hidráulicos.

(Adimensional). Ver tabla 11

$P_i$  = Pendiente descendente negativa del subtramo  $i$  de longitud  $L_{p_i}$ . (Adimensional).

**Figura 28**

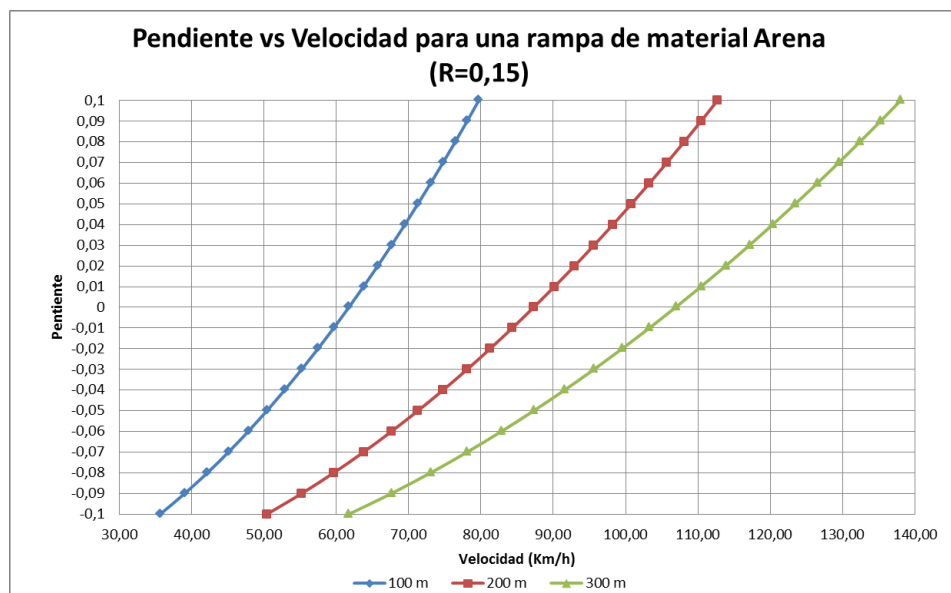
Curvas Pendiente vs Velocidad para un rampa de frenado con diferentes longitudes.



*Nota.* Curvas pendiente vs velocidad para 100m, 200m, 300m en material grava de río

**Figura 29**

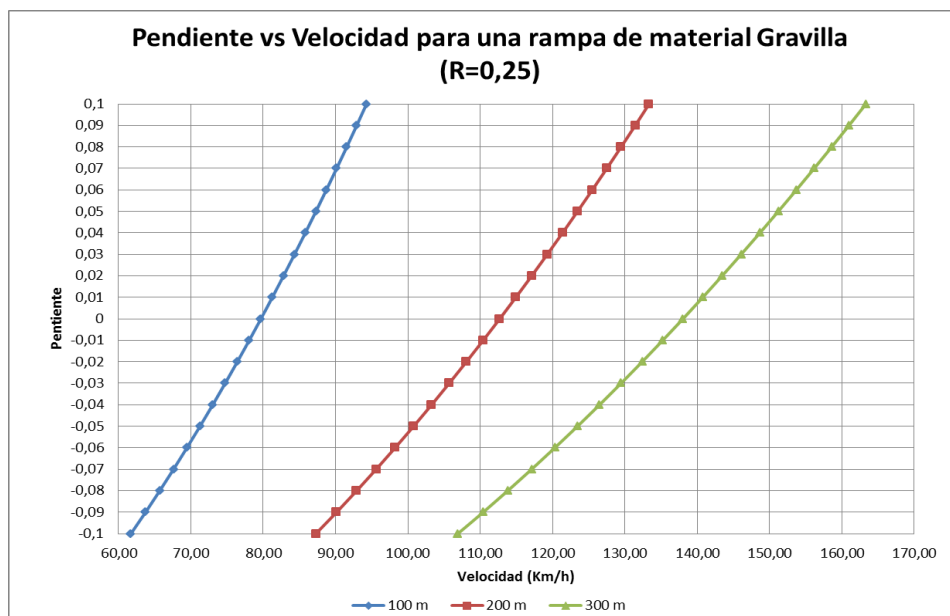
Curvas Pendiente vs Velocidad para un rampa de frenado con diferentes longitudes



*Nota.* Curvas pendiente vs velocidad para 100m, 200m, 300m en material arena suelta

**Figura 30**

Curvas Pendiente vs Velocidad para un rampa de frenado con diferentes longitudes



*Nota.* Curvas pendiente vs velocidad para 100m, 200m, 300m en material gravilla suelta

### ***Materiales para la cama de frenado***

Existen diferentes materiales con los que se puede conformar la cama de frenado, sin embargo los más utilizados son los siguientes:

**Tabla 11**

Resistencia a la rodadura de materiales para cama de frenado.

<b>Material de la cama de frenado</b>	<b>Resistencia a la Rodadura, R</b>
Grava triturada suelta	0,050
Grava de río suelta	0,100
Arena Suelta	0,150
Gravilla uniforme suelta	0,250

*Nota.* Tomado de Diseño de rampas de emergencia para frenado en carreteras, por: J.Ramirez, 2015.

Como se menciona en la tabla 11 los materiales idóneos para formar una cama de frenado pueden ser: la grava triturada suelta, grava de río, arena o gravilla uniforme, estos materiales no son fáciles de compactar, deben encontrarse limpios y libres contaminación. Según la normativa mexicana NOM-036-SCT2-2016 detalla información acerca de qué tipo de materiales son necesarios para usar en una cama de frenado, de igual manera indica la granulometría que debe cumplir dicho material. La superficie de grava, gravilla o arena requiere de mantenimiento periódico para evitar la compactación.

**Tabla 12**

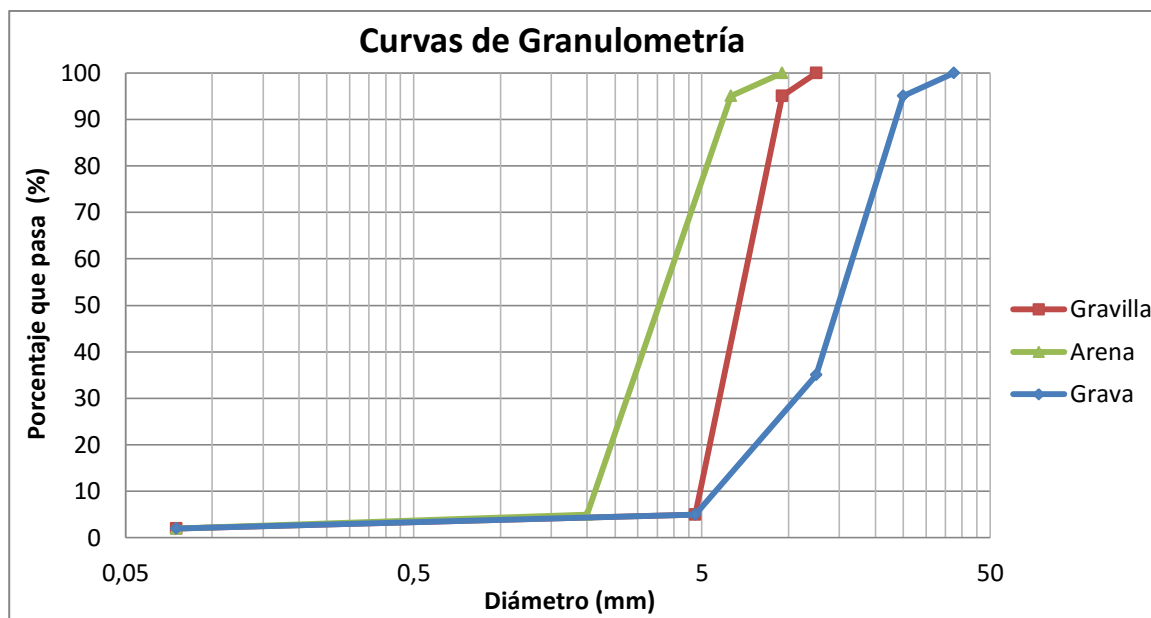
Granulometría del material para la cama de frenado

Malla		Porcentaje que pasa		
Abertura (mm)	Designación	Grava	Gravilla	Arena
37,5	1 1/2"	100	---	----
25	1"	95 min	----	----
12,5	1/2"	35 máx	100	---
9,5	3/8"	---	95 min	100
6,3	1/4"	---	---	95 min
4,75	Nº 4	5 máx	5 máx	---
2	Nº 10	---	---	5 máx
0,075	Nº200	2 máx	2 máx.	2 máx
Característica		Valor		
Porcentaje máximo de desgaste por abrasión. Máquina de Los Ángeles		30	30	30
Porcentaje máximo de partículas alargadas y lajeadas		25	25	25

*Nota.* Tomado de Rampa de emergencia para frenado en carreteras, Norma Oficial Mexicana, 2016.

**Figura 31**

Curvas granulométricas para los materiales de la cama de frenado.



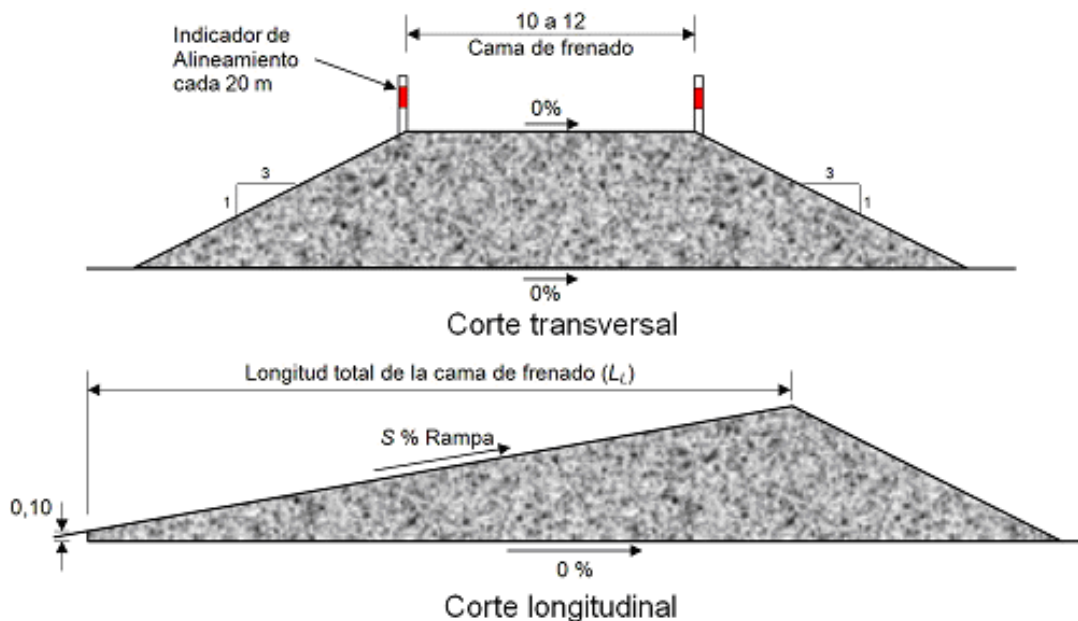
### ***Espesor y ancho de la rampa de emergencia***

A más de la longitud, la velocidad de entrada y los materiales a emplearse en la rampa de frenado, el espesor (profundidad) de la cama de frenado es muy importante ya que esta será la encargada de amortiguar y desacelerar al vehículo que ha perdido el sistema de frenos.

En las rampas de emergencia, las camas de frenado en forma de montículo se colocan a lo largo de una terraza horizontal de tal forma que la pendiente ascendente no supere los dos coma cinco por ciento (2,5 %), a su vez tiene taludes a los costados y al final de la longitud total en proporción mínima tres a uno (3:1), tal como se muestra en la figura 31. El ancho de la cama de frenado a lo largo de la rampa varía entre diez metros (10 m) a doce metros (12 m), todo depende como se diseñe la rampa de emergencia de frenado. Las balizas de alineamiento se colocarán cada 20 metros a los costados de la rampa. (NOM-036-SCT2-2016, 2016)

**Figura 32**

Corte transversal y longitudinal de una rampa tipo montículo

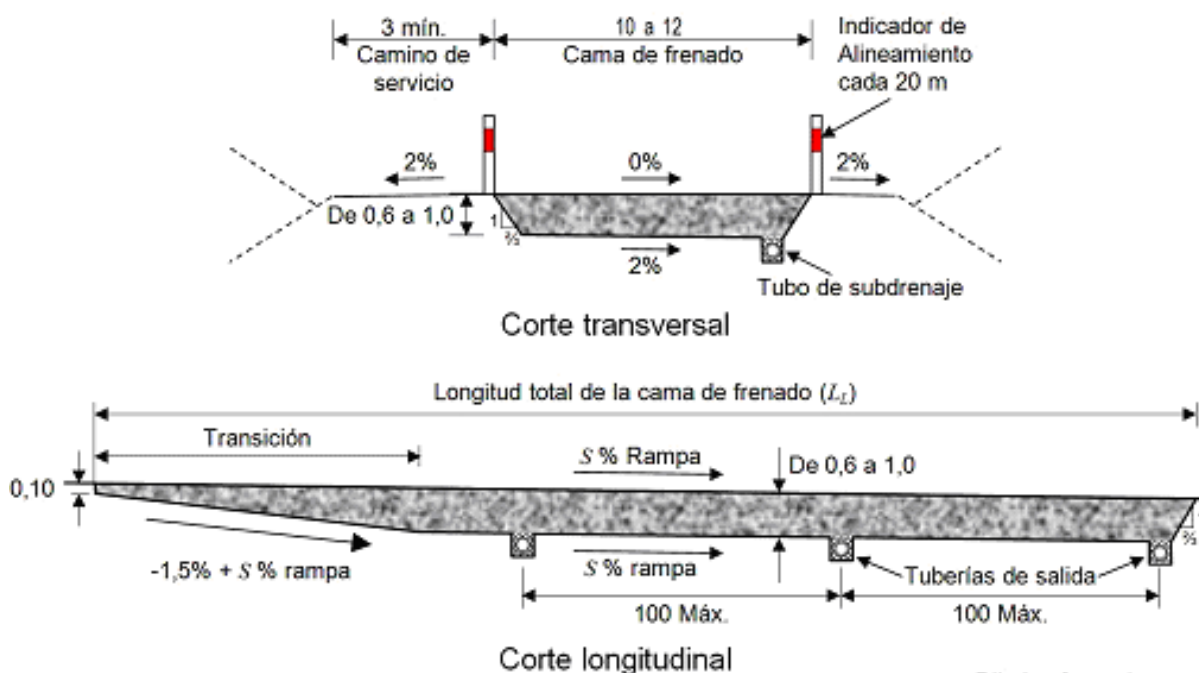


Nota. Disposición en corte de rampa de emergencia tipo montículo, tomado de Rampa de emergencia para frenado en carreteras, Norma Oficial Mexicana, 2016.

Las rampas de emergencia de frenado que son de tipo descendientes, horizontales y ascendentes deben cumplir con un primer requisito que es tener una profundidad de sesenta centímetros (60 cm) a un metro (1 m). Esta cama de frenado debe encontrarse embebida en la terracería del terreno y sobre terreno compactado, a su vez usando todos los geo sintéticos necesarios para que la cama de frenado no se mezcle con el suelo natural, los taludes laterales que conformará esta unión deben ser de dos tercios a uno ( $2/3: 1$ ) tal como se muestra en la figura 32. Como se comentó anteriormente el ancho de la cama de frenado varía entre diez metros (10 m) a doce metros (12 m). (NOM-036-SCT2-2016, 2016)

**Figura 33**

Corte transversal y longitudinal de una rampa tipo cama de frenado.



*Nota.* Disposición en corte de rampa de emergencia de frenado tipo descendientes, horizontales y ascendentes, tomado de Rampa de emergencia para frenado en carreteras, Norma Oficial Mexicana, 2016.

Hay que tomar en consideración que para evitar una desaceleración abrupta en la cama de frenado se debe construir una zona de transición que consiste en colocar un espesor de diez centímetros (10 cm) en el punto de comienzo de la cama de frenado e ir aumentando la profundidad hasta alcanzar el espesor calculado y diseñado. Si se utiliza como material grava triturada para la cama de frenado es recomendable colocar un metro (1 m) de espesor como mínimo. (NOM-036-SCT2-2016, 2016)

### ***Drenajes y sub-drenaje de cama de frenado***

El sistema de drenaje y sub-drenaje de la rampa de emergencia de frenado es diseñado con el fin de recolectar el agua lluvia que escurre en toda la superficie al igual que el agua que se infiltra en toda la rampa de frenado con el fin de desalojarla oportunamente. (Gutiérrez & Cubillos, 2020)

El que las rampas de emergencia de frenado cuenten con un drenaje y un sub-drenaje óptimo permite que el mantenimiento de la cama de frenado sea menos costoso y a su vez que no se compacte el material granular colocado en dicha rampa.

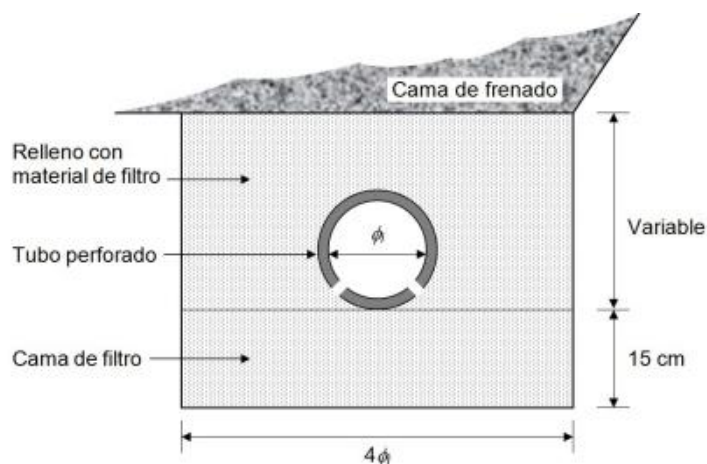
El carril auxiliar de la rampa de frenado contará con una pendiente dos por ciento (2%) que encauzará el escurrimiento superficial del agua lluvia hacia las cunetas laterales y estas a su vez al drenaje de la vía principal.

El sub-drenaje que se coloca en la cama de frenado consiste en un tubo perforado de policloruro de vinilo o más conocido como PVC de diámetro interno  $\Phi$  igual a quince centímetros (15 cm) recubierto con un geotextil e introducido en una zanja con las dimensiones mínimas que se muestran en la figura 33. Este subdren se colocará transversalmente cada cien metros (100 m) como máximo y con una pendiente de dos por ciento (2%) y se unirá a una tubería principal longitudinal de subdren con una pendiente mínima de uno coma cinco por ciento (1,5%) que se colocará a un costado de la cama de frenado tal como se muestra en la figura 33. (NOM-036-SCT2-2016, 2016)



**Figura 34**

Sub-drenaje de una rampa de emergencia de frenado



*Nota.* Se observa las dimensiones de una zanja con un drenaje para una rampa de emergencia de frenado, tomado de Rampa de emergencia para frenado en carreteras, Norma Oficial Mexicana, 2016.

**Figura 35**

Drenaje y sub-drenaje de una rampa de emergencia de frenado.



*Nota.* Ejemplo de drenaje y sub-drenaje en una rampa de frenado en México, tomado de Experiencia en el Diseño y Operación de Rampas de Frenado en Autopistas, E. Mayoral, C. Cuevas, F. Rivera, A. Mendoza, F. Moreno, R. Cuellar, 2008.

### **Carril auxiliar de servicio**

Este carril permite rescatar a los vehículos que ingresen a la rampa de emergencia de frenado, puede ubicarse a la izquierda o derecha de la cama de frenado y cuenta con un ancho mínimo de tres metros (3 m) que incluye una pendiente adecuada para el escurrimiento de agua lluvia. Este carril será pavimentado con el fin de proveer un apoyo firme para los equipos de rescate y en algunos casos contará con puntos de anclaje que permita a la grúa de rescate apoyarse adecuadamente. (Gavidia & Pimentel, 2016)

### **Figura 36**

Rampa de emergencia de frenado con carril auxiliar a la izquierda y derecha.



*Nota.* En la imagen de la izquierda se observa una rampa de frenado en Alemania con carril auxiliar a la izquierda y en la imagen de la derecha se observa una rampa de frenado en México con carril auxiliar a la derecha, tomado de Rampas de emergencia para frenado por: Gob. México, 2022. <https://www.gob.mx/capufe/es/articulos/rampas-de-emergencia-para-frenado>

### **Señalética de rampa de frenado**

La señalética es una parte fundamental de las rampas de frenado de emergencia ya que permite a los choferes que perdieron el sistema de frenos encarrilar el automotor hacia la rampa. Esta señalética tiene que contener la mayor información posible, debe ser de fácil

visibilidad, elaborada con elementos luminosos o reflectivos y tienen que ubicarse estratégicamente en la vía. La señalética se divide en horizontal y vertical.

**Señalética Horizontal:** Este tipo de señales son pintadas o colocadas en el pavimento e indicarán la aproximación a una rampa de frenado. Una de las señales horizontales que comúnmente se coloca sobre el pavimento es la leyenda indicando la distancia faltante al ingreso a la rampa. Otra señalética que se coloca es una raya continua instalada a dos kilómetros (2 km) o tres kilómetros (3 km) tanto en tangentes como en curvas con un ancho de quince centímetros (15 cm) y de un color rojo reflejante. Además se instala botones o vialetas reflejante de color rojo cada diez metros (10 m) a quince metros (15 m) en curvas y cada treinta metros (30 m) a veinte metros (20 m) en tangentes. (Mayoral, Cuevas, Rivera, Mendoza, Moreno, & Cuellar, 2008)

### Figura 37

Señalética horizontal para una rampa de frenado.



*Nota.* En la imagen de la izquierda se observa una leyenda de aproximación de rampa de frenado sobre el pavimento y en la imagen de la derecha se observa botones rojos y línea roja de aproximación de rampa de frenado, tomado de tomado de Experiencia en el Diseño y Operación de Rampas de Frenado en Autopistas, E. Mayoral, C. Cuevas, F. Rivera, A. Mendoza, F. Moreno, R. Cuellar, 2008.

Al ingreso de la rampa de frenado existe una zona de transición que está conformada por un tablero con rectángulos rojos y blancos reflejantes colocados en forma alternada cuyas dimensiones son de tres metros (3 m) en el sentido del eje longitudinal de la rampa y de un metro (1 m) en el sentido transversal.

### Figura 38

Señalética horizontal al ingresar a la rampa de emergencia de frenado.

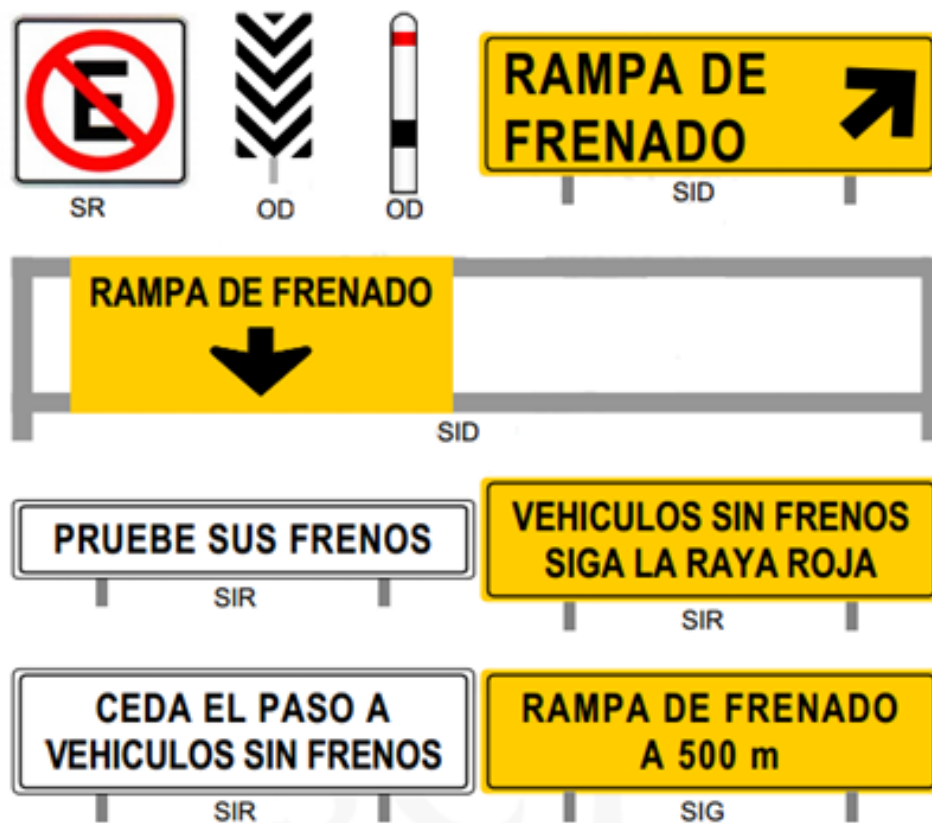


*Nota.* Señalética al ingreso de una rampa de emergencia, tomado de Rampas de emergencia para frenado por: Gob. México, 2022. <https://www.gob.mx/capufe/es/articulos/rampas-de-emergencia-para-frenado>

**Señalética Vertical:** Este tipo de señales se ubican al costado o sobre la vía, e informan de la cercanía de una rampa de frenado. Existen diferentes tipos de señales verticales las cuales son: señales de información general (SIG), señales informativas de destino (SID), señales informativas de recomendación (SIR), señales informativas de servicios (SIS), señales restrictivas (SR) y señales diversas (SD). Toda esta señalética se encuentra establecida en la norma (NOM-036-SCT2-2016, 2016).

Figura 39

Tipos de señales verticales



*Nota.* Señalética vertical para una rampa de emergencia de frenado, tomado de Rampa de emergencia para frenado en carreteras, Norma Oficial Mexicana, 2016.

### ***Mantenimiento de rampa de frenado***

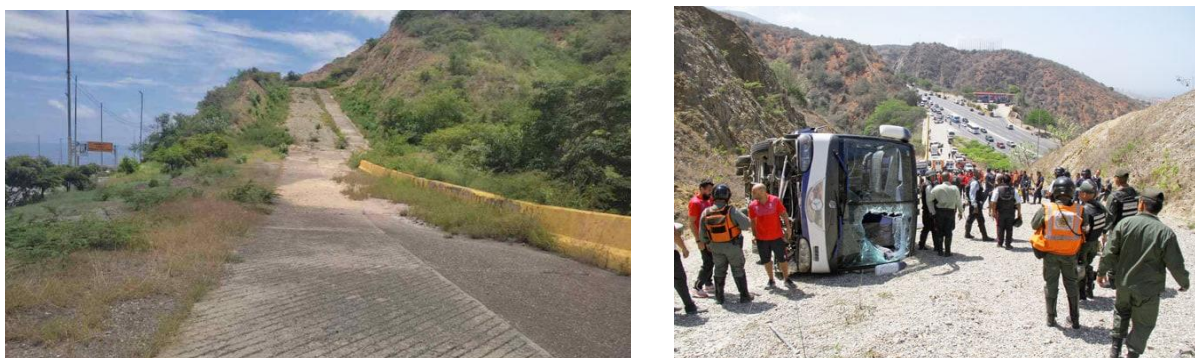
Las rampas de emergencia de frenado deben recibir un mantenimiento preventivo con el fin de evitar que el material de la cama de frenado se compacte por las condiciones climáticas, por lo que es necesario remover y escarificar continuamente el material granular, generando surcos longitudinales tipo camellones que permite airear dicho material húmedo y de igual manera se debe reemplazar el material granular que no se encuentre en óptimas condiciones, a su vez la rampa de emergencia y el drenaje debe estar libre de maleza.

La señalética horizontal debe ser legible para el usuario, soportar los climas extremos y el paso vehicular al igual que la señalética vertical debe encontrarse sin obstáculos y de fácil visualización tanto en el día como en la noche. Es primordial realizar constantes mantenimientos preventivos.

El no realizar mantenimientos preventivos o correctivos a la rampa de emergencia de frenado conlleva a que esta no funcione adecuadamente, y en vez de salvaguardar vidas se perderán ya que la rampa de emergencia pierde su funcionalidad.

#### **Figura 40**

Rampa de emergencia de frenado sin mantenimiento y su efecto.



*Nota.* En la imagen de la izquierda se observa una rampa de emergencia sin mantenimiento y la imagen de la derecha muestra el efecto de no realizar el mantenimiento en la vía Caracas-La Guaira en Venezuela, tomado de Crónica Uno, R. Lastra, 2022, <https://cronica.uno/falta-de-mantenimiento-en-rampa-de-frenado-preocupa-a-conductores-que-transitan-por-autopista-caracas-la-guaira/>

## Capítulo 4: Propuesta de diseño de rampa de frenado

### Estado actual de la vía Pifo Papallacta

La vía Pifo- Papallacta o más conocida como transversal norte E-20, desde que se construyó en los años 60 hasta la culminación de la ampliación en el año 2015 ha presentado grandes cambios en la geometría vial, en la capa de rodadura que se ha instalado y ha mejorado los tiempos de circulación entre los poblados rurales de Pifo y Papallacta.

A continuación se muestra el estado actual de la vía, los lugares críticos en donde existe gran siniestralidad, el estado de la capa de rodadura y de igual manera de los elementos de seguridad vial existentes en la calzada con fecha noviembre de 2022.

Se inicia el recorrido en el redondel de Pifo, que es una parroquia rural del Distrito Metropolitano de Quito. En este lugar existe mayor afluencia de vehículos ya que aquí encontramos el redondel que conecta la vía E-35 o Troncal de la Sierra, de igual manera esta vía conecta con la vía Ruta Viva que la principal arteria vial para llegar desde Quito hasta el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre. Adicionalmente existe gran variedad de comercios tales como restaurantes, tiendas, encomiendas, mecánicas hasta un hostel. En materia de transporte en este lugar existe una cooperativa de transportes (camionetas y taxis) y es una parada propicia para los transportes interprovinciales e intraprovinciales.

**Figura 41**

Redondel de Pifo.



*Nota.* En la imagen de la izquierda se observa el redondel de Pifo y la imagen de la derecha se observa la parada de bus, parada de camionetas, y los distintos comercios que hay en este sector.

Continuando con el recorrido, en el kilómetro 2 en dirección hacia la parroquia rural de Papallacta se encuentra la Planta de agregados Pifo de HOLCIM. Este sector se caracteriza por la gran afluencia de camiones volquetes, camiones peceras y demás equipos camineros de explotación de material pétreo.

Al observar las figuras 42, se puede distinguir que la calzada se encuentra agrietada, presenta fisuras longitudinales a lo largo de la vía, estas fisuras muy probablemente se produjeron por el alto tráfico pesado y a la falta de resistencia del subsuelo. Algunas fisuras ya se las ha sellado con el material adecuado pero otras continúan creciendo y afectando el correcto funcionamiento de la calzada.



## Figura 42

Kilómetro 2 en dirección a Papallacta, sector HOLCIM.



*Nota.* En la imagen de la izquierda y la imagen de la derecha se observa la parada de bus, parada de camionetas, y los distintos comercios que hay en este sector.

En el kilómetro 4 en el sector Mulauco se encuentra dos curvas en U contiguas cerradas con un gran peralte para que los vehículos ingresen a dichas curvas sin perder pista, cabe señalar que como recomendación general los conductores al acercarse a curvas cerradas como estas deben reducir la velocidad del automotor con el fin de mantener controlada la fuerza del automotor y así mantener una mejor adherencia caucho del neumático con el pavimento, además hay que mantener el volante firme durante todo el trayecto de la curva.

En la segunda curva cerrada en dirección a Papallacta hay indicios de siniestros de tránsito ya que las guardavías se encuentran dobladas, así mismo en la calzada hay indicios de frenados. En este tramo la calzada del carril de bicicletas se encuentra con fisuras longitudinales y hay algunos tramos en donde existe reposición de calzada.

**Figura 43**

Kilómetro 4 en dirección a Papallacta sector Mulauco



*Nota.* En la imagen de la izquierda se observa la primera curva cerrada en U y la imagen de la derecha se observa la segunda curva cerrada en U contigua a la curva anterior.

En el kilómetro 6, sector Mulauco se caracteriza por tener radares de control de velocidad en donde sí se sobrepasa los 60 kilómetros por hora permitidos en la vía puede recibir una foto multa de tránsito por exceso de velocidad. Estos radares se encuentran a los costados de la vía y son pertinentes ya que se encuentran en una alineación recta de la vía en donde anteriormente se sobrepasaba la velocidad permitida.

También en este sector encontramos a los costados de la vía paraderos de comida, tiendas y centros turísticos de pesca deportiva. Además en este lugar existe una escuela y hay una intersección vial que ingresa al pueblo rural de Mulauco.

**Figura 44**

Kilómetro seis en dirección a Papallacta sector Mulauco



*Nota.* En la imagen de la izquierda se observa la primera curva cerrada en U y la imagen de la derecha se observa la segunda curva cerrada en U contigua a la curva anterior.

Entre el kilómetro 8 y 9 se encuentra otro poblado rural llamado Paluguillo aquí existe a un costado de la vía la Planta de Tratamiento de Agua Potable Paluguillo, la cual abastece de agua al Distrito Metropolitano de Quito, existe otras dos curvas cerradas en donde hay indicios de siniestros de tránsito ya que las guardavías se encuentran afectadas en su totalidad, de igual manera en la calzada existe indicios de derrape de llantas. Cabe señalar que aquí, en este punto hay una intersección vial en donde existe la entrada y salida de vehículos pesados.

Esta curva es conocida por los lugareños como la curva de la muerte ya que han existido varios siniestros de tránsito causados por el exceso de velocidad y por la pérdida de frenos.

**Figura 45**

Kilómetro 8 y 9 en dirección a Papallacta sector Paluguillo



*Nota.* En la imagen de la izquierda se observa la intersección de la vía Pifo- Papallacta y la Planta de Tratamiento de Agua Paluguillo la imagen de la derecha se observa los restos de un siniestro de tránsito en un curva cerrada en U.

Más adelante en el poblado de Paluguillo existen otros dos radares de control de velocidad y se encuentran a los costados de la vía en una alineación recta. Además en el margen izquierdo de la vía en dirección Pifo- Papallacta existe diferentes comercios tales como tiendas, paradero de comida y venta de productos agrícolas de la zona.

La calzada en este tramo vial se encuentra entre regular a parcialmente aceptable, aunque cuenta con algunas fisuras longitudinales a lo largo de la vía estas no son de gran consideración. Otras fisuras ya han sido reparadas.

**Figura 46**

Kilómetro 8 y 9 en dirección a Papallacta sector Paluguillo



*Nota.* La imagen de la izquierda muestra al poblado Paluguillo y los diferentes comercios de este sector y la imagen de la derecha se observa un radar de velocidad instalado en este sector.

Más adelante entre el kilómetro 9 y 11 hay cinco curvas abiertas entrelazadas por tangentes longitudinales que permiten mantener al automotor con una velocidad constante.

La calzada mantiene la misma calidad de los kilómetros anteriores presenta fisuras longitudinales, en algunos tramos se presenta la calzada con agrietamientos o más conocida como piel de cocodrilo, estas grietas se refiere a una serie de fisuras interconectas en el pavimento asfáltico causadas por la fatiga causada por el alto tráfico y a las condiciones climáticas extremas.

**Figura 47**

Kilómetro 9 y 11 en dirección a Papallacta.



*Nota.* La imagen de la izquierda muestra una curva abierta en el kilómetro 9 y la imagen de la derecha se una tangente cercana al kilómetro 11.

A partir del kilómetro 11 se tiene una sucesión de curvas muy abiertas entrelazadas por tangentes horizontales rectas, de igual manera tenemos tangentes verticales con pendientes positivas y negativas y conforme se avanza hacia la virgen de Papallacta algunos tramos tiene curvas sinuosas y la pendiente positiva se vuelve muy pronunciada.

En todo este trayecto los pajonales que se encuentran a lo largo de la vía son un indicativo que el clima de alta montaña está presente, los fuertes vientos, la constante neblina y las bajas temperaturas son perpetuas. Con este clima, la presencia de animales silvestres de alta montaña son abundantes además en algunos tramos existe centros turísticos de pesca deportiva de trucha.

**Figura 48**

Kilómetro once (11) en dirección a Papallacta.



*Nota.* La imagen de la izquierda muestra una curva abierta en el kilómetro once (11), la imagen del centro muestra una alineación recta y la imagen de la derecha muestra una tangente vertical positiva y negativa.

Desde aquí entre el kilómetro 11 hasta el kilómetro 21 se vuelve muy notorio el desgaste del pavimento flexible tanto así que hay baches de hasta un 1 metro cuadrado y 5 centímetros de profundidad. En la superficie de la calzada se presenta en algunos tramos la piel de cocodrilo, fisuras con anchura 5 milímetros y pavimento con tramos reparados.

Todos estos problemas son ocasionados muy probablemente debido a la fatiga del pavimento flexible por cambios climáticos extremos y por la sobrecarga de vehículos pesados. Si se profundiza más en el tema otra posible causa a este agrietamiento y a los baches presenten en la vía se debe a la mala compactación de la sub-base o a la mala utilización de materiales para realizar el pavimento.

**Figura 49**

Kilómetro 11 al kilómetro 21 en dirección a Papallacta.



*Nota.* De izquierda a derecha, la imagen muestra una zona de piel de cocodrilo, una fisura de cinco milímetros (5mm), un bache de un metro cuadrado (1m<sup>2</sup>), dos baches en el carril con dirección a Papallacta.

En el kilómetro 21 ya próximos a llegar a la virgen de Papallacta, el punto más elevado de esta vía nos encontramos con otra curva cerrada y aquí otro vestigio de siniestro, ya que las guardavías se encuentran arrancadas de la curva y solo queda los parantes. Al igual que toda la vía la presencia de fisuras sobre la calzada es más notorio en el carril en dirección hacia Papallacta.

**Figura 50**

Kilómetro 11 al kilómetro 21 en dirección a Papallacta.



*Nota.* La imagen de la izquierda muestra a la guardavía desprendida y la imagen de la derecha muestra fisuras de piel de cocodrilo en el carril con dirección a Papallacta.



Más adelante en el kilómetro 23 una de las últimas curvas de la vía antes de llegar al punto más alto la virgen de Papallacta sigue la misma tónica de todo el recorrido, el pavimento flexible con muchas fisuras y el guardavías presenta deformaciones, vestigios de siniestros de tránsito ocurridos en esta curva. En este lugar ya se evidencia desprendimiento de material granular suelto de los taludes adyacentes a la vía.

### Figura 51

Kilómetro veintitrés (23) en dirección a Papallacta.



*Nota.* La imagen de la izquierda muestra el guardavía deformado y la imagen de la derecha material desprendido del talud en el carril derecho con dirección a Papallacta.

El punto más alto de la vía Pifo- Papallacta se encuentra en el sector la virgen de Papallacta a una altitud de 4063 metros sobre el nivel del mar a 24 kilómetros del redondel de Pifo. En este lugar el clima es completamente de páramo, con muchas precipitaciones, demasiada nubosidad y bajas temperaturas tanto así que en ciertas ocasiones se forma una película de hielo sobre el pavimento y llega a caer nieve por todo este sector. Esto produce que se cierre la vía hasta que se descongele el pavimento.

El descenso es pronunciado, con pendiente negativa de promedio 7%, a los costados de la vía se puede observar vertientes de agua de los páramos. En este tramo vial se nota una mejoría en el pavimento, ya no existe demasiadas fisuras y tampoco reparaciones que se nota

a la vista. Las curvas son sinuosas y abiertas en todo el trayecto hasta llegar al mirador de la laguna de Papallacta.

## Figura 52

Sector la virgen de Papallacta



*Nota.* La imagen de la izquierda muestra el sector de la virgen de Papallacta y la imagen de la derecha la señalética horizontal pintada sobre la calzada.

En el kilómetro 31 existe un nuevo puente vehicular con una luz de 45 metros y un ancho de 14,60 metros, esta losa vehicular tiene una carpeta asfáltica de 5 centímetros y se encuentra apoyada sobre 8 vigas metálicas. Los parantes y viguetas son de hormigón armado y tiene unas veredas de 50 centímetros a los costados.

Llegando al kilómetro 36 en este sector es característico encontrar a los costados paraderos de comida típica, y miradores de la laguna de Papallacta. También encontramos hosterías con piscinas de aguas termales.

**Figura 53**

Puente sobre el río Tambo y Paraderos en el Km 36



*Nota.* La imagen de la izquierda muestra el nuevo puente vehicular sobre el río Tambo y la imagen de la derecha muestra un paradero de comida frente a la laguna de Papallacta Km 36.

En el kilómetro 36 culmina la ampliación de 4 carriles con pavimento flexible y continúa a 2 carriles uno por sentido de pavimento rígido hasta llegar al poblado de Papallacta. En este tramo de 3,75 kilómetros el descenso es muy pronunciado y la carretera es muy sinuosa con varias curvas cerradas y con taludes a los costados de la vía. Al ingreso de este tramo vial se puede observar que el pavimento presenta resquebrajamiento o fisuras longitudinales y transversales muy posiblemente ocasionados por una mala unión entre estos dos tipos de pavimentos.

**Figura 54**

Kilómetro 36+034 y sector de Papallacta



*Nota.* La imagen de la izquierda muestra la unión de pavimentos flexible y rígido en el Km 36+034 y la imagen de la derecha la muestra el pavimento rígido del sector de Papallacta.

**Siniestralidad histórica de la Vía Pifo Papallacta**

A lo largo del tiempo la vía Pifo- Papallacta ha presentado muchos siniestros de tránsito y a continuación se presentan los siniestros más graves y que han generado mayor conmoción social que se han suscitado en esta vía.

**Tabla 13**

Siniestros más graves en la Vía Pifo Papallacta

Item	Descripción	Heridos	Muertos	Fecha	Lugar
1	Bus perdió pista y se volcó	20	9	25/07/2022	Paluguillo
2	Tanquero perdió frenos y se volcó	1	0	22/10/2021	Km 27
3	Bus perdió pista	2	0	07/06/2021	Km 9

Item	Descripción	Heridos	Muertos	Fecha	Lugar
4	Bus perdió pista y se volcó	20	8	10/04/2021	Km 6
5	Camión perdió pista	1	1	05/02/2020	Cochauco
6	Camión se volcó	1	1	16/02/2019	Km 8
7	Bus se accidentó	7	0	13/02/2019	Km 8
8	Bus se volcó	22	23	14/08/2018	Km 8
9	Impacto frontal entre camioneta y camión	2	1	30/01/2018	Km 3
10	Trailer perdió pista	1	1	06/09/2017	Km 8
11	Automóvil perdió pista y chocó frontalmente contra trailer	4	1	18/08/2017	Km 25
12	Automóvil perdió pista debido a condiciones climáticas del sector	2	0	05/05/2017	Virgen de Papallacta
13	Volquete perdió pista y se volcó	2	2	31/12/2016	Km 7
14	Choque frontal entre dos vehículos	2	0	04/11/2016	Km 19
15	Bus perdió pista y cayó al barranco	38	3	08/08/2016	Km 6
16	Bus perdió pista y cayó al barranco	11	2	01/04/2016	Km 6
17	Dos vehículos colisionan de frente	11	0	10/02/2016	Km 6
18	Buseta se impacta contra la peña	12	0	15/02/2015	Cochauco
19	Bus se vuelca en curva	25	4	03/11/2014	Paluguillo
20	Camioneta pierde el control	6	1	11/05/2013	Km 8

Item	Descripción	Heridos	Muertos	Fecha	Lugar
21	Camioneta perdió pista y chocó la parte posterior de un automóvil	8	1	14/04/2013	Paluguillo
22	Choque entre camioneta y bus	7	2	16/02/2013	Cuyuja
23	Bus de vuelca y se arrastra algunos metros	22	13	24/04/2012	Virgen de Papallacta
24	Bus perdió pista y cayó al barranco	12	0	27/01/2012	Km 6
25	Bus pierde pista y se vuelca	20	5	23/12/2011	Paluguillo
26	Dos autos chocaron y el conductor perdió pista	2	1	18/11/2010	S/N
27	Dos autos chocaron en una curva	1	2	08/05/2010	S/N
28	Camión se vuelca debida al exceso de velocidad	2	3	06/01/2010	Laguna de Papallacta
29	Bus derrapó y cayó a una peña de 31 m (Debido a una distracción)	25	7	23/04/2009	Km 22
30	Dos automóviles se impactaron contra un tráiler. (Intento de rebasar)	2	8	21/11/2008	Virgen de Papallacta
31	Bus se impacta contra una peña	5	47	24/09/2006	Paluguillo
<b>Total</b>		<b>296</b>	<b>146</b>		

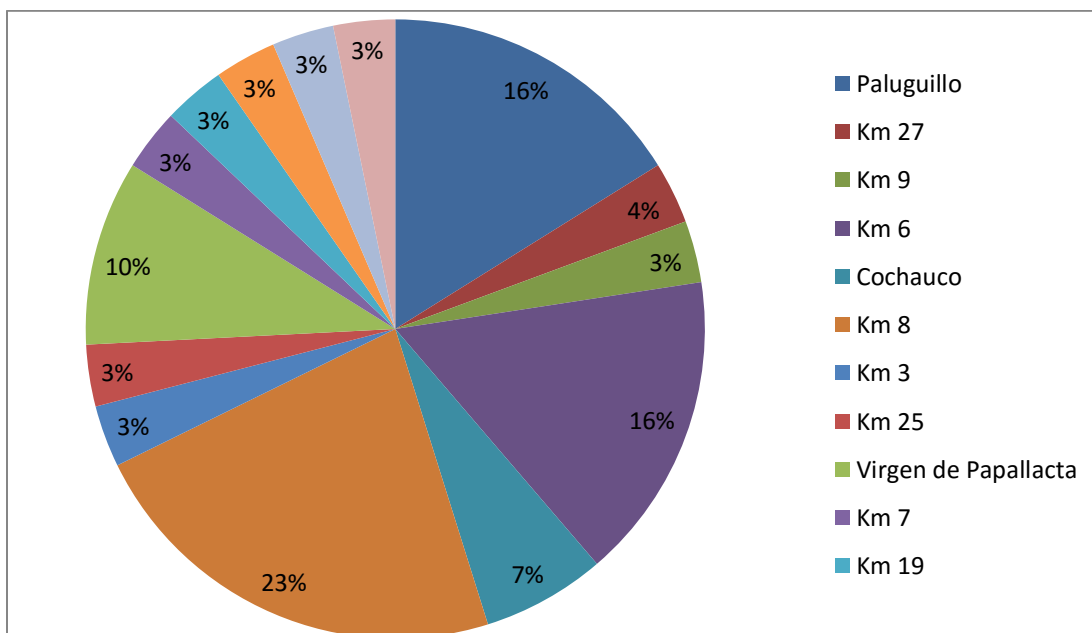
*Nota.* Los datos de esta tabla se obtuvieron de los archivos más relevantes de la prensa escrita (El Comercio, 2022)

Como se puede evidenciar en la tabla 13, en 18 años de estadística se puede observar que hubo más de 296 heridos y más de 146 muertos en la vía Pifo- Papallacta. De igual manera la frecuencia de ocurrencia de siniestralidad en diferentes sectores es alta.

En el siniestro de tránsito del 25 de Julio del año 2022, técnicos de la Policía Nacional ante la prensa anunciaban que la causa más frecuente de los siniestros en la zona se debe “a la fatiga de frenos en los vehículos que se producen en la bajada pronunciada que se evidencia desde el sector de La Virgen” (Molina, 2022)

### Figura 55

Porcentajes de siniestralidad por sectores de la Vía Pifo- Papallacta



*Nota.* Se presenta los porcentajes de ocurrencia de siniestros de tránsito por sectores en la vía Pifo- Papallacta.

El Km 8, representa un 23% del total de siniestros ocurridos en esta vía, le siguen Paluguillo ubicado en el Km 7 y el Km 6 con 16% respectivamente y con 10% el sector de la Virgen de Papallacta. Sumando todos estos siniestros representan el 65% de ocurrencia.

**Figura 56**

Siniestralidad por sectores en la vía Pifo- Papallacta



*Nota.* En la imagen se muestra los 4 sectores en donde existe mayor siniestralidad de la vía Pifo- Papallacta.

Al observar la figura 56 se identifica los cuatro lugares en donde existe mayor siniestralidad de la vía Pifo- Papallacta. El kilómetro 8 de esta vía representa un 23% del total de los siniestros, lo cual significa que de cada 100 siniestros 23 ocurren en este sector.

Una de las razones más probables de la siniestralidad de este sector es la pérdida del sistema de frenos y en consecuencia la pérdida de pista y posterior su volcamiento. Esto puede deberse, ya que previo al ingresar a estas curvas del kilómetro 8, el vehículo venía a



exceso de velocidad y al tratar de frenar continuamente el sistema de frenos se cristaliza y pierde el agarre.

### **Faja topográfica de la vía Pifo Papallacta en zona de estudio.**

El 23 de octubre en el sector del kilómetro 8, en donde se presenta la mayor siniestralidad de la vía Pifo- Papallacta se procede con una inspección visual de dos kilómetros más arriba para determinar las características del terreno en donde se encuentra emplazada la vía y así mismo la factibilidad para realizar una rampa de emergencia de frenado.

Posteriormente a la inspección visual se procede con el levantamiento topográfico de dos kilómetros más arriba del kilómetro 8 que es el sector de mayor siniestralidad de la vía. Para lo cual es necesario de equipos topográficos con son estación total y GPS RTK dinámico,

### **Figura 57**

Levantamiento topográfico con GPS RTK dinámico

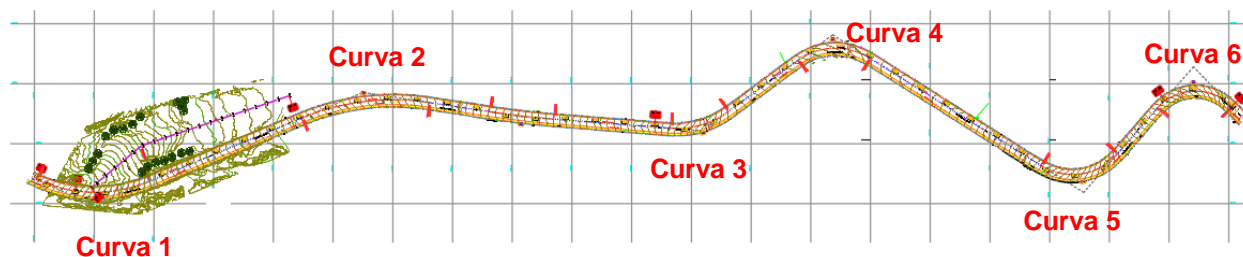


*Nota.* La imagen de la izquierda la toma de puntos en el centro de la vía y la imagen de la derecha muestra la toma de puntos en el margen derecho de la vía.

A continuación se muestra el levantamiento de la faja topográfica de dos kilómetros de longitud, en donde se encuentran 6 curvas horizontales entre abiertas y cerradas.

**Figura 58**

Sector la virgen de Papallacta



*Nota.* Faja topográfica de la vía Pifo- Papallacta desde el Km 9 al Km 11.

### **Análisis de curvas horizontales en la zona de estudio**

En este estudio se presenta un análisis de cada curva horizontal que se encuentra próxima a la zona en donde existe mayor siniestralidad el cual es el kilómetro 8, tal y como se muestra en la figura 58 con el fin de comprobar las velocidades de circulación con la velocidad con la que fue diseñada cada curva.

El radio mínimo de una curva horizontal es el valor mínimo por el cual el vehículo transita con seguridad y está dada en función de la velocidad de diseño y su relación con el peralte máximo y el factor de fricción lateral. En caso que se empleen radios mínimos en las curvas se debe tomar en cuenta que el peralte y el factor de fricción lateral sea el máximo posible perdiendo así su seguridad funcional al usuario.

$$R = \frac{V^2}{127(e + f)};$$

Donde:

R= Radio mínimo de curva, en metros (m).

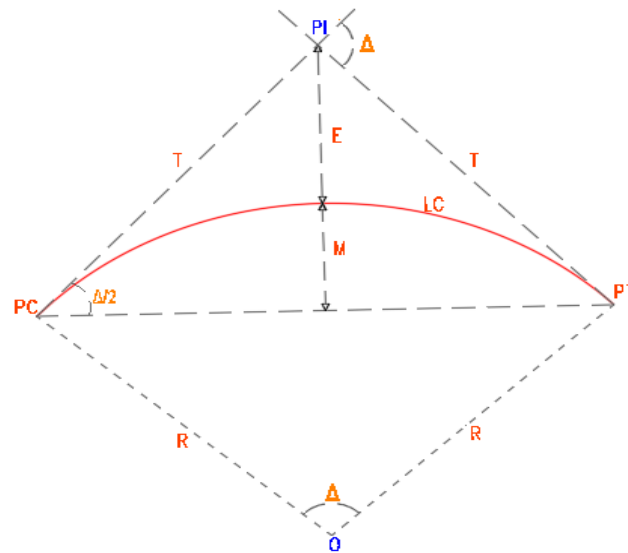
e= Tasa de sobreelevación o peralte en fracción decimal.

f= Factor de fricción lateral, que es la fuerza de fricción dividida por la masa perpendicular al pavimento.

V= Velocidad de diseño, en kilómetro por hora (km/h)

**Figura 59**

Elementos de una curva circular simple



Donde:

PI= Punto de intersección de las tangentes.

PC= Punto de comienzo de curva simple.

PT= Punto en donde termina la curva simple.

T= Tangente de la curva medida entre PI y PC ; PI y PT.

LC= Longitud de la curva

R= Radio de la curva.

E= External.

M= Ordenada media.

 $\Delta$ = Ángulo central de la curva circular y también el ángulo suplementario entre las tangentes.

Los vehículos pierden pista o se salen de control en una curva muy posiblemente porque el peralte o la sobreelevación de la curva no es suficiente para contrarrestar la velocidad de circulación o también porque la fricción lateral existente entre las ruedas del automotor y el pavimento es ineficiente.

Por tal razón la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI-12) del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) en el año 2013 presenta en el Volumen N°2 Libro A, un cuadro con valores de radios mínimos en función del factor de fricción (f), la tasa de super elevación o peralte (e) y la velocidad de diseño (Vd), la cual se muestra a continuación.

**Tabla 14**

Radios mínimos de curvas en función del peralte (e) y factor de fricción (f).

Vd (Km/h)	"f" máx	Radio mínimo calculado				Radio mínimo recomendado			
		e=0,10	e=0,08	e=0,06	e=0,04	e=0,10	e=0,08	e=0,06	e=0,04
30	0,17	26,2	28,3	30,8	33,7	25	30	30	35
40	0,17	46,7	50,4	54,8	60	45	50	55	60
50	0,16	75,7	82,0	89,5	98,4	75	80	90	100
60	0,15	113,4	123,2	135,0	149,2	115	120	135	150
70	0,14	160,8	175,4	192,9	214,3	160	175	195	215
80	0,14	210,0	229,1	252,0	280,0	210	230	250	280
90	0,13	277,3	303,7	335,7	375,2	275	305	335	375
100	0,12	357,9	393,7	437,4	492,1	360	395	435	490
110	0,11	453,7	501,5	560,4	635,2	455	500	560	635
120	0,09	596,8	667,0	755,9	872,2	595	665	775	870

*Nota.* Tomado de Norma para estudios y diseños viales Vol N°2 Libro A; Norma Ecuatoriana Vial NEVI 12, Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013

#### **Detalles de los elementos de las curvas horizontales**

En la siguiente tabla se presentan los datos de los elementos de las curvas horizontales tales como: ángulo central de la curva ( $\Delta$ ), tangente (T), Radio de la curva (R), Longitud de la curva (LC), External (E), Pendiente de la curva (e), estos elementos se los obtuvo del levantamiento topográfico tal como se muestra en la figura 59.

**Tabla 15**

Elementos de curvas horizontales

<b>Elementos de Curvas Horizontales</b>						
<b>No. Curvas</b>	<b>Delta (<math>\Delta</math>)</b>	<b>T (m)</b>	<b>R (m)</b>	<b>L.C. (m)</b>	<b>E (m)</b>	<b>e (%)</b>
Curva 1	47° 06' 03"	102,76	235,76	193,81	21,42	10%
Curva 2	31° 07' 27"	111,73	401,19	217,93	15,27	6%
Curva 3	40° 37' 24"	53,67	144,98	102,79	9,61	8%
Curva 4	68° 11' 11"	72,72	107,43	127,85	22,29	10%
Curva 5	80° 44' 50"	84,97	99,93	140,83	31,24	10%
Curva 6	94° 44' 50"	91,98	84,66	140,00	40,35	10%

**Tabla 16**

Coordenadas de Punto de intersección (PI)






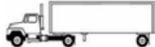


<b>Elementos de Curvas Horizontales</b>		
<b>No. Curvas</b>	<b>P.I. Este</b>	<b>P.I. Norte</b>
Curva 1	803396,75	9970197,69
Curva 2	803850,23	9970385,40
Curva 3	804418,08	9970321,67
Curva 4	804636,52	9970481,49
Curva 5	805057,04	9970218,76
Curva 6	805240,70	9970428,20

**Velocidades de circulación tomadas al ingreso de las curvas.**

La velocidad de circulación se la obtuvo en el sitio de estudio en el ingreso a cada curva en sentido Papallacta- Pifo en Noviembre 2022. Se obtuvo el promedio de una serie de datos en cada curva. La velocidad máxima de circulación permitida es de 60 (km/h).

**Tabla 17**

Velocidad promedio de ingreso en cada curva por cada tipo de vehículo.

Tipo de Vehículos	Esquema	No. ejes	Promedio de Velocidad (Km/H)					
			Curv. 1	Curv. 2	Curv. 3	Curv. 4	Curv. 5	Curv. 6
Vehículos Livianos	Automóvil 	2	76,1	79,1	72,0	65,9	61,0	62,5
	Camioneta 	2	69	71,8	71,5	67,7	65,2	67,3
Vehículos Pesados	Autobús 	2 o 3	62,7	65,1	62,3	60,3	58,1	60,0
		2	56,8	58	56,5	55,3	53,8	54,3
		3	51,0	53,1	54,8	51	50,0	50,0
	Camiones y tráileres 	3	49,7	54,1	51,7	49,7	49,0	49,7
		4	48,6	50,4	51,1	49,6	48,6	48,8
		5 o más	49,7	46,7	53,4	49,6	48,3	48,5

Al observar la tabla 17 se distingue que los vehículos livianos en todas las curvas sobrepasan el límite permitido de 60 km/h, de igual manera en 5 de las 6 curvas los buses sobrepasan el límite permitido. En tanto los vehículos pesados se aproximan al límite de velocidad permitido.

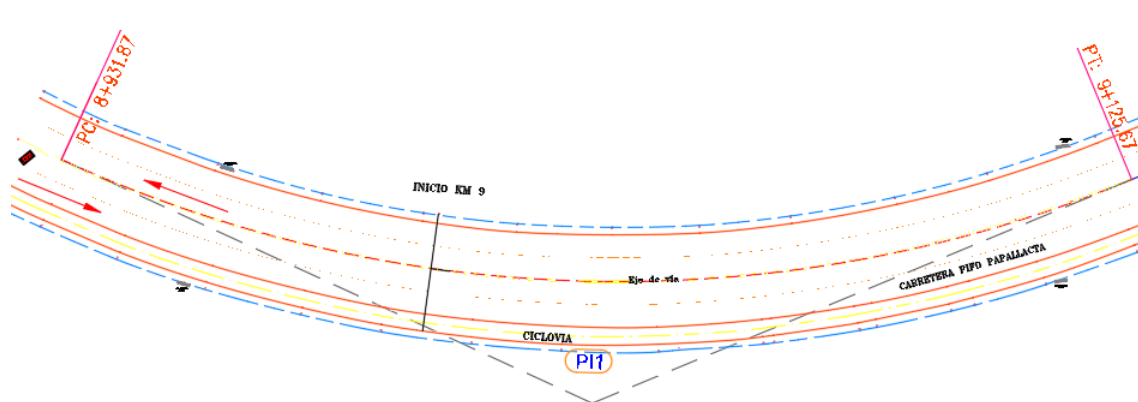
A continuación se compara la velocidad de circulación observada en cada curva con la velocidad máxima permitida por cada curva tomando en cuenta el radio de curvatura (R), el

peralte (e) y el factor de fricción lateral (f). El factor de fricción lateral (f) se calcula interpolando los valores cercanos de la tabla 15

### Curva 1; Km 9 Vía Pifo- Papallacta

**Figura 60**

Curva 1 en el kilómetro 9



Una vez que se tiene el radio de la curva, el peralte de la misma se procede a calcular la velocidad máxima que puede abarcar dicha curva para que sea segura su circulación

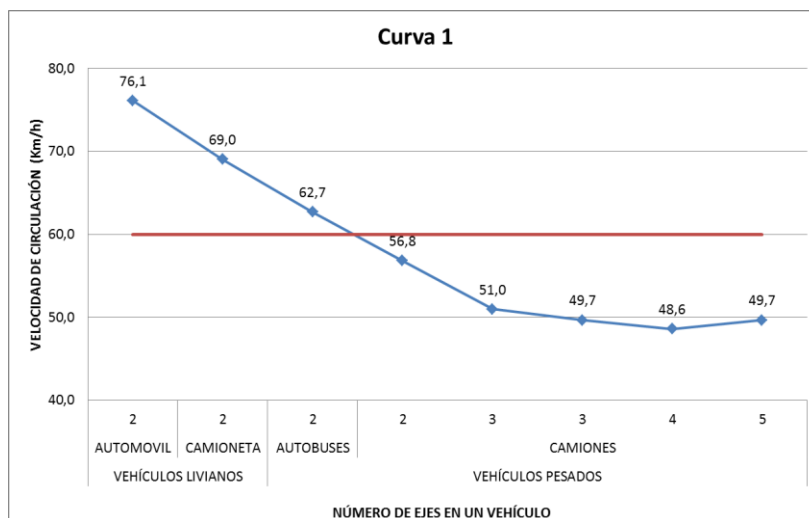
$$R = \frac{V^2}{127(e + f)}; \text{ despejando } V \text{ se tiene:}$$

$$V = \sqrt{R * 127 * (e + f)}$$

$$V = \sqrt{235,76 * 127 * (0,10 + 0,136)} = 84,06 \text{ km/h}$$

**Figura 61**

Curva 1, velocidades de tipos de vehículos en el kilómetro 9

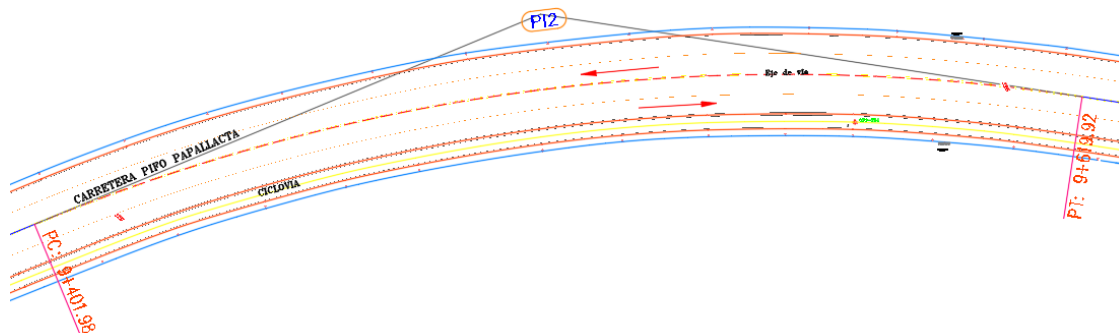


Al comparar las velocidades de circulación obtenidas en el sitio de la curva según la figura 61 se tiene que son menores a la velocidad máxima de circulación para dicha curva.

### Curva 2; Km 9 1/2 Vía Pifo- Papallacta

**Figura 62**

Curva 2 en el kilómetro 9 1/2



De igual modo que la curva anterior para esta curva procedemos con el mismo cálculo de la velocidad máxima que soporta dicha curva:

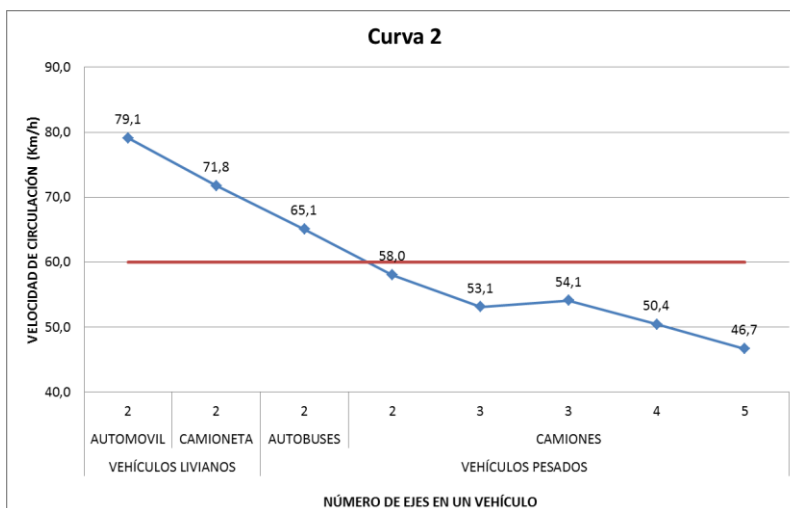
$$V = \sqrt{R * 127 * (e + f)}$$

$$V = \sqrt{401,19 * 127 * (0,06 + 0,123)} = 96,56 \text{ km/h}$$



**Figura 63**

Curva 2, velocidades de tipos de vehículos en el kilómetro 9 1/2

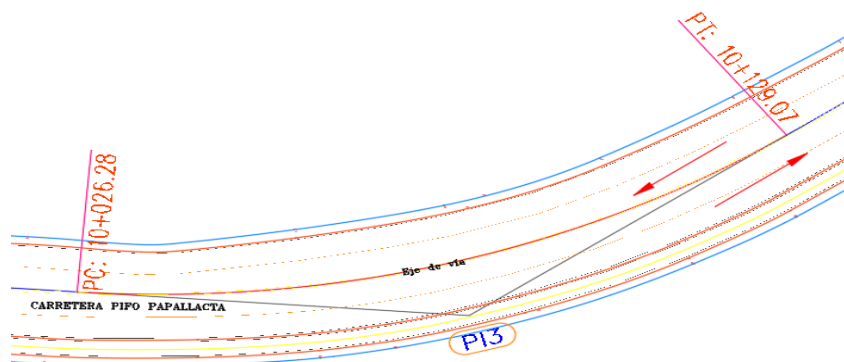


Al comparar las velocidades de circulación obtenidas en el sitio de la curva según la figura 63 se tiene que son menores a la velocidad máxima de circulación para dicha curva.

### Curva 3; Km 10 Vía Pifo- Papallacta

**Figura 64**

Curva 3 en el kilómetro 10



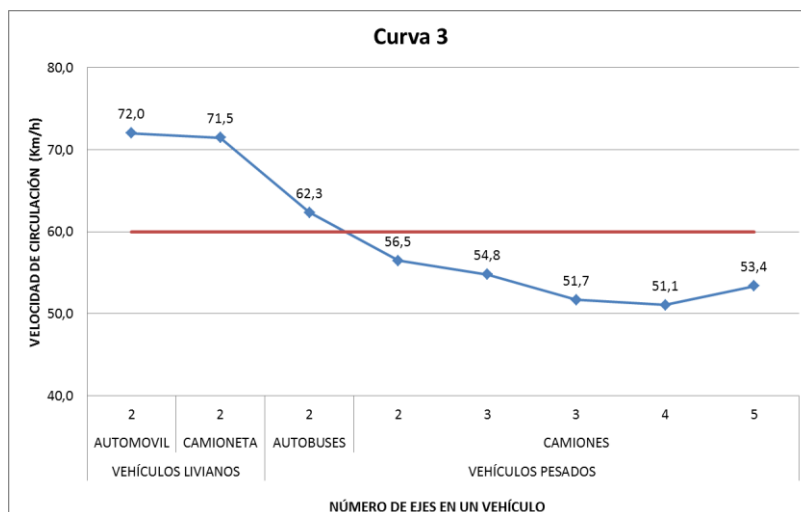
Para la curva 3 en el Km 10 se tiene los siguientes datos para el análisis de la velocidad máxima de circulación:

$$V = \sqrt{R * 127 * (e + f)}$$

$$V = \sqrt{144,98 * 127 * (0,08 + 0,145)} = 64,36 \text{ km/h}$$

**Figura 65**

Curva 3, velocidades de tipos de vehículos en el kilómetro 10



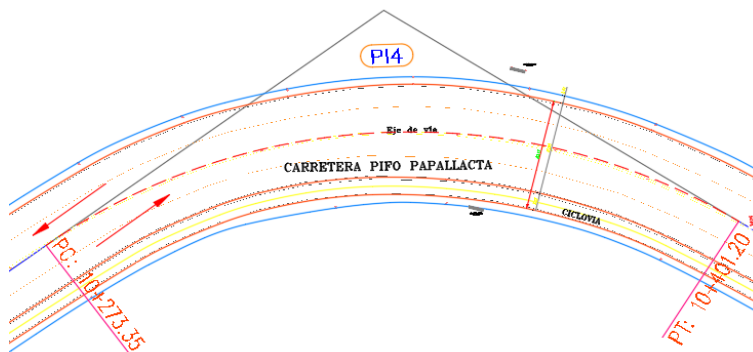
*Nota.* Comparación de velocidades de vehículos vs la velocidad máxima.

Al comparar las velocidades de circulación obtenidas en el sitio de la curva según la figura 65 se tiene que los vehículos livianos tanto automóviles como camionetas circulan a mayor velocidad de la permitida por la curva, por tal motivo en estas curvas pueden presentarse eventualmente algún siniestro de tránsito.

#### Curva 4; Km 10 +0300 Vía Pifo- Papallacta

**Figura 66**

Curva 4 en el kilómetro 10+0300



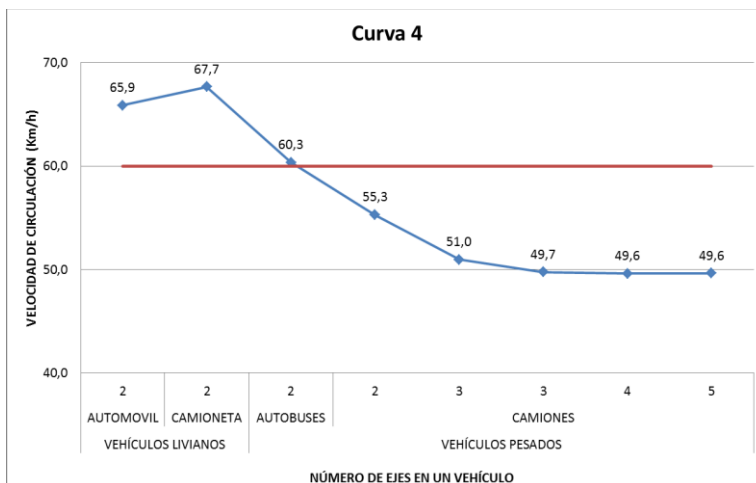
Para la curva 4 en el Km 10+0300 se tiene los siguientes datos:

$$V = \sqrt{R * 127 * (e + f)}$$

$$V = \sqrt{107,43 * 127 * (0,10 + 0,152)} = 58,64 \text{ km/h}$$

**Figura 67**

Curva 4, velocidades de tipos de vehículos en el kilómetro 10+0300



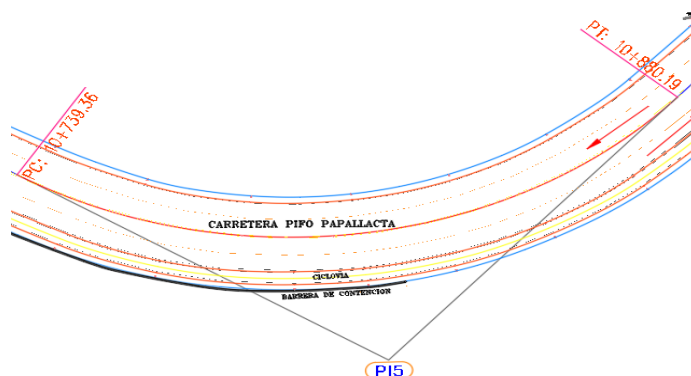
*Nota.* Comparación de velocidades de vehículos vs la velocidad máxima, fuente propia.

Al comparar las velocidades de circulación obtenidas en el sitio de la curva según la figura 67 se tiene que los vehículos livianos tanto automóviles como camionetas y además los autobuses circulan a mayor velocidad de la permitida según el cálculo anteriormente señalado.

### Curva 5; Km 10+ 0800 Vía Pifo- Papallacta

**Figura 68**

Curva 5 en el kilómetro 10+0800



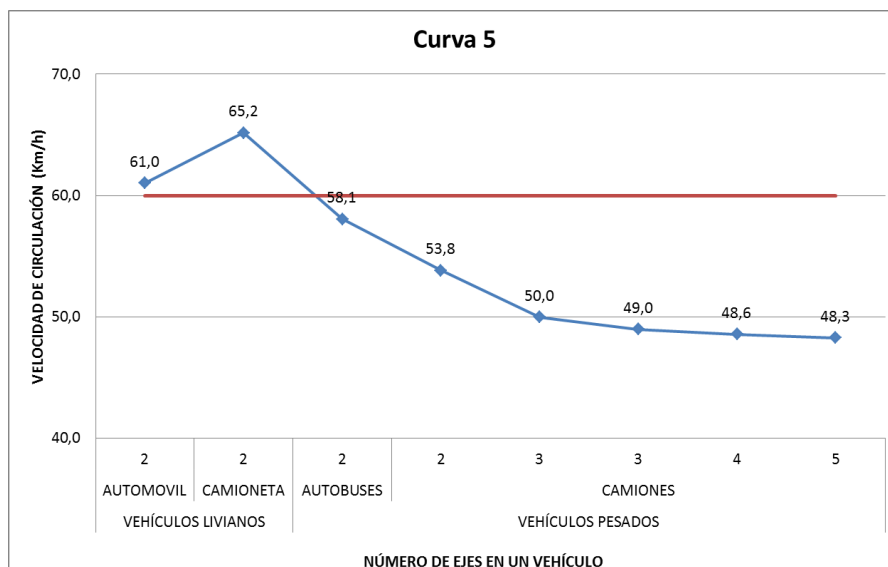
Para la curva 5 en el Km 10+0800 se tiene los siguientes datos:

$$V = \sqrt{R * 127 * (e + f)}$$

$$V = \sqrt{99,93 * 127 * (0,10 + 0,154)} = 56,69 \text{ km/h}$$

**Figura 69**

Curva 5, velocidades de tipos de vehículos en el kilómetro 10+0800



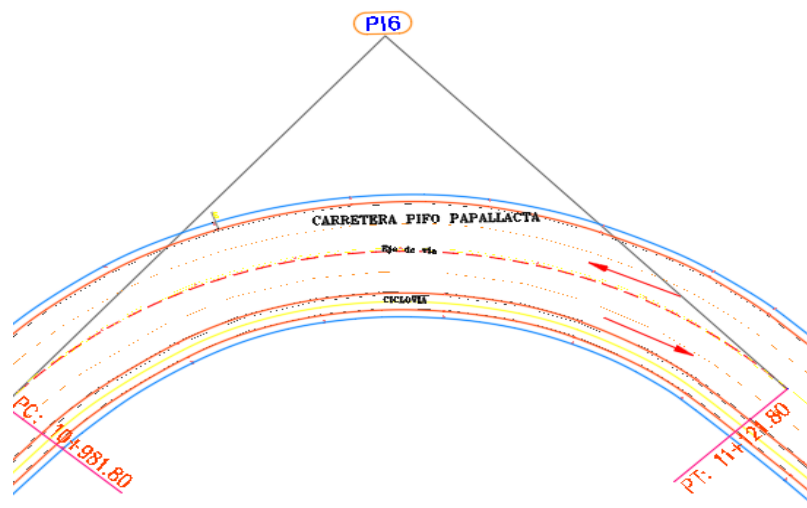
*Nota.* Comparación de velocidades de vehículos vs la velocidad máxima, fuente propia

Al comparar las velocidades de circulación obtenidas en el sitio de la curva según la figura 69 se tiene que los vehículos livianos tanto automóviles como camionetas y además los autobuses circulan a mayor velocidad de la permitida según el cálculo anteriormente señalado.

### Curva 6; Km 11 Vía Pifo- Papallacta

**Figura 70**

Curva 6 en el kilómetro 11

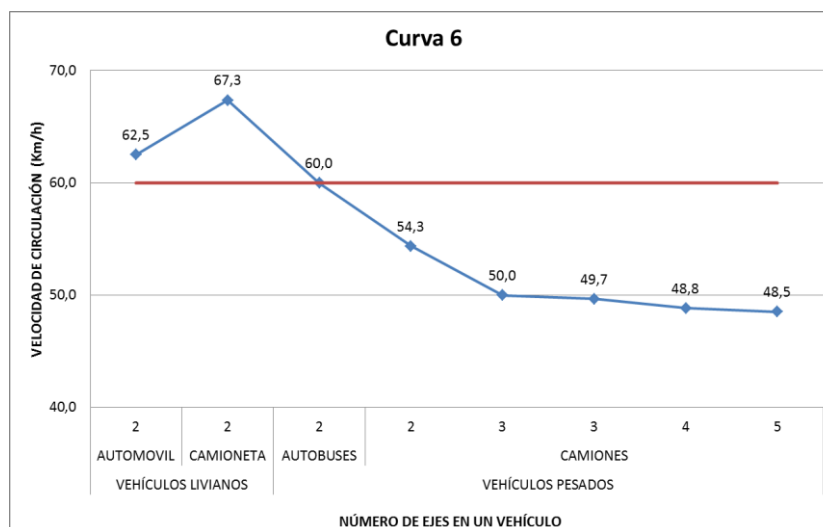


$$V = \sqrt{R * 127 * (e + f)}$$

$$V = \sqrt{84,66 * 127 * (0,10 + 0,158)} = 52,67 \text{ km/h}$$

**Figura 71**

Curva 6, velocidades de tipos de vehículos en el kilómetro 11



Al comparar las velocidades de circulación obtenidas en el sitio de la curva según la figura 71 se tiene que los vehículos livianos tanto automóviles como camionetas y además los

autobuses y camiones de 2 ejes circulan a mayor velocidad de la permitida según el cálculo anteriormente señalado

Todo este análisis nos demuestra que la velocidad máxima de circulación (60 km/h) a lo largo de esta vía no se está cumpliendo, ya que en pequeños tramos los vehículos livianos sobrepasan esta velocidad máxima.

### **Estudio de tráfico in situ.**

El volumen de tráfico vehicular se define como la cantidad de vehículos de diferente índole que transita por una vía en un periodo determinado. Para este estudio de tráfico vehicular existen algunos métodos que permiten obtener el volumen de tráfico que circula por la vía, uno de estos métodos es el aforo manual, el cual consiste en obtener los datos de volúmenes de tráfico en el sitio de estudio contando de forma manual cada vehículo que circula por la vía.

Para este caso particular, el estudio de tráfico vehicular se realizó en el Km 8 de la vía Pifo- Papallacta en el sector de Palaguillo, por un periodo de una semana entre el día lunes 17 hasta el domingo 23 de Octubre de 2022; en ambos sentidos, considerando un horario rotativo de 24 horas.

Existen diferentes volúmenes de tráfico vehicular dependiendo del periodo para el cual se calcula, puede ser horario, semanal, mensual o anual y se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{N}{T}$$

Donde:

Q = Volumen de tráfico vehicular por unidad de tiempo (Vehículo/periodo)

N = Número total de vehículos

T = Periodo de tiempo

Estos volúmenes pueden ser absolutos o totales y se los presenta a continuación:

### **Tráfico Horario (TH)**

Se define como al números de vehículos que circulan por un lugar determinado de la vía en una hora específica. En nuestro estudio se contabilizó vehículos en intervalos de 4 cuartos de hora todos los días de la semana en horario de 24 horas con el fin de encontrar la hora de máxima demanda.

**Figura 72**

Resumen de vehículos por cada hora del día (De 06:00 a 12:00)

Tipo de Vehículos		No. Eje	Número de total de Vehículos por hora del día																							
			06:00 – 07:00				07:00 – 08:00				08:00 – 09:00				09:00 – 10:00				10:00 – 11:00				11:00 – 12:00			
Vehículos Livianos	Automóvil	2	64	73	79	95	112	127	152	145	160	146	176	131	110	128	143	148	152	149	146	156	135	156	147	102
	Camioneta	2	71	72	59	77	86	42	74	97	106	127	92	75	67	81	92	90	92	76	100	97	83	93	98	67
Vehículos Pesados	Autobuses	2	9	7	17	11	14	17	7	24	13	16	17	17	10	7	11	15	11	15	12	17	13	13	12	7
	Camiones	2	8	7	17	23	27	24	27	31	58	58	31	30	26	38	38	35	28	22	25	34	26	25	22	7
		3	1	3	7	10	6	4	15	8	13	8	15	6	6	8	7	12	10	16	12	13	8	12	12	2
		3	1	0	0	0	0	0	6	3	1	1	0	0	0	0	4	3	0	3	5	0	0	0	0	0
		4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	4	3	0	3	1	0	1	2	1	2	3	0	0	0
		5	11	10	18	20	19	16	22	14	25	9	15	11	17	18	18	18	14	11	21	17	23	13	27	13
Vehículos Especiales	Bicicleta		0	1	6	9	7	1	0	3	8	7	1	0	0	0	0	4	1	1	0	0	2	4	3	0
	Motocicleta		4	2	9	9	5	3	7	5	2	2	2	8	3	8	3	13	8	14	10	9	2	5	5	3
	Camiones Y / Remolques		0	0	4	0	0	1	0	1	0	0	3	2	0	0	3	1	5	0	2	2	1	0	6	0
	Maquinaria Agrícola		1	0	2	8	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Otros		0	2	1	0	1	0	2	0	0	1	0	1	3	1	2	0	0	0	2	0	0	1	0	0
<b>Total Veh. Cada 15 min:</b>			<b>171</b>	<b>179</b>	<b>219</b>	<b>262</b>	<b>277</b>	<b>235</b>	<b>312</b>	<b>331</b>	<b>389</b>	<b>376</b>	<b>356</b>	<b>285</b>	<b>242</b>	<b>292</b>	<b>324</b>	<b>339</b>	<b>322</b>	<b>309</b>	<b>336</b>	<b>347</b>	<b>296</b>	<b>322</b>	<b>333</b>	<b>201</b>
<b>Total Veh. por hora:</b>			<b>831</b>				<b>1155</b>				<b>1406</b>				<b>1197</b>				<b>1314</b>				<b>1152</b>			



**Figura 73**

Resumen de vehículos por cada hora del día (De 12:00 a 18:00)

Tipo de Vehículos		No. Eje	Número de total de Vehículos por hora del día																							
			12:00- 13:00				13:00- 14:00				14:00- 15:00				15:00- 16:00				16:00- 17:00				17:00- 18:00			
Vehículos Livianos	Automóvil	2	116	119	109	90	102	120	127	130	137	130	150	124	111	140	143	165	138	130	165	164	137	128	125	123
	Camioneta	2	87	104	81	72	91	76	102	116	119	117	95	89	103	123	155	152	112	95	118	127	109	108	121	92
Vehículos Pesados	Autobuses	2	10	9	7	10	13	10	14	13	7	13	15	13	10	3	11	13	12	14	14	15	12	15	14	16
	Camiones	2	12	13	9	8	11	6	23	15	19	18	24	14	20	19	18	23	15	13	25	25	30	23	9	22
		3	3	7	4	1	4	2	5	2	6	3	13	12	5	3	11	4	6	13	17	17	4	9	6	9
		3	0	0	0	1	2	0	2	1	3	0	0	0	0	0	1	1	0	1	7	0	0	0	0	0
		4	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	7	1	1	0	0	0	0	0	5	1	0	0	0
		5	16	9	11	8	4	12	13	16	17	11	9	13	12	9	10	6	8	17	15	16	14	10	13	10
Vehículos Especiales	Bicicleta		0	1	2	1	3	3	2	1	6	4	0	0	0	0	0	4	1	1	2	1	1	3	0	0
	Motocicleta		5	1	4	6	1	0	4	2	0	3	3	7	3	5	3	10	3	1	10	6	3	1	5	2
	Camiones Y / Remolques		2	0	4	1	0	0	2	1	0	0	1	1	2	0	0	2	3	0	0	0	5	0	4	0
	Maquinaria Agrícola		0	0	1	0	0	0	0	4	1	0	0	6	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3	0
	Otros		0	2	0	1	1	0	1	0	2	1	0	0	3	2	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0
<b>Total Veh. Cada 15 min:</b>			<b>252</b>	<b>265</b>	<b>232</b>	<b>199</b>	<b>232</b>	<b>229</b>	<b>295</b>	<b>302</b>	<b>317</b>	<b>300</b>	<b>312</b>	<b>286</b>	<b>273</b>	<b>305</b>	<b>354</b>	<b>380</b>	<b>298</b>	<b>285</b>	<b>374</b>	<b>376</b>	<b>316</b>	<b>299</b>	<b>300</b>	<b>274</b>
<b>Total Veh. por hora:</b>			<b>948</b>				<b>1058</b>				<b>1215</b>				<b>1312</b>				<b>1333</b>				<b>1189</b>			

**Figura 74**

Resumen de vehículos por cada hora del día (De 18:00 a 00:00)

Tipo de Vehículos		No. Eje	Número de total de Vehículos por hora del día																							
			18:00- 19:00				19:00- 20:00				20:00- 21:00				21:00- 22:00				22:00- 23:00				23:00- 00:00			
Vehículos Livianos	Automóvil	2	120	119	113	100	90	106	100	100	72	60	78	88	87	85	69	73	82	70	45	63	48	55	60	46
	Camioneta	2	88	88	94	93	52	73	94	69	70	98	86	69	56	40	55	67	47	38	22	43	31	32	47	38
Vehículos Pesados	Autobuses	2	13	15	11	13	10	6	9	10	9	0	7	13	9	4	8	6	10	9	5	7	7	6	7	8
	Camiones	2	8	8	11	16	17	4	9	11	9	18	7	7	8	12	5	11	12	8	8	1	12	16	8	6
		3	5	2	1	2	4	4	10	0	9	8	4	7	4	3	5	8	0	7	18	2	4	3	6	8
		3	2	1	2	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
		4	0	0	0	1	2	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0
		5	12	8	8	9	6	10	12	8	10	8	6	12	10	3	10	7	7	0	7	9	8	7	5	5
Vehículos Especiales	Bicicleta		1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Motocicleta		3	4	6	1	3	1	3	2	0	6	0	5	1	1	6	0	4	2	0	2	0	0	2	5
	Camiones Y / Remolques		1	0	0	0	1	0	4	1	0	0	5	2	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Maquinaria Agrícola		0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	Otros		1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<b>Total Veh. Cada 15 min:</b>			<b>254</b>	<b>247</b>	<b>247</b>	<b>235</b>	<b>186</b>	<b>204</b>	<b>243</b>	<b>204</b>	<b>183</b>	<b>198</b>	<b>194</b>	<b>204</b>	<b>180</b>	<b>154</b>	<b>158</b>	<b>173</b>	<b>163</b>	<b>134</b>	<b>111</b>	<b>129</b>	<b>110</b>	<b>120</b>	<b>135</b>	<b>118</b>
<b>Total Veh. por hora:</b>			<b>983</b>				<b>837</b>				<b>779</b>				<b>665</b>				<b>537</b>				<b>483</b>			

**Figura 75**

Resumen de vehículos por cada hora del día (De 00:00 a 06:00)

Tipo de Vehículos		No. Eje	Número de total de Vehículos por hora del día																							
			00:00- 01:00				01:00- 02:00				02:00- 03:00				03:00- 04:00				04:00- 05:00				05:00- 06:00			
Vehículos Livianos	Automóvil	2	15	18	15	19	14	7	8	3	6	7	13	20	10	10	5	10	8	11	20	30	33	29	44	55
	Camioneta	2	22	12	14	7	10	9	4	11	10	6	11	7	8	16	8	4	10	14	20	26	31	37	49	64
Vehículos Pesados	Autobuses	2	8	8	8	5	7	7	6	7	5	2	4	4	4	0	4	9	5	0	12	8	8	9	4	10
	Camiones	2	10	9	14	13	10	13	8	12	1	8	7	3	8	6	0	6	1	6	9	13	0	12	10	21
		3	1	3	9	0	0	0	6	2	10	1	2	3	2	5	10	0	0	9	16	0	4	15	5	8
		3	3	2	4	0	1	12	1	0	0	6	0	6	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		4	2	5	0	5	1	1	0	0	5	3	0	1	3	0	3	3	4	1	5	0	1	4	10	3
		5	9	10	10	6	5	0	4	0	14	5	1	5	5	6	9	8	5	0	6	17	9	3	15	10
Vehículos Especiales	Bicicleta		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Motocicleta		4	0	4	0	0	1	0	2	3	0	0	0	2	0	1	0	6	0	0	2	0	0	7	9
	Camiones Y / Remolques		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Maquinaria Agrícola		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Otros		0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	3	0
<b>Total Veh. Cada 15 min:</b>			<b>74</b>	<b>67</b>	<b>78</b>	<b>55</b>	<b>48</b>	<b>51</b>	<b>40</b>	<b>37</b>	<b>54</b>	<b>38</b>	<b>41</b>	<b>50</b>	<b>42</b>	<b>49</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>41</b>	<b>89</b>	<b>96</b>	<b>86</b>	<b>111</b>	<b>147</b>	<b>180</b>
<b>Total Veh. por hora:</b>			<b>274</b>				<b>176</b>				<b>183</b>				<b>171</b>				<b>265</b>				<b>524</b>			

### Tráfico Diario (TD)

Se considera tráfico diario al número de vehículos que circulan por un lugar determinado en la vía durante todo el día. A continuación se presenta los datos totales de cada tipo de vehículo (liviano o pesado) contabilizados en el lugar determinado de la vía.

**Tabla 18**

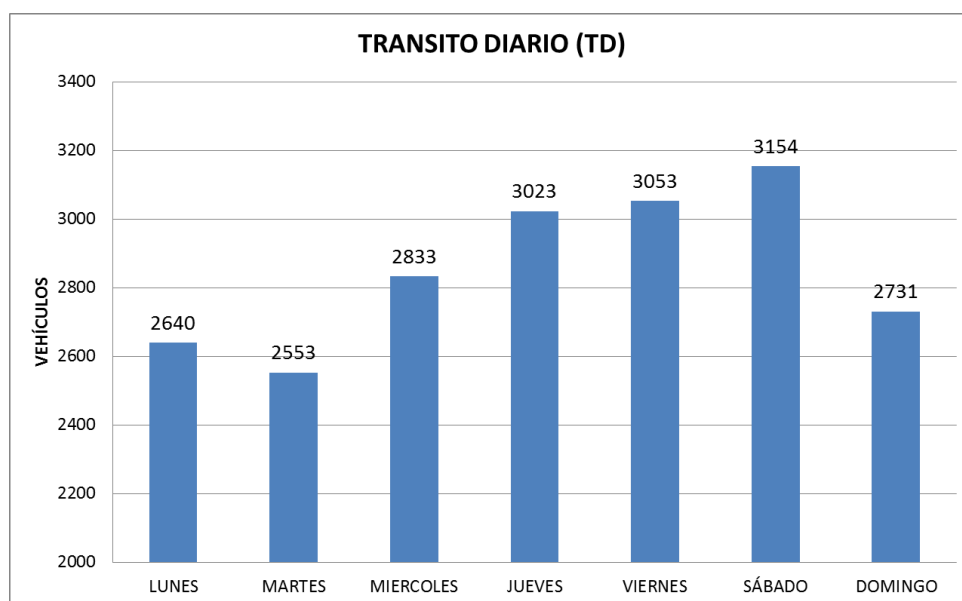
Tráfico diario en el lugar de estudio con número de vehículos por día

Tipo de Vehículos		No. ejes	Lun.	Mar.	Miér.	Jue.	Vier.	Sáb.	Dom.
Vehículos Livianos	Automóvil	2	1127	1037	1203	1243	1298	1455	1231
	Camioneta	2	769	745	810	993	1053	1116	992
	Autobús	2 o 3	121	133	153	146	137	127	124
		2	255	267	285	253	206	153	94
Vehículos Pesados		3	88	99	108	120	90	68	42
	Camiones	3	11	11	10	13	14	23	22
		4	4	5	5	13	23	27	37
		5 o más	185	171	180	150	142	99	101
	Bicicleta		5	17	16	11	10	17	20
	Motocicleta		57	56	40	50	45	42	37
Vehículos Especiales	Remolque		2	1	14	17	23	13	15
	M. Agrícola		3	3	3	7	8	9	10
	Otros		13	8	6	7	4	5	6
<b>Total por Día</b>			<b>2640</b>	<b>2553</b>	<b>2833</b>	<b>3023</b>	<b>3053</b>	<b>3154</b>	<b>2731</b>

De la tabla anterior se puede distinguir que esta vía es mayormente utilizada por vehículos livianos predominando los automóviles y le siguen las camionetas. De los vehículos pesados existe una predominancia por los buses ya que al ser una vía principal que conecta las regiones sierra con el oriente hay mayor afluencia de buses interprovinciales.

**Figura 76**

Tránsito diario vehicular



Según la tabla 18 y la figura 76 se observa que el día de máxima demanda es el día sábado con 3154 vehículos circulando por esta vía y el día de menor demanda es el martes con 2553 vehículos

### **Tráfico Semanal (TS)**

Se define como el número de vehículos que transitan por un lugar determinado de la vía en un periodo de una semana.

$$TS = 2640 + 2553 + 2833 + 3023 + 3053 + 3154 + 2731$$

$$TS = 19987 \text{ Veh/ semana}$$

### Tráfico Mensual (TM)

El tráfico mensual es la cantidad de vehículos que circulan por un lugar determinado de la vía en un mes, se lo calcula en base al tránsito diario aforado en una semana continua y multiplicada por la cantidad de cada día que tiene en un mes, por ejemplo en el mes de octubre de 2022 hay 5 días lunes y multiplicamos por la cantidad de vehículos contabilizados en ese día, y así con todos los días de la semana, hasta completar el mes.

$$TM_{\text{Octubre}} = 5 * 2640 + 4 * 2553 + 4 * 2833 + \dots + 5 * 2731; \quad TM_{\text{Octubre}} = 88473 \text{ Veh/mes}$$

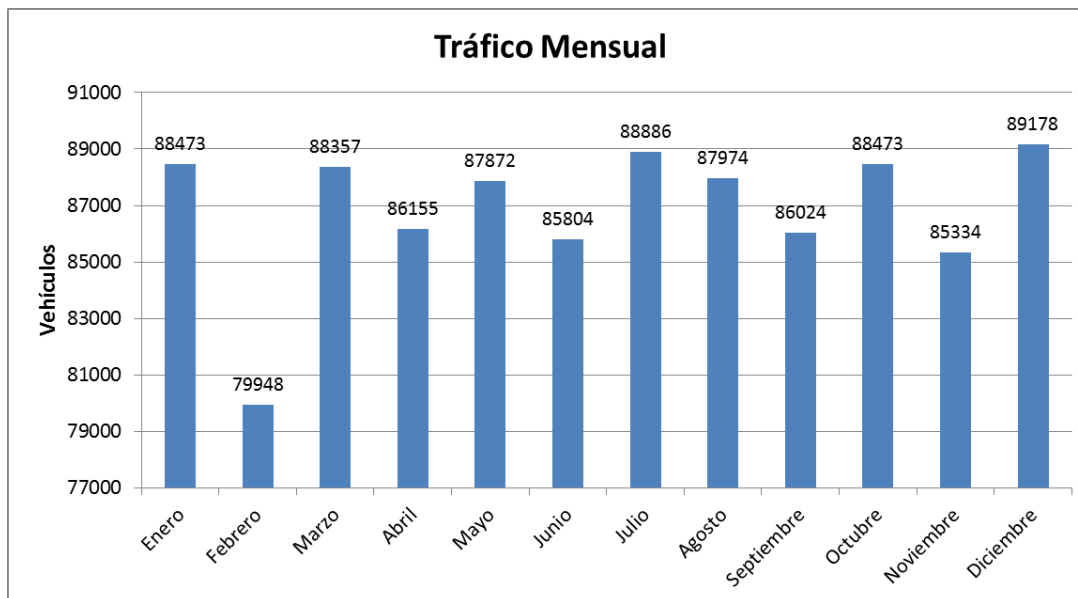
**Tabla 19**

Tráfico mensual en el tramo de estudio, año 2022

Mes	Lun.	Mar.	Mier.	Jue.	Vie.	Sab.	Dom.	Días	T.M.
Enero	5	4	4	4	4	5	5	31	<b>88473</b>
Febrero	4	4	4	4	4	4	4	28	<b>79948</b>
Marzo	4	5	5	5	4	4	4	31	<b>88357</b>
Abril	4	4	4	4	5	5	4	30	<b>86155</b>
Mayo	5	5	4	4	4	4	5	31	<b>87872</b>
Junio	4	4	5	5	4	4	4	30	<b>85804</b>
Julio	4	4	4	4	5	5	5	31	<b>88886</b>
Agosto	5	5	5	4	4	4	4	31	<b>87974</b>
Septiembre	4	4	4	5	5	4	4	30	<b>86024</b>
Octubre	5	4	4	4	4	5	5	31	<b>88473</b>
Noviembre	4	5	5	4	4	4	4	30	<b>85334</b>
Diciembre	4	4	4	5	5	5	4	31	<b>89178</b>
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>53</b>	<b>52</b>	<b>1042478</b>

**Figura 77**

Tráfico mensual en el tramo de estudio, año 2022



Al observar la tabla 19 y la figura 77 el mes con mayor afluencia vehicular es diciembre con 89178 vehículos y el mes con menor afluencia vehicular es febrero con 79948.

### Tráfico Anual (TA)

El tráfico anual se lo determina sumando todos los datos mensuales del tráfico mensual (TM), por lo que tenemos lo siguiente:

$$TA = 88473 + 79948 + 88357 + 86155 + \dots + 89178$$

$$TA = 1042478 \text{ Veh/año}$$

### Volumen de tráfico en hora pico.

Es la hora en el día de máxima demanda en donde transitan la mayor cantidad de vehículos, para este estudio el día de máxima demanda fue sábado 22 de octubre de 2022.

Tabla 20

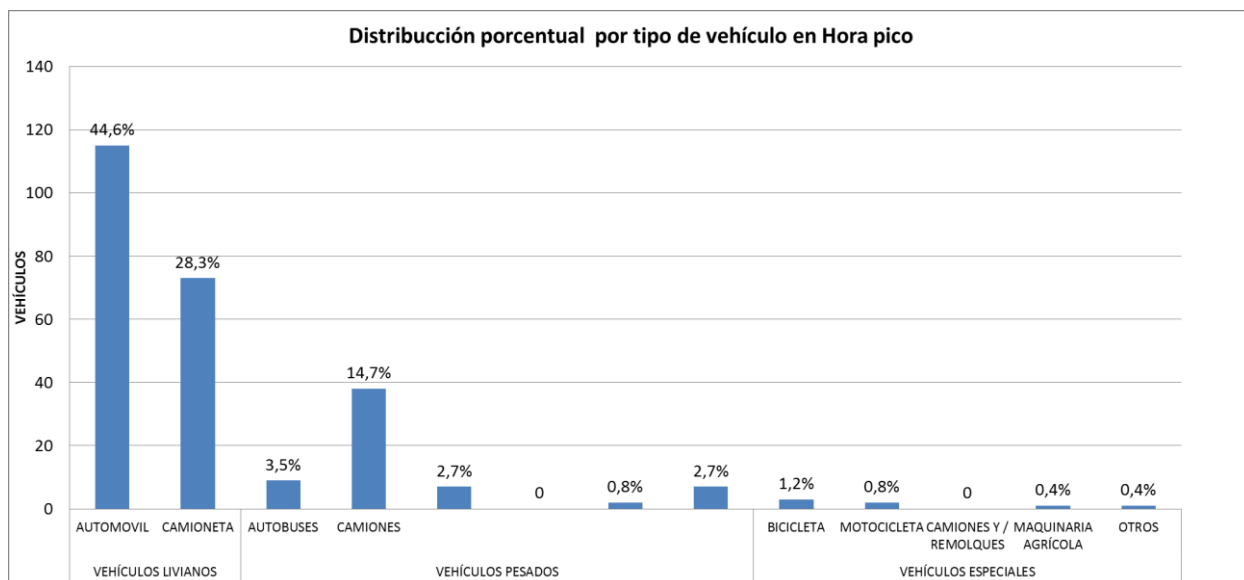
Trafico en hora pico en el día de máxima demanda (sábado 22/10/2022)

Tipo de Vehículos		No. ejes	Hora Pico (Sábado 22/10/2022)				Total	Porcentaje
			De 08:00 a 09:00					
Vehículos Livianos	Automóvil	2	29	25	28	33	<b>115</b>	44,6 %
	Camioneta	2	22	20	12	19	<b>73</b>	28,3 %
	Autobús	2 o 3	1	3	3	2	<b>9</b>	3,5 %
		2	11	10	9	8	<b>38</b>	14,7 %
Vehículos Pesados		3	1	2	2	2	<b>7</b>	2,7 %
	Camiones	3	0	0	0	0	<b>0</b>	0 %
		4	0	0	1	1	<b>2</b>	0,8 %
		5 o más	4	0	0	3	<b>7</b>	2,7 %
	Bicicleta		1	1	1	0	<b>3</b>	1,2 %
	Motocicleta		0	0	1	1	<b>2</b>	0,8 %
Vehículos Especiales	Remolque		0	0	0	0	<b>0</b>	0 %
	M. Agrícola		1	0	0	0	<b>1</b>	0,4 %
	Otros		0	0	0	1	<b>1</b>	0,4 %
<b>Total por periodo de 15 min.</b>			<b>70</b>	<b>61</b>	<b>57</b>	<b>70</b>	<b>258</b>	
<b>Porcentaje por periodo de 15 min.</b>			<b>27,1 %</b>	<b>23,6 %</b>	<b>22,1 %</b>	<b>27,1%</b>		<b>100 %</b>
<b>Total en Hora pico</b>				<b>258</b>				



**Figura 78**

Distribución porcentual por tipo de vehículos en hora pico



### Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS)

Se define como el número en promedio de vehículos que transitan por un lugar determinado de la vía en un periodo de una semana. Y está expresado en función del tráfico semanal (TS) dividido para 7 días.

$$TPDS = \frac{TS}{7}$$

$$TPDS = 19987 \frac{veh}{semana} * \frac{1 semana}{7 días}$$

$$TPDS = 2855 \text{ veh/día}$$

### Tráfico Promedio Diario Mensual (TPDM)

Se define como el número en promedio de vehículos que transitan por un lugar determinado de la vía en un periodo de un mes. Y está expresado en función del tráfico mensual (TM) dividido para 30 días.

Por ejemplo en este caso el aforo vehicular se lo realizó en el mes de octubre, en este mes se obtuvo 88473 vehículos circulando por esta vía, por lo que al dividir para los 30 días que tiene dicho mes se obtiene el TPDM.

$$TPDM = \frac{TM}{30}$$

$$TPDM = 88473 \frac{veh}{mes} * \frac{1 mes}{30 días}$$

$$TPDM = 2949 \text{ veh/día}$$

### **Tráfico Promedio Diario Anual actual (TPDA actual)**

Es la representación del volumen de tráfico anual o actual (TA) que circulará por un punto determinado de la vía dividido para 365 días, es decir que representa el volumen de tráfico promedio por día.

$$TPDA_{actual} = \frac{TA}{365}$$

$$TPDA_{actual} = 1042478 \frac{veh}{año} * \frac{1 año}{365 días}$$

$$TPDA_{actual} = 2856 \text{ veh/día}$$

### **Tráfico Promedio Diario Anual Total (TPDA total)**

El volumen de tráfico que circula por la vía en un punto determinado puede aumentar o disminuir debido a distintas circunstancias, por ejemplo: por el clima, por las reparaciones que se realizan en la calzada, por la reinauguración de la vía, por el exceso de tráfico circulante en dicha vía entre otros.

El tráfico atraído ( $T_a$ ) es definido como aquel tráfico que viene de otras vías aledañas al terminar de realizar mejoras en la vía de estudio. Este tráfico se lo calcula como el 10% del tráfico promedio diario anual actual.

$$T_a = 10\% * TPDA_{actual}$$

$$T_a = 10\% * 2856 \text{ veh/día}$$

$$\mathbf{T_a = 286 \text{ veh/día}}$$

El tráfico promedio diario anual total se lo calcula sumando el tráfico promedio diario anual actual más el tráfico atraído, y se expresa de la siguiente manera:

$$TPDA_{total} = TPDA_{actual} + T_a$$

$$TPDA_{total} = 2856 \text{ veh/día} + 286 \text{ veh/día}$$

$$\mathbf{TPDA_{total} = 3142 \text{ veh/día}}$$

Por la vía Pifo Papallacta en ambos sentidos circulan en promedio por día 3142 vehículos, entre livianos y pesados.

### **Tráfico Promedio Diario Anual Futuro (TPDA F)**

Es definido como la proyección de volumen de tráfico que se espera en un tiempo determinado. Esta proyección está en función de la tasa de crecimiento vehicular y el tiempo proyectado y se la representa con la siguiente expresión:

$$TPDA F_n = TPDA_{total}(1 + i)^n$$

Donde:

$i$ = tasa de crecimiento vehicular (porcentaje)

$n$ = periodo proyectado (años)

Según la ecuación que antecede el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) establece diferentes estudios que determinan la tasa de crecimiento vehicular, por lo que se ha determinado que esta tasa varía entre el 5% y 7% en todo el Ecuador y se considera periodos de proyección entre 15 a 30 años.

En este caso, para la Vía Pifo Papallacta según la figura 13 y tabla 7 que indica el porcentaje de crecimiento y decrecimiento de vehículos matriculados en la provincia de Pichincha y Napo tenemos como promedio de tasa de crecimiento el 7% y se obtiene el tráfico promedio diario anual futuro para 15 y 30 años.

$$TPDA F_n = 3142 \text{ veh/día} * (1 + 0,07)^{15}$$

$$TPDA F_{15 \text{ años}} = \mathbf{8668 \text{ veh/día}}$$

$$TPDA F_n = 3142 \text{ veh/día} * (1 + 0,07)^{30}$$

$$TPDA F_{30 \text{ años}} = \mathbf{23916 \text{ veh/día}}$$

Para conocer por cada tipo de vehículo liviano o pesado la cantidad de tráfico promedio diario anual total o futuro a 15 y 30 años lo representamos en la siguiente tabla:

**Tabla 21**

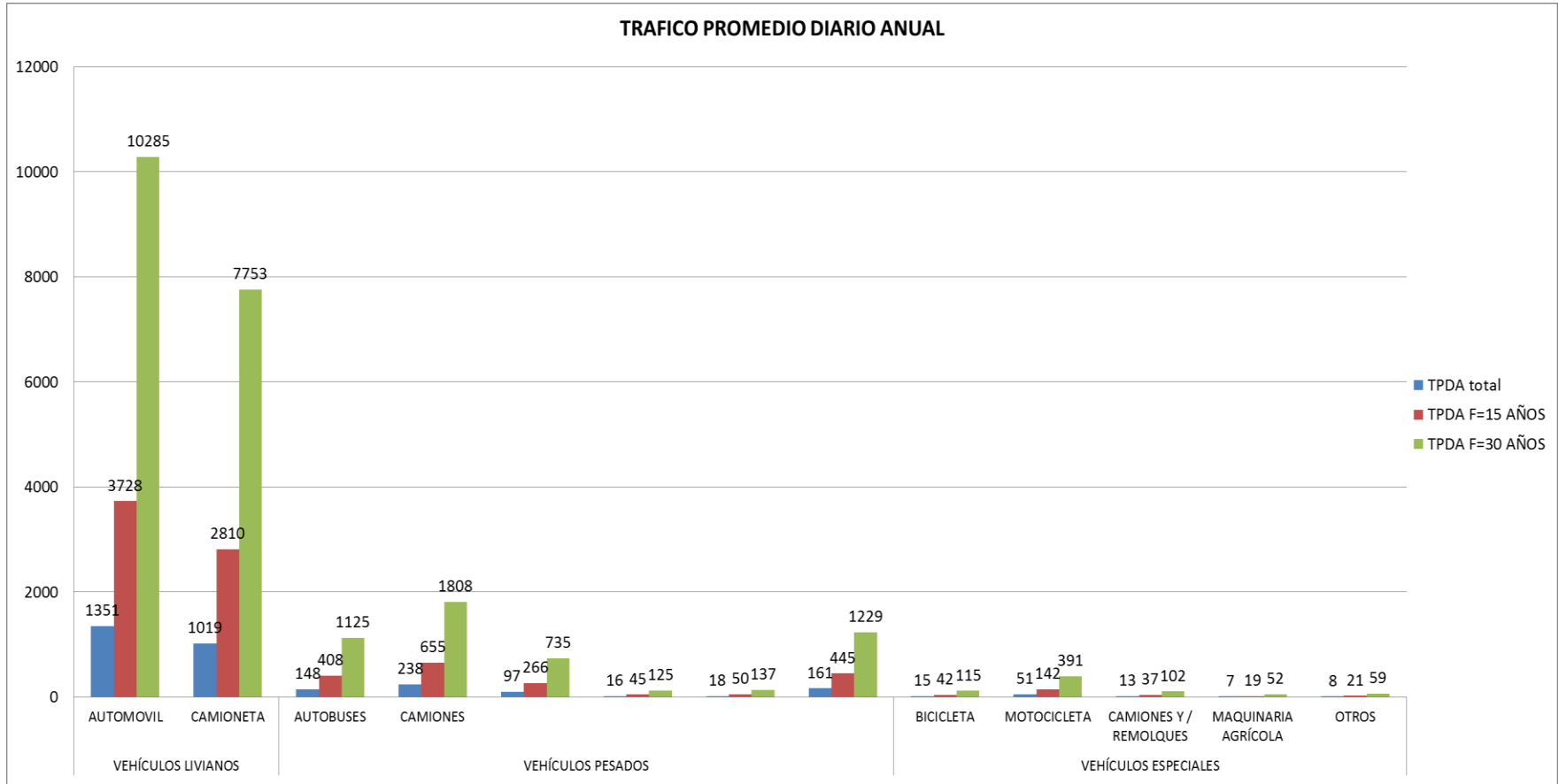
Trafico promedio diario anual total y futuro a 15 y 30 años.

Tipo de Vehículos		No. ejes	TPDA	Ta	TPDA Total	TPDA F 15 años	TPDA F 30 años
Vehículos Livianos	Automóvil	2	1228	123	1351	3728	10285
	Camioneta	2	926	93	1019	2810	7753
Vehículos Pesados	Autobús	2 o 3	134	13	148	408	1125
	Camiones	2	216	22	238	655	1808

<b>Tipo de Vehículos</b>	<b>No. ejes</b>	<b>TPDA</b>	<b>Ta</b>	<b>TPDA Total</b>	<b>TPDA F 15 años</b>	<b>TPDA F 30 años</b>
	3	88	9	97	266	735
	3	15	1	16	45	125
	4	16	2	18	50	137
	5 o más	147	15	161	445	1229
	Bicicleta	14	1	15	42	115
	Motocicleta	47	5	51	142	391
Vehículos Especiales	Remolque	12	1	13	37	102
	M. Agrícola	6	1	7	19	52
	Otros	7	1	8	21	59
<b>Total Tráfico Promedio</b>		<b>2856</b>	<b>286</b>	<b>3142</b>	<b>8668</b>	<b>23916</b>

**Figura 79**

Distribución de tráfico promedio diario anual total y futuro a 15 y 30 años.



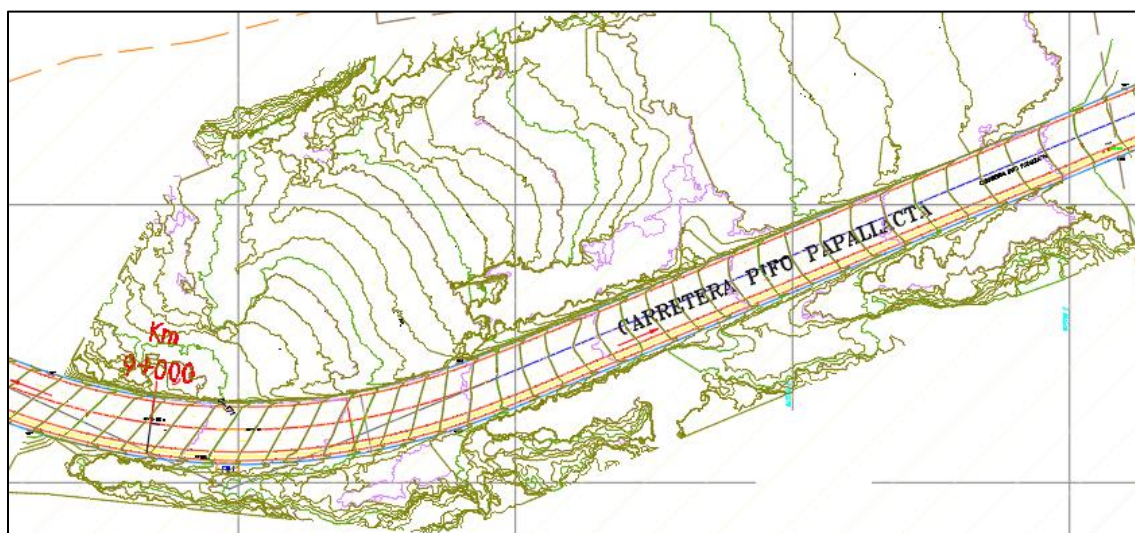
### Topografía del lugar en donde se emplazará la rampa de emergencia de frenado

Los criterios de localización para emplazar una rampa de emergencia de frenado en una vía indican que hay que construirla en el sitio donde exista estadísticas de siniestralidad tal como se muestra en la tabla 13 y además como se muestra en la figura 56. Antes de una zona poblada y antes de una curva muy pronunciada. Además se la debe construir en el margen derecho de la vía en sentido descendente.

Con todos estos criterios, a continuación se muestra el lugar exacto en donde se propone construir la rampa de emergencia de frenado.

### Figura 80

Lugar de emplazamiento de rampa de emergencia de frenado, km9



*Nota.* La rampa de emergencia de frenado se construye en el margen derecho, en el sentido de descenso en dirección a Pifo, en el Km 9.

### Diseño de zona de frenado en la vía Pifo Papallacta

Según todo lo analizado anteriormente existe un tipo de rampa de emergencia de frenado que puede usarse en la vía Pifo .Papallacta y es del tipo cama de frenado, porque se logra adaptar a la configuración del terreno existente en esta zona, este tipo de rampas

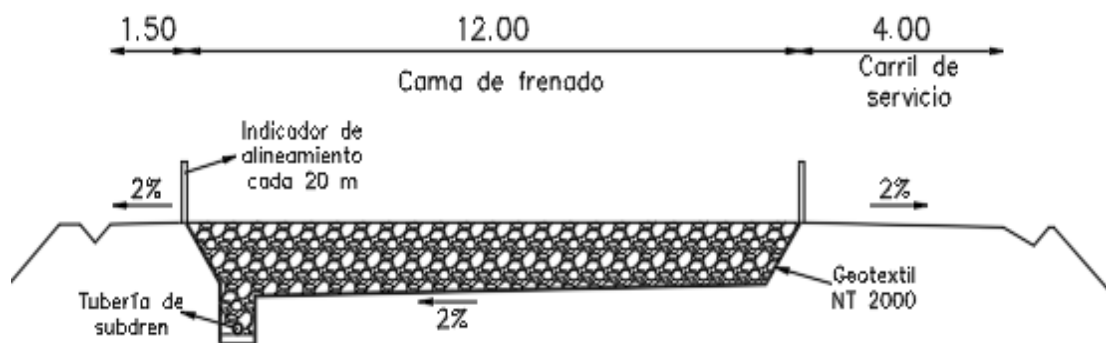
permiten una adecuada desaceleración del vehículo sin sistema de frenos y mejor aún al hacerla en contrapendiente la longitud de la rampa se aminora.

### Ancho de la rampa de emergencia de frenado propuesta

Según las normas Mexicana (NOM-036-SCT2-2016), Americana (AASHTO 2011) y Chilena (MOP 2022) recomiendan que el ancho de la cama de frenado sea de entre 10 a 12 metros, al igual que el carril auxiliar de servicio sea como mínimo de 3 metros. Por tal razón para esta propuesta de diseño se recomienda colocar un ancho de cama de frenado de 12 metros, así mismo un carril auxiliar de 4 metros en el costado derecho de la cama de frenado en sentido descendente (Papallacta- Pifo), a la izquierda de la cama de frenado existirá una berma de 1,50 metros en donde se colocará la señalética vertical, los postes de luz y otros elementos que amerite colocarse en la rampa de frenado de emergencia.

### Figura 81

Esquema transversal de la rampa de emergencia de frenado



### Longitud de la rampa de emergencia de frenado propuesta

Un factor importante para la rampa de emergencia de frenado es la longitud total de la cama de frenado (LT) que en primera instancia se calcula en base a la longitud efectiva ( $L_e$ ) y esta a su vez se encuentra en función de la velocidad de entrada a la rampa de emergencia de frenado, dividido para la suma de la resistencia a la rodadura ( $R$ ) y la pendiente de la rampa ( $S$ ).



Para este caso en particular la velocidad de entrada a la rampa lo calculamos con la siguiente fórmula

$$V_e = \left( V_p^2 - 254 \sum_{i=1}^n L p_i (R + P_i) \right)^{1/2}$$

Tomando en cuenta que la Velocidad de operación estimada ( $V_p$ ) lo obtendremos de la tabla 18 como el valor máximo lo cual es 79,1 km/h a este valor lo estimamos a 80 km/h. Y a su vez el valor de resistencia a la rodadura de la superficie ( $R$ ) se considera como 0,01 al tratarse de pavimento asfáltico. El número de subtramos ( $n$ ) son 6 por lo que procedemos con el siguiente cálculo:

**Tabla 22**

Resistencia a la rodadura de materiales para cama de frenado.

No. de Tramos	Lp (Km)	Pi (%)	Lp*(R+Pi)
1	0,428	-9,33	-0,036
2	0,520	-7,91	-0,036
3	0,249	-6,58	-0,014
4	0,236	-5,21	-0,010
5	0,231	-9,50	-0,020
6	0,300	-9,94	-0,027
<b>Total <math>\Sigma(Lp*(R+Pi)):</math></b>			<b>-0,071</b>

*Nota.* Tomado de Análisis temporal de las lluvias extremas en el DMQ y cálculo de las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia, Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento por Palacios, Zambrano, Escobar, 2014

$$V_e = (80^2 - 254 * (-0,071))^{1/2}$$

$$V_e = 80,11 \text{ km/h}$$

Una vez calculado la velocidad de entrada a la rampa de emergencia de frenado otro factor importante es la resistencia a la rodadura (R), este valor se obtiene de la tabla 12, el cual según recomendación de varios autores el material granular que mejor desempeño tiene es la gravilla uniforme suelta cuyo R=0,25 y además, otro factor necesario para el cálculo de la longitud de la rampa, es la pendiente (SI), este valor lo estimamos en 5% ya que generaremos una contrapendiente a la vía. Por consiguiente se tiene la siguiente expresión

$$L_e = \frac{V_e^2}{254 (R + SI)} = \frac{80,11^2}{254 (0,25 + 0,05)}$$

$$L_e = 84,23 \text{ m}$$

Como se describió anteriormente la longitud total de la rampa de emergencia tiene que ser un 25% más que la longitud efectiva calculada, por lo que se tiene lo siguiente:

$$L_T = (1,25 * 84,23)$$

$$L_T = 105,28 \text{ m}$$

Conociendo este valor asumimos como distancia total de la cama de frenado LT= 106 metros.

### **Material y espesor de la rampa de emergencia de frenado propuesta**

Como se describió anteriormente para la cama de frenado de emergencia el material granular que tiene mejor desempeño a la resistencia a la rodadura es la gravilla suelta uniforme, este material debe tener como porcentaje máximo de desgaste a la abrasión de 30%, así mismo se debe considerar la granulometría descrita en la tabla 12 y figura 31.

La recomendación general para este tipo de material granular es que sea de tamaño uniforme, de preferencia se encuentre entre un rango de 1/4" hasta 3/4" (6 y 19 mm), de cantos redondeados y que se encuentre libre de contaminantes, libre de material fino, todo esto con el fin de facilitar su mantenimiento y mejorar la permeabilización del agua lluvia hacia los drenajes y subdrenajes.

El espesor de la cama de frenado recomendable oscila entre 0,60 a 1,00 metro, y diversa bibliografía (AASHTO 2011, MOP 2022) demuestra que espesores menores a los recomendados no generan la detención total del vehículo y los espesores mayores al recomendado generan sobrecostos que encarecen la obra y su función es la misma.

Por tal razón utilizaremos como espesor para la cama de frenado 1,00 metro, pero además de aquello también se recomienda generar una transición al iniciar la cama de frenado en donde el espesor mínimo sea de 10 centímetros y con forme se vaya avanzando en la cama de frenado aumente el espesor hasta llegar a 1,00 metro. Este desarrollo de transición se recomienda hacerlo de 30 a 60 metros al iniciar la cama de frenado con el fin de que el vehículo de forma controlada ingrese a la cama de frenado y vaya desacelerando paulatinamente.

### **Drenaje y subdrenaje para la rampa de frenado de emergencia**

Otro elemento importante para las rampas de emergencia de frenado son los subdrenajes y drenajes superficiales que necesita la cama de frenado y el carril de servicio. Por lo tanto, según la normativa Mexicana (NOM-036-SCT2-2016) nos brinda unas recomendaciones que se señala en el capítulo 3 de este proyecto, además si se observa la figura 33 y 34 se observa dichas consideraciones.

Las precipitaciones medias anuales en este sector son de 1000 a 1500 mm de agua lo que representa un sector de alta pluviosidad, por lo que para obtener la intensidad de

pluviosidad se calculará mediante la siguiente ecuación obtenida por un estudio realizado en el año 2014 por la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS) para una estación cercana a la zona de estudio el cual es La Tola P19.

$$I(t,T) = \frac{3,2763 \log T + 33,2727}{(33,1217 + t)^{0,9998}}$$

**Tabla 23**

Intensidad máxima de precipitación (mm/min) para la estación La Tola P19.

Tiempo t (min)	Intensidad en mm para un Periodo de retorno T (años)			
	10	15	25	30
10	14,8	16,1	17,6	18,2
20	24,1	26,1	28,6	29,5
30	30,4	32,9	36,2	37,3
40	35,0	37,9	41,6	42,9
50	38,4	41,7	45,8	47,2
60	41,6	44,6	49,0	50,6

*Nota.* Tomado de Análisis temporal de las lluvias extremas en el DMQ y cálculo de las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia, Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento por Palacios, Zambrano, Escobar, 2014

En el cuadro anterior podemos distinguir 2 valores importantes y es que para un periodo de retorno de 15 años la máxima intensidad de precipitación es de 44,6 mm/h y para un periodo de retorno de 30 años es de 50,6 mm/h. Otro valor necesario para nuestro cálculo es el área que de permeabilidad el cual se lo calcula multiplicando la longitud por el ancho de la cama de

frenado ( $106 * 12 = 1272 \text{ m}^2$ ). Ya con estos valores de intensidad y área calculamos el caudal de infiltración con la siguiente expresión:

$$Q = i * A$$

$$Q = 50,6 \frac{\text{mm}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} * \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} * 1272 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,018 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 18 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$$

A su vez se considera una tubería de PVC corrugada para el subdrenaje tanto longitudinal como transversal con un coeficiente de rugosidad (n) igual a 0,009. Estos datos se ingresan en un programa computacional que nos calcula si el diámetro de la tubería es la correcta.

## Figura 82

### Dimensionamiento del subdrenaje longitudinal


Calculo del tirante normal, sección circular

Lugar:  Proyecto:

Tramo:  Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.017"/>	m <sup>3</sup> /s
Diámetro (d):	<input type="text" value="0.16"/>	m
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.009"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.02"/>	m/m



**Resultados:**

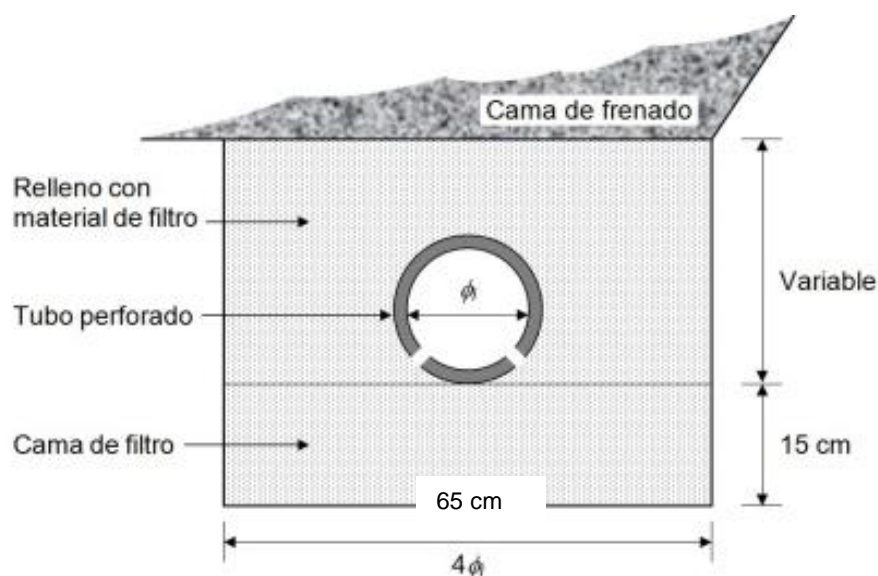
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0762"/>	m	Perímetro mojado (p):	<input type="text" value="0.2437"/>	m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0094"/>	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0388"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.1598"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="1.7996"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="2.3633"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.2413"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>				

Los datos obtenidos del programa computacional nos arrojan que el subdrenaje de PVC corrugada y perforada 160 mm funciona correctamente longitudinalmente.

Para el subdrenaje transversal aplicaremos el mismo programa y según las recomendaciones normativas este subdrenaje no puede ser menor a 15 cm, por lo tanto continuamos con la misma dimensión de 160 mm de tubería de PVC corrugada y perforada.

### Figura 83

Esquema de subdrenaje longitudinal y transversal.



### Señalización vial para la rampa de frenado de emergencia

La señalética horizontal y vertical es fundamental en una rampa de emergencia de frenado ya que ayudará al conductor del vehículo a tomar decisiones vitales y lo guiarán de forma segura hacia dicha rampa. Los parámetros y recomendaciones para la colocación de este tipo de señalética se encuentran establecidas en la norma Mexicana: NOM-036-SCT2-2016.

**La señalética horizontal** que usaremos en este proyecto son las siguientes: (I) Colocar una raya continua roja reflejante 2 kilómetros antes de la rampa de emergencia de frenado con un ancho de 15 centímetros. Esta raya se divide en 2 tramos de un kilómetro cada uno, el

primer kilómetro con una raya discontinua de 10 metros entre sí y el otro tramo ya cercano a la rampa de emergencia de frenado una raya continua. Además se complementará colocando botones o tachas reflectivas de color rojo cada 15 metros en curvas y cada 30 metros en tangentes. (II) Colocar leyendas sobre el pavimento de color blanco reflectivo que indiquen lo siguiente: “Rampa a 2 km”, “Rampa a 1 km”. (III) Al ingreso de la rampa de emergencia de frenado existe una zona de transición en donde se pintará una cuadrícula con rectángulos rojos y blancos reflejantes distribuidos de forma alterna con dimensiones de 3 metros en sentido longitudinal y 1 metro en sentido trasversal. Cabe señalar que es necesario tomar en cuenta las recomendaciones que brinda el Instituto Ecuatoriano de Normalización en su sección RTE INEN 004-2:2011 que habla de la señalización horizontal.

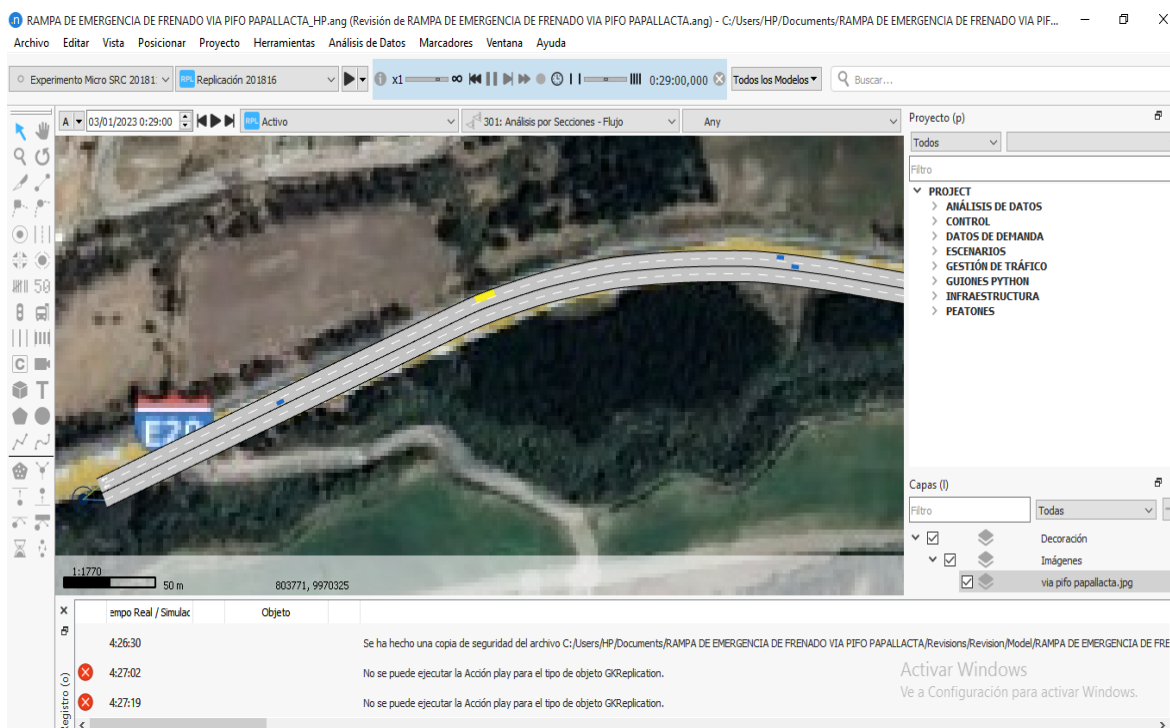
**La señalética vertical** que usaremos en este proyecto se integra por señales tipo puente o bandera además del señalamiento lateral preventivo, informativo o restrictivo que se debe colocar a los 2 km previos a la rampa de emergencia de frenado. Este tipo de señalética se la indicó en el capítulo 3. Cabe señalar que es necesario tomar en cuenta las recomendaciones que brinda el Instituto Ecuatoriano de Normalización en su sección RTE INEN 004-1:2011 que habla de la señalización vertical.

### **Modelamiento en un programa computacional de análisis de tráfico.**

El programa computacional empleado en este estudio nos permite visualizar el impacto que tendría la rampa de emergencia de frenado en el tráfico vehicular actual de la carretera. Este software computacional permite ingresar fácilmente los datos de velocidades de circulación, tráfico promedio diario anual, dimensiones de carril y de igual manera la visualización de la geometría de la carretera es amigable con el usuario que trabaja con este programa.

Figura 84

Captura de pantalla del programa computacional



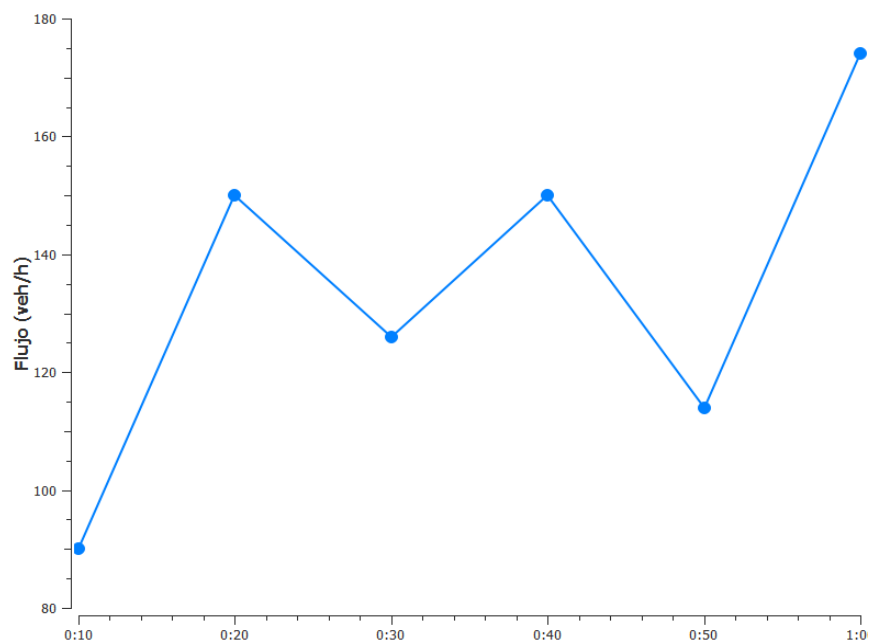
El tráfico en hora pico en la vía Pifo Papallacta es de 258 vehículos /hora en ambos sentidos, este cálculo se obtuvo en el estudio de tráfico vehicular y se ingresa este dato al programa computacional para el modelamiento correspondiente.

Adicionalmente se ingresa la velocidad de circulación que es de 60 km/h con el cual podemos correr el programa obteniendo el siguiente resultado de flujo vehicular



**Figura 85**

Flujo vehicular obtenido en el programa computacional durante 1 hora de observación.



*Nota.* Captura de pantalla del programa computacional en uso.

Al observar la figura 85 se distingue el flujo vehicular en una hora de estudio. Se interpreta que no existe afectación al tránsito vehicular de la carreta, ya que la rampa de emergencia de frenado al ser un carril anexo a la vía principal no hay obstrucción de tráfico.

**Estudio de costos**

Para conocer cuánto dinero se tiene que invertir en este proyecto detallamos a continuación la tabla de cantidades y precios de todos los rubros a emplearse en este proyecto, cabe mencionar que este presupuesto es referencial y servirá como una guía para la elaboración más detallada de dicho presupuesto.

**Tabla 24**

Cuadro de cantidades y precios unitarios para la rampa de emergencia de frenado

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precios Unitarios	Precios totales
<b>Terraza para Rampa de Emergencia de frenado</b>					
1	Topografía y replanteo	m2	12400	\$1,17	\$14.508,00
2	Excavación en suelo natural	m3	28714,93	\$2,10	\$60.301,35
3	Transporte de material (libres 500 m)	m3*km	78966,06	\$0,25	\$19.741,51
4	Relleno compactado con suelo natural (capas 30 cm)	m3	28714,93	\$3,15	\$90.452,03
<b>Cama de frenado</b>					
5	Topografía y replanteo	m2	1272	\$1,17	\$1.488,24
6	Suministro y colocación de Geotextil NT 2000	m2	1630	\$3,70	\$6.031,00
7	Transporte de material gravilla (libres 500 m)	m3*km	6812,4	\$0,25	\$1.703,10
8	Relleno con material granular Gravilla (1/4" a 3/4")	m3	973,2	\$22,00	\$21.410,40
9	Provisión e instalación de subdrenes con tubería PVC 160 mm incluye material petreo triturado	m	136	\$30,00	\$4.080,00
<b>Carril auxiliar y zona de entrada a la rampa</b>					
10	Topografía y replanteo	m2	1710	\$1,17	\$2.000,70
11	Suministro, tendido y compactado de mejoramiento (30 cm)	m3	513	\$11,20	\$5.745,60
12	Transporte de material de mejoramiento (500 libre)	m3*km	3591	\$0,25	\$897,75
13	Suministro y colocación de Geomalla triaxial	m2	1710	\$4,86	\$8.310,60
14	Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta (e=10 cm)	m2	1710	\$15,00	\$25.650,00
15	Transporte de material para capa de rodadura	m3*km	1539	\$0,25	\$384,75

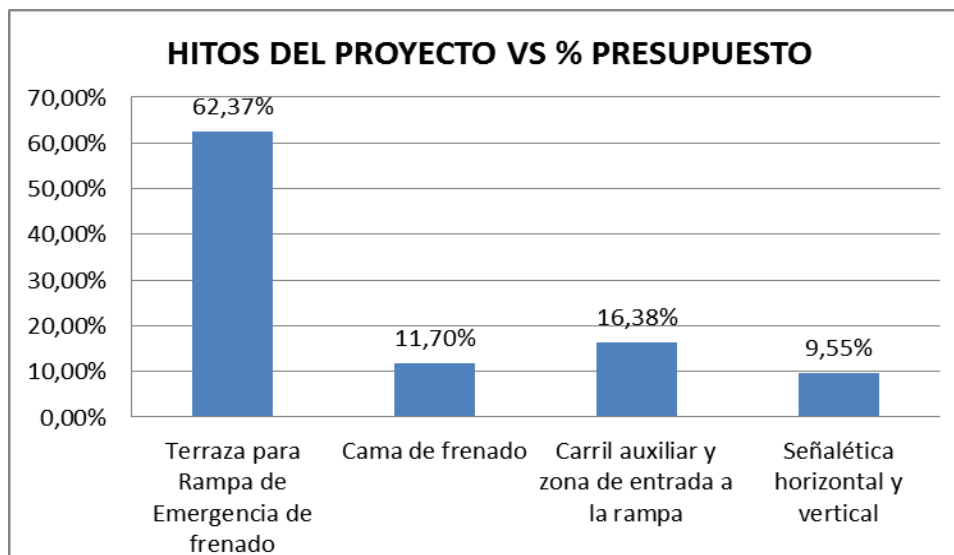
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precios Unitarios	Precios totales
16	Hormigón simple f'c=180 kg/cm <sup>2</sup> para cunetas incluye encofrado	m <sup>3</sup>	31,39	\$178,13	\$5.591,50
<b>Señalética y acabados complementarios</b>					
17	Señales restrictivas al costado de la carretera (0,75 m x 0,75 m)	U	4	\$ 183,20	\$ 732,80
18	Senal informativa a dos postes (3,0 m x 0,86 m)	U	3	\$ 420,00	\$ 1.260,00
19	Senal informativa en voladizo (3,315 m x 1,52 m)	U	1	\$1.240,00	\$ 1.240,00
20	Balizas de alineamiento a los costados de la rampa	U	12	\$ 49,92	\$ 599,04
21	Marca de pavimento (pintura de alto tráfico) Zona de transición (cuadrícula de 3m x 1m, color rojo y blanco)	m <sup>2</sup>	360	\$ 22,00	\$ 7.920,00
22	Marca de pavimento (Pintura de alto tráfico) ancho 15 cm (roja)	m	1000	\$2,14	\$ 2.140,00
23	Marca con pintura termoplástica sobre pavimento e=2,3 mm en seco (Leyenda)	m <sup>2</sup>	13,3	\$1.012,99	\$13.472,77
24	Marcas sobresalidas de pavimento, tachas (rojas)	U	25	\$ 4,45	\$111,25
25	Tanque metálico de 55 galones (lleno de agua)	U	42	\$ 20,50	\$861,00
<b>TOTAL (SIN INCLUIR IVA 12%):</b>					<b>\$ 296.633,39</b>

Los precios unitarios son tomados del folleto emitido por la cámara de la Construcción año 2022, Las cantidades de obra fueron obtenidas de los planos finales.

Son: Doscientos noventa y seis mil seiscientos treinta y tres con 39/100 dólares americanos.

**Figura 86**

Hitos del proyecto en comparación con el presupuesto



Un importante hito para la construcción de esta rampa de emergencia de frenado es el terraplén que se debe construir ya que representa un 62,37% del monto total del proyecto. Este terraplén debe construirse en capas de 30 cm compactando dicho material hasta llegar a la cota deseada. La cama de frenado junto con el subrenaje representa un 11,70% del monto total del proyecto, el carril auxiliar y la zona de entrada a la rampa de emergencia de frenado debe pavimentarse y está constituida por un mejoramiento de 30 cm y una capa de rodadura de 10 cm. Cabe señalar que la utilización de geomalla triaxial es necesaria para completar la estructura del pavimento. En este proyecto se considera necesario colocar tanque metálicos de agua al final de la rampa de emergencia en dos conjuntos de 21 taques, para en caso de ser necesario sirvan de amortiguadores de impacto.

Planos de diseño

Figura 87

Propuesta de rampa de emergencia de frenado km 09+300.

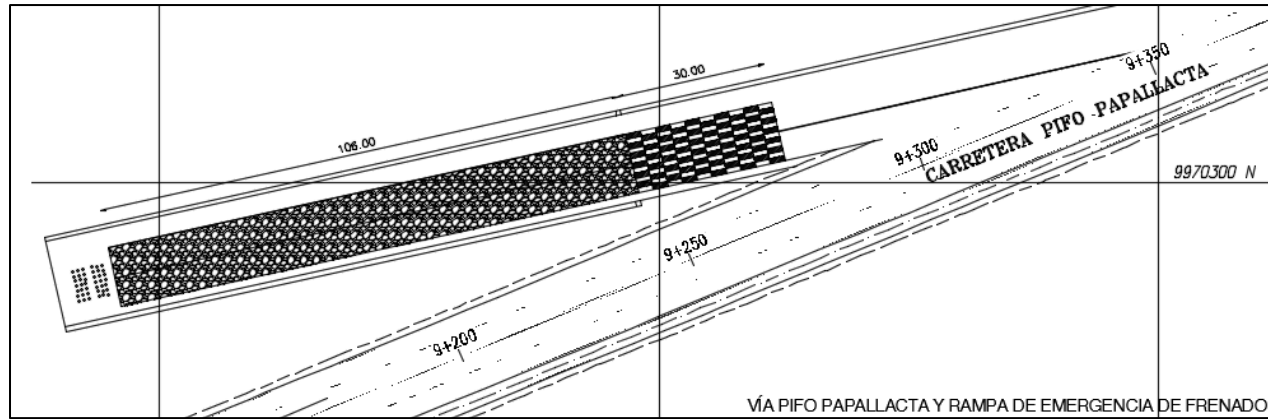
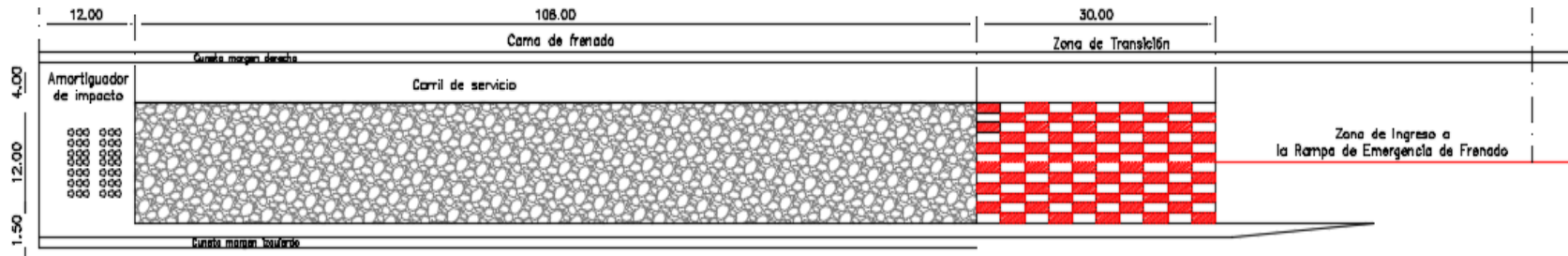


Figura 88

Dimensión de la rampa de emergencia de frenado y sus componentes



Los planos de diseño se presentan en Anexos

## Conclusiones.

El análisis de la faja topográfica de la vía Pifo- Papallacta contribuyó a determinar factores que influyeron en la localización del lugar óptimo de la rampa de emergencia de frenado, por ejemplo la orografía del terreno en donde se emplaza esta vía indica que el relieve es muy irregular, de alta montaña con una gran presencia de rocas. Diferentes normas internacionales indican que un factor importante en la localización del lugar para emplazar la rampa de emergencia de frenado es construirla antes de zonas pobladas, en el margen derecho del tramo vial de pendiente descendiente y antes de una curva cerrada, y en lo posible en contrapendiente. Y por último un factor importante para la localización es la estadística de siniestralidad presente en esta vía la cual indica que el tramo comprendido entre el Km 6 al Km 8 se ubica el 65% de todos los siniestros de tránsitos ocurridos a lo largo de la vida útil de esta vía. Siendo el Km 8 el sector con más siniestros ocurridos representando un 23% del total. Con todos estos factores analizados el lugar óptimo para construir la rampa de emergencia de frenado se ubica en el margen derecho en sentido descendente en el Km 09+300.

Una vez que tenemos el lugar adecuado para implantar la rampa de emergencia de frenado en la vía Pifo Papallacta se procede con el levantamiento topográfico de este sector, en donde observamos que este terreno se encuentra 2 metros por sobre la vía Pifo- Papallacta.

La rampa de emergencia de frenado a implementarse en este sector de la vía Pifo Papallacta es de tipo de cama de frenado ya que se adapta a la configuración del terreno existente en esta zona, tiene una longitud de 106 m en contrapendiente de 5%, una zona de transición de 30 metros con pendiente 0 % una cama de frenado de un metro de profundidad con un material tipo gravilla de cantos redondeado que se encuentre entre un rango de 1/4" hasta 3/4", el ancho de la cama de frenado es de 12 m, y cuenta con un carril auxiliar de 4 m. Además el subdrenaje cuenta con una tubería corrugada perforada de PVC de 160 mm en ambas direcciones e incluye señalética horizontal y vertical.

El programa computacional para estudio de tráfico vehicular empleado en este proyecto permite visualizar el impacto que tendría la construcción de la rampa de emergencia de frenado en el tráfico vehicular actual de la carretera. Para lo cual se usa los datos obtenidos en el estudio de tráfico, la hora pico en la vía Pifo Papallacta que es de 258 vehículos /hora en ambos sentidos, y la velocidad de circulación promedio que es de 70 km/h con lo tanto al correr programa con estos datos indica que no existe afectación al tránsito vehicular de la carretera, ya que la rampa de emergencia de frenado al ser un carril anexo a la vía principal no hay obstrucción de tráfico

El presupuesto referencial para este proyecto es de \$ 296.633,39 (Doscientos noventa y seis mil seiscientos treinta y tres con 39/100 dólares americanos), dato obtenido mediante la contabilización de cantidades de obra y precios unitarios de la cámara de la construcción del año 2022. Hay que señalar que la conformación de la terraza para la rampa de emergencia de frenado representa el 62,47 % de todo el presupuesto a emplearse y que la cama de frenado y la señalética horizontal y vertical representan el 11,70% y el 9,55% respectivamente. El carril auxiliar y la zona de entrada a la rampa representan un 16,38% del presupuesto total.

### **Recomendaciones.**

El análisis actual del estado de la vía Pifo Papallacta con fecha enero 2023 indica que la carpeta asfáltica no se encuentra en óptimas condiciones, ya que en ciertos tramos de dicho pavimento presenta el problema llamado piel de cocodrilo que no es más que fisuras longitudinales y transversales. Además existen baches de grandes dimensiones por lo que se recomienda realizar todo el mantenimiento vial antes de construir la rampa de emergencia de frenado.

Se recomienda realizar un estudio de suelos en el lugar en donde se emplazará la rampa de emergencia de frenado para comprobar que el terreno cumple con las capacidades mínimas para soportar todo el terraplén.

Es recomendable antes de implantar toda la señalética vertical indicada en este proyecto tener un estudio actualizado de la señalética existente de la vía Pifo Papallacta con el fin de evitar los traslapes de señalética.



## Bibliografía

Google. (2015). Recuperado el 20 de Octubre de 2022, de [https://www.google.com.ec/maps/@-](https://www.google.com.ec/maps/@-1.0669654,-80.5583826,3a,60y,134.41h,80.58t/data=!3m6!1e1!3m4!1stlp6J6O6X7dw1T2FzJJYlg!2e0!7i13312!8i6656?hl=es)

1.0669654,-

80.5583826,3a,60y,134.41h,80.58t/data=!3m6!1e1!3m4!1stlp6J6O6X7dw1T2FzJJYlg!2e

0!7i13312!8i6656?hl=es

Organización Panamericana de la Salud. (7 de Diciembre de 2018). Recuperado el 14 de Mayo de 2022, de

[https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=14857:new-who-report-highlights-insufficient-progress-to-tackle-lack-of-safety-on-the-world-s-roads&Itemid=1926&lang=es](https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=14857:new-who-report-highlights-insufficient-progress-to-tackle-lack-of-safety-on-the-world-s-roads&Itemid=1926&lang=es)

Buenos Aires Ciudad. (Noviembre de 2020). Recuperado el 15 de Noviembre de 2022, de

<https://www.buenosaires.gob.ar/desarrollourbano/transporte/autopistas-urbanas/seguridad-vial/infraestructura>

Milenio Digital. (11 de Diciembre de 2021). Recuperado el 15 de Noviembre de 2022, de

¿Cómo funciona las rampas de frenado de emergencia?:

<https://www.milenio.com/estados/rampas-de-frenado-que-son-y-como-funcionan>

Papallacta. (09 de 01 de 2022). Recuperado el 10 de 10 de 2022, de Wikipedia:

<https://es.wikipedia.org/wiki/Papallacta>

AASHTO. (2011). Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte.

AIHE. (2021). El Petroleo en cifras 2021. Asociación de la Industria Hidrocarburífera del Ecuador (AIHE).

AIHE. (2021). El Petroleo en cifras 2021. Asociación de la Industria Hidrocarburífera del Ecuador (AIHE), <https://www.aihe.org.ec/publicaciones/>.

- ANT. (2022). Estadística nacional de accidentes de tránsito desde 2008. Agencia Nacional de Tránsito.
- Arguello, J. (2017). Diseño de una eco- ruta turística en la Parroquia de Papallacta . Universidad Tecnológica de Israel.
- Betancurt, L. E. (2014). Elaboración de una manual que sirva como guía para realizar la señalización vertical vial en cruces de línea férrea. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Maestría en Transportes.
- Caisaguano, S., & Montaleza, C. (2018). Diseño de un terminal atenuador de impactos para la seguridad pasiva en vías. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz.
- Cárdenas, A. (14 de 08 de 2018). Volcamiento de bus en la vía Pifo- Papallacta deja 23 personas fallecidas. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/2018/08/14/nota/6905201/23-fallecidos-18-heridos-accidente-bus-pifo-papallacta/>
- Cárdenas, A. (25 de 07 de 2022). Nueve fallecidos en accidente de bus en la vía Pifo- Papallacta. El Universo.
- Echavaguren, T., Vargas, S., & Ñancufil, J. (2007). Metodología de análisis y diseño de lechos de frenado. Revista de Ingeniería de Construcción Vol.22 N° 3, 175-194.
- Espinosa, J. (04 de mayo de 2018). Así funcionan las rampas de frenado de emergencia en las carreteras. Recuperado el 15 de Febrero de 2022, de Publimetro: <https://www.publimetro.com.mx/mx/autosrpm/2018/05/04/rampas-frenado-emergencia-carreteras.html>

- Galarza, N. (2014). Ecoturismo en la Parroquia de Papallacta , Cantón Quijos, Provincia de Napo, Estrategias de Sostenibilidad para su Consolidación. Facultad de Ciencias Humanas, Departamento de Geografía y Ecoturismo, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- García, Y. (2022). Rampas de Escape para Camiones en Carreteras: Un nuevo Procedimiento para Justificar su Necesidad y Estimar su Ubicación. Revista Politécnica, Universidad Técnica Particular de Loja, Departamento de Ingeniería Civil, Loja, Ecuador, Vol 49.
- Gavidia, G., & Pimentel, G. (2016). Rediseño de la rampa de frenado en la Autopista Regional del Centro en el tramo de Tazón a la altura del CORE N°5 en Caracas. Caracas: Universidad Nueva Esparta, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil.
- Gutenberg. (2022). Obtenido de <https://www.gsp.edu.ec/ecuador/mapas/fisico.html>
- Gutiérrez, J., & Cubillos, S. (2020). Estudiar y evaluar la operatividad de los vehículos en función de la velocidad de diseño por faltas de rampas de frenado en la concesión Briceño-Tunja-Sogamoso, bajo indicadores de ccidentabilidad e impacto social. Bogotá D.C. : Universidad piloto de Colombia, Facultad de Ingeniería Civil.
- INEC. (2021). Estadística de Transporte. Instituto de Estadísticas y Censos INEC 2021.
- INEN. (2011). RTE INEN 004-1:2011 Señalización Vial, Parte 1, Señalización Vertical. Quito: INEN.
- Lastra, R. (07 de Septiembre de 2022). Crónica Uno. Recuperado el 01 de Diciembre de 2022, de Falta de mantenimiento en rampa de frenado preocupa a conductores que transitan por autopista Caracas- La Guaira.: <https://cronica.uno/falta-de-mantenimiento-en-rampa-de-frenado-preocupa-a-conductores-que-transitan-por-autopista-caracas-la-guaira/>

Linderman. (10 de Julio de 2020). ¿Qué es seguridad vial? Recuperado el 16 de Noviembre de 2022, de <https://liderman.com.pe/que-es-seguridad-vial/>

LOTAIP. (2018). Reglamento Ley Sistema Infraestructura Vial del Transporte Terrestre.

Machado, J. (06 de 03 de 2021). Estas son las 14 vías de Quito con más accidentes de tránsito. PRIMICIAS.

MAE. (2016). Mapa de Sistema de Áreas Protegidas.

MAPFRE, F. (15 de Enero de 2021). Seguridad vial Activa y Pasiva. Recuperado el 15 de Noviembre de 2022, de Seguridad vial en la empresa:  
<https://www.seguridadvialenlaempresa.com/blog/seguridad-vial-activa-y-pasiva/>

Mayoral, E., Cuevas, C., Rivera, F., Mendoza, A., Moreno, F., & Cuellar, R. (2008). Experiencia en el Diseño y Operación de Rampas de Frenado en Autopistas. Nuevo León, Monterrey: XVII Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres.

METALESA. (08 de Marzo de 2021). ¿Qué es un atenuador de impacto? Recuperado el 24 de Noviembre de 2022, de <https://metalesa.com/que-es-un-atenuador-de-impacto/>

México. (25 de Mayo de 2022). Rampas de emergencia para frenado. Recuperado el 01 de Diciembre de 2022, de Gobierno de México, Dirección Técnica CAPUFF:  
<https://www.gob.mx/capufe/es/articulos/rampas-de-emergencia-para-frenado>

México, G. (25 de Mmayo de 2022). Rampas de emergencia para frenado. Recuperado el 01 de Diciembre de 2022, de Gobierno de México, Dirección Técnica CAPUFF:  
<https://www.gob.mx/capufe/es/articulos/rampas-de-emergencia-para-frenado>

Molina, D. (25 de 07 de 2022). El Extra. En la Vía Pifo - Papallacta: ¡la curva de las tragedias!.

- MOP. (2003). Normas de diseño geométrico de carreteras (Ministerio de Obras Públicas). Quito.
- MTOP. (2014). Ampliación de la Carretera: Pifo- Papallacta en pavimento flexible. Quito: Ministerio de Transporte y Obras Pública, Dirección Provincial de Pichincha.
- MTOP NEVI 12. (2013). Norma para estudios y diseños viales Vol N°2 Libro A; Norma Ecuatoriana Vial NEVI 12. Quito: Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador.
- NOM-036-SCT2-2016. (2016). Rampa de emergencia para frenado en carreteras. Norma Oficial Mexicana, 18.
- NOM-036-SCT2-2016. (2016). Rampa de emergencia para frenado en carreteras. NORMA OFICIAL MEXICANA, 18.
- Olivo Cando, I., & Gómez García, A. R. (2017). Mortalidad por accidentes de tránsito y su impacto en la población ecuatoriana en edad de trabajar, 2017. Quito: Universidad Internacional SEK.
- Organización Mundial de la Salud. (30 de Junio de 2022). La Nueva declaración política para reducir a la mitad las defunciones y los traumatismos causados por las colisiones de tránsito para 2030 es un logro histórico.´.
- Ortiz, R., Zambrano, C., García, J., & Delgado, D. (29 de Abril de 2022). Análisis de los Accidentes de Tránsito en varios cantones del Ecuador. Revista Riemat.
- Palacios, Zambrano, & Escobar. (2014). Análisis temporal de las lluvias extremas en el DMQ y cálculo de las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia. Quito: Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento.

Paredes, A. (2011). Arquitectura y Topografía: Hotel Papallacta. Universidad San Francisco de Quito.

Ramirez, J. E. (2015). Diseño de rampas de emergencia para frenado en carreteras. Universidad Nacional Autónoma de México.

Regalado, E. P., & Salazar, R. P. (2021). Propuesta de Diseño de una Zona de Frenado de Emergencia en el Cantón Girón. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

Sadoval, J., & Andrade, G. (2012). Plan de Desarrollo Turístico Comunitario para la Parroquia de Papallacta, Cantón Quijos, Provincia de Napo. Tesis de Grado, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Económicas, Escuela de Estadística y Finanzas.

SIT. (2022). Tránsito Transporte & Logística Ingeniería de Transporte Ltda. Obtenido de Aimsun: <https://www.sit-colombia.com/aimsun.html>

Speier, G. (1 de Noviembre de 2020). Speier Road Safety Solutions. Recuperado el 15 de Noviembre de 2022, de Rampas de Emergencia Modernas: <https://speiersafety.com/es/rampas-de-emergencia-modernas/>

Toscano, S. (24 de Noviembre de 2005). Derecho Ecuador.com. Recuperado el 05 de Noviembre de 2022, de <https://derechoecuador.com/queacutecute-es-un-accidente-de-traacutensito/>

U.Indoamérica. (24 de Mayo de 2022). Universidad Indoamérica. Recuperado el 15 de Octubre de 2022, de Estudiantes de Biodiversidad Visitan el Área Protección Hídrica Ponce-Paluguillo: <https://uti.edu.ec/~utiweb/estudiantes-de-biodiversidad-visitan-el-area-proteccion-hidrica-ponce-paluguillo/>

Unda, P. (24 de Julio de 2019). Aleteia. Recuperado el 26 de Octubre de 2022, de <https://es.aleteia.org/2019/07/24/mama-osa-de-anteojos-y-sus-anteojitos/>

**Apéndice.**