



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**MEJORAMIENTO VIAL EN 1.3 KM DE LONGITUD DE LA CALLE  
“LÍNEA FÉRREA” ENTRE LOS BARRIOS EL MADRIGAL Y SAN JOSÉ DE  
MONJAS EN LA PARROQUIA PUENGASÍ, CANTÓN QUITO PROVINCIA DE  
PICHINCHA**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del  
título de Ingenieros Civiles

**AUTORES:** Alexis David Bayas Villagómez  
Carlos Adrián Masabanda Manobanda  
**TUTOR:** Byron Iván Altamirano León

**Quito-Ecuador**

**2024**

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Alexis David Bayas Villagómez con documento de identificación N.º 1723305197 y Carlos Adrián Masabanda Manobanda con documento de identificación N.º 0250312972; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 31 de julio del 2024

Atentamente,



---

Alexis David Bayas Villagómez  
1723305197



---

Carlos Adrián Masabanda Manobanda  
0250312972

## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Alexis David Bayas Villagómez con documento de identificación N° 1723305197 y Carlos Adrián Masabanda Manobanda con documento de identificación N° 0250312972; expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Mejoramiento vial en 1.3 km de longitud de la calle “Línea Férrea” entre los barrios El Madrigal y San José de Monjas en la parroquia Puengasí, cantón Quito provincia de Pichincha”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Civiles, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 31 de julio del 2024

Atentamente,



---

Alexis David Bayas Villagómez

1723305197



---

Carlos Adrián Masabanda Manobanda

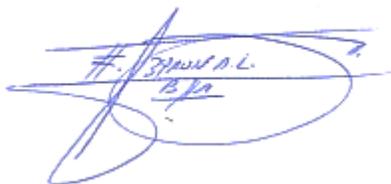
0250312972

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Byron Iván Altamirano León, con documento de identificación N° 1709301590, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: MEJORAMIENTO VIAL EN 1.3 KM DE LONGITUD DE LA CALLE “LÍNEA FÉRREA” ENTRE LOS BARRIOS EL MADRIGAL Y SAN JOSÉ DE MONJAS EN LA PARROQUIA PUENGASÍ, CANTÓN QUITO PROVINCIA DE PICHINCHA, realizado por Alexis David Bayas Villagómez con documento de identificación N° 1723305197 y por Carlos Adrián Masabanda Manobanda con documento de identificación N° 0250312972, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 31 de julio del 2024

Atentamente,



---

Ing. Byron Iván Altamirano León, MSc

1709301590

## DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de titulación en primer lugar a Dios y a la Virgen María, por ser ellos quien me mostraron el camino y levantarme en los peores momentos de mi vida.

A mi madre Martha Yolanda Villagómez Noroña, quien sin duda alguna es la persona más importante en mi vida, madre te agradezco por todo el apoyo que me has brindado a lo largo de toda mi carrera universitaria, gracias por confiar en mí y no soltarme jamás, te felicito por haber logrado educar a tus dos hijos, este logro sin duda alguna también es tuyo.

A mi querido hermano Cristhian Bayas, por apoyarme en todos los sentidos, gracias por ser esa persona tan incondicional y ese ejemplo de hombre que siempre me das, gracias por siempre estar ahí conmigo cuando te necesito, te amo hermano.

A mi padre Bolívar Bayas, que con su sacrificio diario se levantaba muy temprano y hacía que no salga a la Universidad sin desayuno, gracias por enseñarme muchas cosas de la vida, solamente espero hacerle sentir muy orgulloso.

A mi segunda madre, ñaña Normi gracias por todo el amor que me transmites, por el trabajo y el apoyo incondicional que me has dado durante mi carrera y por ser la persona que nunca dudo de mis capacidades, por tus enseñanzas un Dios te pague.

A toda mi familia, gracias por ser únicos y valientes por todo el amor que nos tenemos, y en especial dedico esta tesis a mis dos hermanos Gina y Alex Villagómez que de seguro estarán muy orgullosos de mí.

*Alexis David Bayas Villagómez.*

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi madre por enseñarnos a mi hermano Cristhian y a mí, el valor del sacrificio y el trabajo, por mostrarme que de manera honrada se pueden conseguir grandes cosas.

Quiero agradecer de manera especial a mi primo Jaimito Albán Villagómez, quien ha sido la persona que me ha ayudado incondicionalmente con el préstamo de su tarjeta y así yo poder continuar con mis estudios, un Dios le pague por todo ese apoyo que me has dado desde el primer día, hasta el final.

A la Universidad Politécnica Salesiana, que me brindo la oportunidad de continuar mis estudios en la carrera de Ingeniería Civil, gracias por inculcarme y forjarme buenos valores, sin duda la institución ha sido un pilar fundamental en mi formación académica y personal.

Un agradecimiento especial para el Ing. Byron Iván Altamirano León, por su guía, enseñanzas y consejos durante la elaboración de este proyecto, y por siempre estar abierto a solventar alguna duda o problema.

A mis amigos a lo largo de toda mi carrera tanto en la Universidad Central como en la Politécnica Salesiana, gracias por formar parte de mi vida con altas y bajas, gracias muchachos por todas las experiencias vividas y por esa amistad sincera.

Por último, quiero agradecer a mi compañero en la elaboración del proyecto Adrián Masabanda por su dedicación y trabajo comprometido para sacar adelante nuestro proyecto de tesis.

*Alexis David Bayas Villagómez.*

## DEDICATORIA

Este presente proyecto lo dedicó primero a Dios, luego a la Virgencita de Guadalupe quienes han sido mi fuerza, fortaleza y mi guía durante toda mi vida como estudiante.

A mis padres Jorge Masabanda y Margarita Manobanda quienes con su amor, sacrificio y apoyo hicieron lo posible que pudiera cursar mis estudios universitarios. Gracias por creer en mí y brindarme la oportunidad de alcanzar este logro.

A mi hermana Alexandra Masabanda por su amor y sus palabras de aliento. Gracias por tener fe en mí y por ser una fuente constante de inspiración.

A mi Tío Raúl Manobanda por sus sabios consejos, apoyarme y por creer en mí en todo momento.

A mis Abuelitos Julio Manobanda, Cecilia Chimbo, Rosa Bayas y para mi abuelito paz en su tumba Manuel Masabanda por su sabiduría y valores transmitidos generación tras generación. Sus ejemplos han sido una luz en mi camino hacia el conocimiento.

A mi Novia Pakarina Coles por su amor, paciencia y apoyo incondicional. Gracias por estar a mi lado en cada paso del camino, por creer en mí.

A toda mi familia Masabanda, Manobanda, Bayas, Chimbo por su cariño, ánimo y palabras de aliento en momentos difíciles. Su apoyo ha sido crucial para superar los desafíos y alcanzar mis metas. Este logro no solo es mío, sino la de todos ustedes.

Agradezco profundamente cada uno de sus esfuerzos y sacrificios que han hecho posible este momento tan especial en vida y esta dedicatoria va para todos ustedes.

***Carlos Adrián Masabanda Manobanda***

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primero a Dios por permitirnos vivir esta maravillosa experiencia, por darme salud y fortaleza para presentar este trabajo de grado.

Agradezco a mis padres y a mi familia, quienes me inculcaron con valores y virtudes necesarios para desarrollarme a lo largo de mi carrera Universitaria.

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana, que me proporcionó las herramientas necesarias para culminar esta etapa de grado. Gracias a los docentes de la Carrera de Ingeniería Civil, quienes compartieron sus conocimientos y me permitieron construir una base sólida para iniciar mi carrera como ingeniero.

Quiero expresar mi sincero agradecimiento al Ingeniero Byron Altamirano, quien se desempeñó como nuestro tutor durante este proyecto. Gracias a su conocimiento, dedicación, tiempo y paciencia, durante la elaboración de este proyecto.

Finalmente, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi compañero de tesis Alexis Bayas, por su compromiso, dedicación y arduo trabajo a lo largo de este proyecto. Gracias por tu apoyo constante, por tus ideas y por tu colaboración en cada etapa del proceso. Sin tu esfuerzo y colaboración, no habría sido posible alcanzar este logro. Este éxito es tanto tuyo como mío, y siempre estaré agradecido por haber compartido esta experiencia contigo.

*Carlos Adrián Masabanda Manobanda*

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>ANTECEDENTES Y GENERALIDADES</b> .....	<b>1</b>
1.1.    Introducción .....	1
1.2.    Antecedentes .....	1
1.3.    Problema.....	2
1.4.    Delimitación.....	3
1.4.1.  Delimitación Espacial. ....	3
1.4.2.  Delimitación Temporal.....	4
1.4.3.  Delimitación Sectorial.....	4
1.5.    Justificación.....	4
1.6.    Objetivos .....	5
1.6.1.  Objetivo General .....	5
1.6.2.  Objetivos Específicos.....	5
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>7</b>
<b>ESTUDIO TOPOGRÁFICO</b> .....	<b>7</b>
2.1.    Alcance.....	7
2.2.    Sistema de Coordenadas.....	8
2.2.1.  Sistema de coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator).....	8
2.3.    Levantamiento Topográfico .....	8

2.3.1.	Equipos utilizados en el levantamiento topográfico .....	9
2.4.	Tipo de terreno .....	9
2.4.1.	Terreno Plano .....	10
2.4.2.	Terreno Ondulado.....	10
2.4.3.	Terreno Montañoso .....	10
2.4.4.	Terreno Escarpado.....	11
2.5.	Identificación del tipo de terreno del proyecto técnico .....	11
2.6.	Actividades realizadas en el levantamiento topográfico. ....	11
2.6.1.	Trabajo en campo .....	11
2.6.2.	Trabajo en gabinete .....	13
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>15</b>
<b>ESTUDIO DE TRÁFICO.....</b>		<b>15</b>
3.1.	Alcance.....	15
3.2.	Metodología .....	15
3.3.	Estación de conteo.....	16
3.4.	Clasificación de carreteras según el tráfico.....	17
3.5.	Clasificación de vehículos según sus características.....	19
3.6.	Conteo de tráfico .....	21
3.7.	Determinación de tráfico promedio diario anual TPDA. ....	21

3.8.	Tráfico Generado.....	31
3.9.	Tráfico atraído .....	32
3.10.	Tráfico desarrollado .....	32
3.11.	Tráfico actual.....	32
3.12.	Tráfico futuro .....	33
3.12.1.	Tasa de crecimiento vehicular.....	33
3.13.	Clasificación de carreteras en función al tráfico proyectado. ....	36
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>37</b>
<b>DISEÑO GEOMÉTRICO .....</b>		<b>37</b>
4.1.	Antecedentes .....	37
4.2.	Metodología de trabajo.....	38
4.3.	Estado actual de la vía .....	39
4.4.	Criterio de diseño .....	40
4.5.	Norma de diseño.....	40
4.6.	Trafico de diseño .....	40
4.7.	Clasificación de la vía .....	40
4.8.	Velocidad de diseño.....	41
4.9.	Alineamiento Horizontal .....	42
4.10.	Peralte.....	43

4.11. Sobreebancho .....	43
4.12. Alineamiento Vertical.....	44
4.12.1. Pendientes máximas y mínimas .....	44
4.12.2. Curvas Verticales.....	45
4.12.3. Curvas verticales convexas. ....	45
4.12.4. Curvas verticales cóncavas. ....	47
4.13. Movimiento de tierras .....	48
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>49</b>
<b>ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO .....</b>	<b>49</b>
5.1. Antecedentes .....	49
5.2. Riesgos Naturales.....	49
5.2.1. Susceptibilidad sísmica .....	49
5.2.2. Susceptibilidad a peligros volcánicos .....	51
5.2.3. Susceptibilidad a inundaciones .....	52
5.3. Estudios geotécnicos .....	53
5.3.1. Trabajo de campo .....	54
5.3.2. Excavación de calicatas .....	54
5.4. Trabajo de laboratorio .....	55
5.4.1. Contenido de humedad.....	55

5.4.2.	Granulometría por lavado .....	56
5.4.3.	Límites de Atterberg.....	56
5.4.4.	Clasificación SUCS.....	57
5.4.5.	Clasificación AASHTO.....	57
5.5.	Compactación Proctor Modificado .....	58
5.6.	Cálculo de la capacidad portante del suelo (California Bearing Ratio) CBR de laboratorio	59
5.7.	Determinación del CBR de diseño.....	60
5.8.	Localización de fuentes de materiales.....	61
5.9.	Localización de escombrera. ....	63
<b>CAPÍTULO VI .....</b>		<b>64</b>
<b>DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO .....</b>		<b>64</b>
6.1.	Introducción .....	64
6.2.	Clasificación general de los pavimentos .....	65
6.2.1.	Pavimento Flexible .....	65
6.2.2.	Pavimentos Semi – Rígidos .....	66
6.2.3.	Pavimento Rígido.....	66
6.2.4.	Pavimentos Articulado.....	66
6.3.	Metodología de diseño .....	67
6.3.1.	Metodología AASHTO – 93 .....	67

6.3.2.	Factor regional .....	68
6.3.3.	Índice de serviciabilidad .....	69
6.3.4.	Confiabilidad (R) .....	70
6.3.5.	Desviación normal estándar (Zr).....	71
6.3.6.	Desviación estándar (So) .....	72
6.3.7.	Cálculo del factor de carga equivalente (FCE). .....	73
6.3.8.	Cálculo de número de ejes equivalentes en el año base (Nd). .....	76
6.3.9.	Factor de distribución por dirección (Fd) .....	77
6.3.10.	Factor de distribución por carril (Fc) .....	77
6.3.11.	Cálculo de ejes equivalentes para el diseño de un pavimento flexible aplicando el método AASHTO simplificado para un periodo de 20 años. ....	78
6.3.12.	Módulo de resiliencia de la subrasante .....	80
6.3.13.	Módulo de resiliencia y coeficiente estructural (a3) para Sub-Base.....	80
6.3.14.	Módulo de resiliencia y coeficiente estructural (a2) para la Base .....	82
6.3.15.	Módulo de resiliencia y coeficiente estructural (a1) para carpeta asfáltica 85	
6.4.	Cálculo de los coeficientes de drenaje .....	88
6.5.	Determinación del número estructural mediante la aplicación Ecuación AASHTO - 93 89	
6.5.1.	Cálculo del número estructural para la capa Asfáltica .....	90

6.5.2.	Cálculo del número estructural para la Base.....	91
6.5.3.	Cálculo del número estructural para la Sub-Base .....	93
6.5.4.	Cálculo del número estructural para la Subrasante .....	94
6.6.	Determinación de los espesores para cada capa del la estructural del pavimento	95
6.7.	Verificación y resumen de los espesores para cada capa del pavimento flexible.	98
<b>CAPÍTULO VII.....</b>		<b>102</b>
<b>DISEÑO HIDRÁULICO .....</b>		<b>102</b>
7.1.	Antecedentes .....	102
7.2.	Evaluación y diagnóstico del sistema de drenaje vial existente.....	102
7.3.	Recopilación de información existente .....	103
7.4.	Estudio de cuencas hidrográficas .....	103
7.5.	Hidrología (descripción de las microcuencas del sector).....	105
7.6.	Estaciones meteorológicas .....	110
7.7.	Cálculo de caudales de Diseño.....	111
7.7.1.	Cálculo del caudal probable.....	111
7.8.	Cálculo del caudal de diseño .....	113
7.9.	Drenaje Longitudinal.....	114
7.10.	Sección y tipo de cunetas .....	114

7.10.1. Cunetas triangulares.....	115
7.11. Diseño de cunetas.....	115
7.12. Diseño de drenaje y alcantarillas transversales.....	117
<b>CAPÍTULO VIII .....</b>	<b>122</b>
<b>SEÑALIZACIÓN VIAL .....</b>	<b>122</b>
8.1. Señalización vial .....	122
8.2. Señalización Vertical .....	122
8.3. Clasificación de las señales verticales.....	123
8.4. Características de las señales verticales .....	124
8.4.1. Forma .....	124
8.4.2. Color.....	126
8.5. Señalización Horizontal .....	126
8.6. Clasificación de señales horizontales .....	128
8.7. Características de las Señales Horizontales .....	129
8.8. Distancia de visibilidad de rebasamiento en curva horizontal .....	130
8.9. Distancia de rebasamiento mínima .....	131
8.10. Ubicación de las señaléticas verticales en el proyecto.....	131
8.11. Materiales para utilizar en la señalización vertical y horizontal .....	133
8.11.1. Materiales para la señalización vertical .....	133

8.11.2. Materiales para la señalización horizontal .....	133
<b>CAPÍTULO IX .....</b>	<b>134</b>
<b>PLAN DE MANEJO AMBIENTAL .....</b>	<b>134</b>
9.1. Antecedentes .....	134
9.2. Evaluación de impactos ambientales.....	135
9.3. Método de Leopold .....	135
9.4. Descripción del proyecto y situación actual.....	135
9.5. Plan de manejo ambiental .....	138
9.6. Medidas correctoras a realizarse .....	139
9.6.1. Medidas de prevención .....	139
9.6.2. Medidas correctoras para el proyecto .....	140
<b>CAPÍTULO X.....</b>	<b>141</b>
<b>EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA .....</b>	<b>141</b>
10.1. Introducción .....	141
10.2. Cantidades de obra .....	141
10.3. Cantidades de Obra y presupuestos.....	142
10.4. Rubros .....	142
10.5. Precios Unitarios .....	143
10.6. Presupuesto referencial para la Obra.....	145

10.7. Cronograma de actividades y cronograma valorado .....	146
10.8. Valor actual neto (VAN).....	149
10.9. Tasa interna de retorno (TIR).....	150
10.10. Análisis del beneficio/costo que tendrá el proyecto.....	151
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>154</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>156</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>157</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>159</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas de la estación. ....	17
Tabla 2. Clasificación funcional de las Vías según su TPDA. ....	18
Tabla 3. Clasificación de vehículos, livianos y pesados. ....	19
Tabla 4. Lunes 08 de abril del 2024. ....	23
Tabla 5. Martes 09 de abril del 2024. ....	24
Tabla 6. Miércoles 10 de abril del 2024. ....	24
Tabla 7. Jueves 11 de abril del 2024. ....	25
Tabla 8. Viernes 12 de abril del 2024. ....	26
Tabla 9. Sábado 13 de abril del 2024. ....	26
Tabla 10. Domingo 14 de abril del 2024. ....	27
Tabla 11. Factor horario. ....	28
Tabla 12. TPDA manual calle Línea Férrea. ....	29
Tabla 13. Resumen de factor diario. ....	29
Tabla 14. Resumen de factor semanal. ....	30
Tabla 15. Resumen de factor mensual. ....	30
Tabla 16. TPDA ACTUAL MENSUAL. ....	31
Tabla 17. TPDA ACTUAL. ....	33
Tabla 18. Tasa de crecimiento de tráfico. ....	33
Tabla 19. Periodo de diseño. ....	34
Tabla 20. Tráfico Futuro Calle Línea Férrea. ....	34
Tabla 21. Clasificación de la vía basado al TPDA proyectado. ....	36
Tabla 22. Clasificación de vía según TPDA futuro. ....	41
Tabla 23. Velocidad de diseño para este proyecto. ....	42

Tabla 24. Valores de los elementos para el diseño geométrico. ....	42
Tabla 25. Valores mínimos de diseño del coeficiente K curvas convexas. ....	46
Tabla 26. Valores mínimos de diseño del coeficiente K curvas cóncavas. ....	47
Tabla 27. Valores de Z en función de la zona sísmica adoptada .....	50
Tabla 28. Ubicación de los puntos para muestras de suelo. ....	54
Tabla 29. Simbología clasificación SUCS. ....	57
Tabla 30. Valores para CBR de diseño según su ESAL'S.....	60
Tabla 31. Resumen de resultados CBR. ....	60
Tabla 32. Resumen CBR de diseño con percentil de 87,5 según su ESAL'S.....	61
Tabla 33. Resultados de ensayo de Abrasión. ....	62
Tabla 34. Factor regional según precipitación anual.....	69
Tabla 35. Índice de Serviciabilidad. ....	69
Tabla 36. Valores del nivel de confianza (R).....	71
Tabla 37. Valore de Zr. ....	72
Tabla 38. Desviación estándar.....	73
Tabla 39. Formulas simplificadas para el cálculo del factor de equivalencia. ....	74
Tabla 40. Características de cada vehículo.....	75
Tabla 41. Factores de equivalencia. ....	75
Tabla 42. TPDS y TPDA.....	76
Tabla 43. Número de ejes equivalentes en el año base. ....	76
Tabla 44. Factores de distribución por dirección. ....	77
Tabla 45. Factores de distribución de tráfico por carril.....	77
Tabla 46. Numero de ejes equivalentes para 20 años.....	79
Tabla 47. Resultados de la Sub-Base. ....	82

Tabla 48. Resultados de la capa Base.....	84
Tabla 49. Valores de IMDP para tráfico pesado. ....	85
Tabla 50. Características de la carpeta asfáltica. ....	86
Tabla 51. Resultados de la carpeta asfáltica. ....	87
Tabla 52. Tiempo de eliminación del agua.....	88
Tabla 53. Calidad de drenaje. ....	89
Tabla 54. Datos para el cálculo del SN1. ....	90
Tabla 55. Datos para el cálculo del SN2. ....	92
Tabla 56. Datos para el cálculo del SN3. ....	93
Tabla 57. Datos para el cálculo del SN_ trafico. ....	94
Tabla 58. Valores mínimos de las capas del pavimento. ....	95
Tabla 59. Cálculo de diámetros de las capas del pavimento. ....	99
Tabla 60. Resultados de los espesores de las capas del pavimento. ....	100
Tabla 61. Niveles de unidades Geográficas ....	104
Tabla 62. Zonificación de intensidades. ....	107
Tabla 63. Zona #12.....	108
Tabla 64. Valores para calcular el coeficiente de escorrentía C. ....	112
Tabla 65. Coeficiente de escorrentía para zonas urbanas y rurales. ....	113
Tabla 66. Dimensiones Cuneta Línea Férrea. ....	116
Tabla 67. Resumen de Diseño de alcantarillas para el proyecto Línea Férrea.....	120
Tabla 68. Normativa para la señalización vertical. ....	123
Tabla 69. Características de las señales verticales: Forma.....	124
Tabla 70. Características de las señales verticales: Color. ....	126
Tabla 71. Clasificación de señales horizontales. ....	128

Tabla 72. Características de las señales horizontales. ....	129
Tabla 73. Distancia de visibilidad. ....	130
Tabla 74. Distancia de rebasamiento mínima.....	131
Tabla 75. Ubicación de las señaléticas verticales.....	132
Tabla 76. APUS rubro Desbroce, desbosque y limpieza. ....	144
Tabla 77. Presupuesto del proyecto Mejoramiento Vial en 1.3Km Calle Línea Férrea. ....	145
Tabla 78. Cronograma valorado. ....	147
Tabla 79. Tabla de valores con el VAN para el proyecto. ....	151
Tabla 80. Análisis de costo / beneficio proyecto Línea Férrea.....	152

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Delimitación espacial de los puntos de inicio y fin de la calle Línea Férrea. ....	4
Figura 2.	Instalación de la estación total. ....	12
Figura 3.	Curvas de nivel calle Línea Férrea. ....	14
Figura 4.	Tráfico Futuro Calle Línea Férrea. ....	35
Figura 5.	Abscisa 1+310 de la calle Línea Férrea. ....	38
Figura 6.	Calle "Línea Férrea" ....	39
Figura 7.	Mapa del Ecuador para el diseño sísmico. ....	50
Figura 8.	Distancia más cercada de un volcán al proyecto. ....	51
Figura 9.	Mapa de amenazas, vulnerabilidad y capacidades en el Ecuador. ....	52
Figura 10.	Mapa de amenazas, vulnerabilidad y capacidades en el Ecuador. ....	53
Figura 11.	Ubicación Geográfica de la Mina Esperanza. ....	62
Figura 12.	Ubicación Escombrera El Troje ....	63
Figura 13.	Capas de un pavimento. ....	65
Figura 14.	Comportamiento de Pavimentos Flexibles. ....	66
Figura 15.	Monograma para diseño de pavimentos flexible. ....	68
Figura 16.	Abaco para la determinación del coeficiente $a_3$ y el módulo de resiliencia. ...	82
Figura 17.	Abaco para la determinación del coeficiente $a_2$ y el módulo de resiliencia. ...	84
Figura 18.	Abaco para la determinación del coeficiente $a_2$ y el módulo de resiliencia. ...	87
Figura 19.	Aplicación para cálculo de ecuaciones. ....	90
Figura 20.	Introducción de datos para determinar el SN1. ....	91
Figura 21.	Introducción de datos para determinar el SN2. ....	92
Figura 22.	Introducción de datos para determinar el SN3. ....	93

Figura 23.	Introducción de datos para determinar el SN_ tráfico.....	94
Figura 24.	Distribución de alturas. ....	100
Figura 25.	Sección típica de la vía en ambos carriles.....	101
Figura 26.	Mapa Hidrológico por cuencas hidrográficas del Ecuador. ....	105
Figura 27.	Mapa de Zonificación de intensidades. ....	106
Figura 28.	Mapa de Intensidades máximas en 24 horas. ....	108
Figura 29.	Mapa de Estaciones Pluviográficas en Ecuador.....	111
Figura 30.	Secciones típicas de cunetas.....	115
Figura 31.	Dimensiones para cuneta Calle Línea Férrea. ....	117
Figura 32.	Alcantarillado Transversal de la Calle. ....	121
Figura 33.	Sección circular alcantarilla. ....	121
Figura 34.	Matriz de Leopold .....	137
Figura 35.	Situación actual del terreno y medio ambiente en el lugar del proyecto.....	139

## RESUMEN

El siguiente proyecto vial de longitud 1.3 Km se lo realiza dado la necesidad de mejorar el estado de la capa de rodadura de la calle “LÍNEA FÉRREA” que se encuentra ubicada entre los barrios El Madrigal y San José de Monjas, debido al deterioro de la calzada es necesario realizar un mejoramiento vial. Actualmente, esta vía de acceso no tiene revestimiento y está en mal estado, dificultando el paso de vehículos y peatones, el deterioro es evidente, así mismo la poca luminaria y señalética hacen que se vuelva inseguro transitar por la misma hasta cierta hora. La falta de veredas aumenta la dificultad que tienen los peatones para transitar en la vía dado que se vuelve peligroso caminar junto a los vehículos.

Para la ejecución del presente trabajo se procede a realizar los estudios necesarios en campo y posteriormente procesar la información en oficina y laboratorios; iniciamos nuestro proyecto con el estudio topográfico de la vía en el cual vamos a obtener la información de los puntos y curvas de nivel que tendrá la misma, a través de este obtendremos nuestra faja topográfica que luego nos servirá para realizar el diseño de la vía en el programa Civil 3D.

A continuación realizamos el estudio de tráfico para así obtener la cantidad de vehículos que transitan y así determinar el tipo de vía que necesitará la zona y con los resultados obtenidos procedemos a realizar el diseño de la misma, así mismo continuamos con el levantamiento de fallas que muestra actualmente la carpeta asfáltica, todo esto con el fin de obtener datos necesarios para el posterior diseño de la vía esta información también nos servirá en el diseño de los espesores y estructura de la calzada; concluido con este diseño procedemos a analizar los ensayos de laboratorio para determinar las características que tiene el suelo en el que se asentará la vía con los datos obtenidos mediante los ensayos de Proctor Modificado y CBR podremos saber si la subrasante necesitará o no de un mejoramiento, luego de culminar con

estos ensayos analizaremos los datos hidrológicos de la zona para así determinar las medidas y características de las obras de drenaje que se colocaran en la vía, así mismo deberemos realizar la colocación de señalética tanto vertical como horizontal para garantizar la seguridad de los conductores y transeúntes, posteriormente realizaremos el estudio ambiental con el fin de determinar el impacto ambiental que tendrá la realización de este proyecto, además con esto podremos obtener un análisis económico y financiero con el fin de determinar los indicadores financieros como son el VAN y el TIR adicionalmente veremos el costo beneficio que se va a generar con el mejoramiento de nuestra vía.

**Palabras clave:** Señalética, mejoramiento, revestimiento, faja topográfica, carpeta asfáltica, drenajes, impacto ambiental, diseño de espesores.

## ABSTRACT

The following road project with a length of 1.3 km is carried out given the need to improve the condition of the road surface of the “LÍNEA FÉRREA” street, which is located between the El Madrigal and San José de Monjas neighborhoods, due to the deterioration of the roadway it is necessary to carry out road improvement. Currently, this access road has no coating and is in poor condition, making it difficult for vehicles and pedestrians to pass through. The deterioration is evident, and the lack of lighting and signage makes it unsafe to travel through it until a certain hour. The lack of sidewalks increases the difficulty for pedestrians to travel on the road since it becomes dangerous to walk next to vehicles. To carry out this work, the necessary studies are carried out in the field and the information is subsequently processed in the office and laboratories; We begin our project with the topographic study of the road in which we are going to obtain the information of the points and contour lines that it will have, through this we will obtain our topographic strip that will later help us to design the road in the Civil 3D program. Next we carry out the traffic study to obtain the number of vehicles that travel and thus determine the type of road that the area will need and with the results obtained we proceed to carry out its design, likewise we continue with the survey of faults that It currently shows the asphalt layer, all of this in order to obtain necessary data for the subsequent design of the road. This information will also help us in the design of the thickness and structure of the road; Once this design is completed, we proceed to analyze the laboratory tests to determine the characteristics of the soil on which the road will sit. With the data obtained through the Modified Proctor and CBR tests, we will be able to know whether or not the subgrade will need an improvement. After completing these tests, we will analyze the hydrological data of the area to determine the measurements and characteristics of the drainage

works that will be placed on the road. Likewise, we will have to place both vertical and horizontal signage to guarantee the safety of the users. drivers and pedestrians, later we will carry out the environmental study to determine the environmental impact that the realization of this project will have, in addition with this we will be able to obtain an economic and financial analysis in order to determine the financial indicators such as the NPV and the IRR. Additionally, we will see the cost benefit that will be generated with the improvement of our road.

**Keywords:** Signage, improvement, coating, topographic belt, asphalt layer, drainage, environmental impact, thickness design.

# CAPÍTULO I

## ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

### 1.1. Introducción

El presente proyecto técnico se enfoca en mejorar el estado actual de la calle Línea Férrea, la cual da acceso a los barrios urbanos de la ciudad, siendo estos los barrios de San José de Monjas y El Madrigal

El proyecto tiene una longitud aproximada de 1.3 km mediante el cual se pretende realizar el Mejoramiento Vial, así también realizar el diseño de la capa de rodadura, colocación de señaléticas tanto vertical como horizontal, y además realizar los estudios para saber el costo beneficio que traerá la implementación de este estudio, se diseñará siguiendo lo indicado en las Normas de Diseño Geométrico MOP – 2003, considerando todas las estipulaciones indicadas en la misma normativa.

Con la ayuda de la tecnología, el presente trabajo se realizará usando varias herramientas como son; Civil 3D, Word, Excel, Project.

La realización de este proyecto podrá servir como ayuda para posibles obras en un futuro, lo cual traerá el desarrollo y promoverá un intercambio positivo en los ámbitos sociales, económicos y culturales de esta población, y se convierte en una ruta de desfogue para el tráfico de la Autopista General Rumiñahui y la Avenida Simón Bolívar, reduciendo la carga vehicular en las horas pico, dado que estas avenidas son de mucha importancia al momento de dirigirse tanto al sur, centro o norte de la ciudad y al valle de los Chillos.

### 1.2. Antecedentes

En la parroquia Puengasi el barrio San José de Monjas y el Barrio el Madrigal, ubicados en las coordenadas 9974578.86 S; 779661.22 E, cota 2850 m.s.n.m. y su final 9974356.30 S,

778539.67 E, cota 2836 m.s.n.m zona 17M, Sur - Occidental en la provincia de Pichincha, cantón Quito, donde sus habitantes a diario salen a sus diferentes labores de trabajo y estudio. Actualmente dichos barrios se han extendido poblacionalmente con un incremento de personas del 25% respecto a años pasados. Según datos del INEC en el censo de 2022.

Uno de los problemas de la parroquia radica en que la vía que une a los Barrios San José de Monjas y al El Madrigal, presenta dificultad de movilidad de sus habitantes, puesto que esta vía permite la conexión con la avenida principal Simón Bolívar y la Autopista General Rumiñahui, donde los habitantes deben salir diariamente para dirigirse a sus diferentes labores de trabajo y estudio actualmente esta vía carece de estudios de ingeniería y su estado estructural se encuentra en pésimas condiciones.

Por dicha razón como estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica Salesiana, hemos desarrollado este proyecto el cual tiene como finalidad realizar el estudio para el Mejoramiento Vial en 1.3 km de la calle “Línea Férrea” y así permitir el desarrollo socioeconómico de los barrios San José de Monjas y El Madrigal, asegurando un servicio vial de calidad y en condiciones óptimas a lo largo de toda su vida útil.

### **1.3.Problema**

La mala planificación y ejecución al momento de la construcción de la calle Línea Férrea, ha hecho que el deterioro de la carpeta asfáltica sea más prematuro de lo esperado, debido a que el material usado en la estructura de la carpeta asfáltica es el sobrante de la repavimentación de las Avenidas Simón Bolívar y Autopista General Rumiñahui.

La falta de sistemas de drenaje y alcantarillado a lo largo de la vía han generado constantes daños en la estructura del pavimento, así también se han generado problemas de inundaciones en ciertos sectores de esta, este problema se agudiza en épocas de invierno ya que

se han registrado deslizamientos de tierra, y debido a estos problemas la movilidad de la población en el sector se ve interrumpida.

Así también la falta de atención que se le presta a la vía ha provocado que su cuidado y mantenimiento sean nulos.

#### **1.4.Delimitación**

##### ***1.4.1. Delimitación Espacial.***

La vía intervenida “Línea Férrea” se encuentra ubicada en la zona Sur - Occidental de la provincia de Pichincha, Cantón Quito, parroquia Puengasi, de acuerdo con el sistema de coordenadas UTM WGS84 se encuentra en la zona 17M y su inicio se halla en las coordenadas 9974578.86 Sur; 779661.22 Este, cota 2850 m.s.n.m. y su final 9974356.30 Sur, 778539.67 Este con una cota 2836 m.s.n.m. y una longitud aproximada de 1.318 km y ancho variable de vía de 6.3 a 7.5 m.

## **Figura 1.**

*Delimitación espacial de los puntos de inicio y fin de la calle Línea Férrea.*



*Nota.* La línea roja indica los puntos de inicio y final de la vía del proyecto a ejecutarse.  
Elaborado por: Los Autores a través de Google Maps 2023.

### ***1.4.2. Delimitación Temporal.***

El presente estudio del diseño vial se realizó de manera independiente desde marzo hasta junio del 2024.

### ***1.4.3. Delimitación Sectorial.***

El tramo de la calle “Línea Férrea” se encuentra en los sectores del barrio El Madrigal y el barrio San José de Monjas.

## **1.5. Justificación**

La finalidad de este estudio es brindar una mejor calidad de movilidad a los residentes de los barrios El Madrigal y San José de Monjas, facilitando la continuidad del transporte, progreso y desarrollo de los habitantes. El proyecto reúne características, condiciones técnicas,

operativas que aseguran el cumplimiento de metas y objetivos. El ideal está enmarcado dentro del contexto de un enfoque de mejoramiento social y económico, que trata de consolidar un proceso técnico, profesional en la ejecución de este, aspiraciones y necesidades del sector. La solución propuesta permitirá canalizar mejor los esfuerzos de los moradores para el desarrollo del sector.

Con la formulación del estudio técnico para el mejoramiento vial de este tramo, como acceso principal al barrio de San José de Monjas y a otros barrios aledaños al sector y también la población que habita a lo largo de la calle Línea Férrea, serán beneficiadas ya que al realizar el mejoramiento de esta vía se podrá tener una mejor movilidad, reducir carga vehicular en las avenidas principales, prevenir accidentes, problemas de inundaciones, alumbrado eléctrico y problemas de seguridad, además se busca el desarrollo socio-económico de los barrios y que se vean beneficiados con este proyecto.

## **1.6. Objetivos**

### ***1.6.1. Objetivo General***

- Elaborar un proyecto de mejoramiento vial para la calle “Línea Férrea”, en un tramo de 1.3 Km, ubicado en la parroquia Puengasi, Cantón Quito provincia de Pichincha, mediante la implementación de estudios técnicos, para mejorar la viabilidad y condiciones de vida de los habitantes de los barrios El Madrigal y San José de Monjas.

### ***1.6.2. Objetivos Específicos***

- Realizar el levantamiento topográfico usando equipos especializados para el análisis de la zona de estudio.

- Realizar un conteo manual vehicular a través del uso de técnicas adecuadas para el estudio de tráfico de la calle “Línea Férrea”, y determinar su TPDA.
- Elaborar el diseño geométrico de la vía usando el programa de modelación Civil 3D para, en caso de ser factible, efectuar las correcciones al diseño actual de la misma, basados en la NORMA MTOP 2003.
- Diseñar una estructura de pavimento mediante la aplicación de la respectiva normativa para proporcionar una vía capaz de responder satisfactoriamente a las solicitudes de está, basados en la ASSTHO 2013.

## CAPÍTULO II

### ESTUDIO TOPOGRÁFICO

#### 2.1. Alcance

En toda obra civil la topografía es la más fundamental porque es la encargada de la representación gráfica de la superficie del terreno en la cual se va a ejecutar cualquier tipo de obra civil. Esta idea, aunque teóricamente planteada no es del todo cierta puesto que McCorman (McCorman, 2006) señala que:

La topografía es la ciencia que determina las dimensiones y el contorno (características tridimensionales) de la superficie de la tierra a través de la medición de distancias, direcciones y elevaciones. Define también las líneas y niveles que se necesitan para la construcción de edificios, caminos, presas y otras estructuras. Livianos más de estas mediciones en campo, la topografía incluye el cálculo de áreas, volúmenes y otras cuantificaciones, así como la elaboración de los diagramas y planos necesarios. (pág. 4)

Dentro de la topografía, nos centraremos en estudiar dos áreas principales que son: la Planimetría y la Altimetría.

**Planimetría:** También conocida como control horizontal considera únicamente la proyección del terreno sobre un plano horizontal (vista en planta) utilizada para medir distancias horizontales y calcular áreas de terrenos, no se consideran las diferencias de elevación entre los diversos puntos del terreno.

**Altimetría:** También conocida como control vertical es la encargada de medir las diferencias de nivel o elevación representando las distancias verticales teniendo como referencia un plano horizontal.

## **2.2. Sistema de Coordenadas.**

Un sistema de coordenadas es una estructura utilizada para establecer las ubicaciones relativas de los objetos dentro de un área específica. Por ejemplo, un área en la superficie de la tierra o la superficie de la tierra en su totalidad.

Actualmente, para la medición de coordenadas, se emplea dos tipos de sistemas que son:

- Sistema de coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator)
- Coordenadas Geográficas.

### **2.2.1. Sistema de coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator)**

El sistema de coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator) es un sistema de proyección cartográfica basado en cuadrículas en donde se referencian puntos sobre la superficie de la tierra.

El GPS o también conocido como sistema de posicionamiento global es un sistema de radio navegación propiedad de los EE. UU. que ofrece servicios fiables de posicionamiento, navegación y cronometría, permite georreferenciar en tiempo real y posicionar puntos dentro de cualquier proyecto con un error no mayor a 5 metros.

El Datum es un sistema de referencia espacial y ofrece un marco de referencia para medir ubicaciones en la superficie terrestre, definiendo el origen y la orientación de las líneas de latitud y longitud.

Para este proyecto técnico se utilizó el Datum WGS-84.

## **2.3. Levantamiento Topográfico**

El levantamiento topográfico constituye la primera etapa del estudio técnico y descriptivo de un terreno. En esta etapa se determinan las características físicas, geográficas y

geológicas del terreno a través de un conjunto de operaciones realizadas en campo, con el objetivo de representarlas en un plano.

Para comprender mejor lo que implica un levantamiento es importante saber que existen dos tipos que son:

- **Levantamiento Topográfico:** Se utiliza para terrenos con una extensión menor a 30 Km se considera despreciable la curvatura de la tierra.
- **Levantamiento Geodésico:** Se utiliza para terrenos con una extensión mayor a 30 Km se considera la curvatura de la tierra.

Para este presente proyecto técnico se ha ejecutado un levantamiento del tipo topográfico mediante la utilización de equipos de alta precisión.

### ***2.3.1. Equipos utilizados en el levantamiento topográfico***

El levantamiento topográfico se llevó a cabo utilizando los siguientes equipos de topografía:

- Una estación total marca TRIMBLE M3 DR 5" W, con una apreciación 5" W de 1.5 a 5000m.
- 3 prismas con sus respectivos bastones.
- Una brújula.
- 2 radios Motorola.
- GPS Datum WGS-84, con una precisión de 14mm en ntrip.

### **2.4. Tipo de terreno**

Los terrenos o áreas de implantación pueden ser categorizados según diversas características del suelo, tales como sus propiedades físicas, mecánicas y químicas, entre otras. Por lo tanto, en un análisis topográfico del terreno, podemos agruparlo teniendo en cuenta la

pendiente transversal a la vía. El conocimiento de esta característica topográfica es crucial tanto en el diseño como en la toma de decisiones, ya que terrenos con pendientes muy pronunciadas pueden resultar en costos elevados durante su ejecución. Por esta razón, la normativa de diseño geométrico de carreteras MOP 2003 clasifica el terreno en función de sus características topográficas, que pueden ser llanos, ondulados o montañosos, y a su vez pueden presentar pendientes suaves o pronunciadas.

#### **2.4.1. Terreno Plano**

Este tipo de terreno tiene pendientes transversales a la vía menores del 5%. “En construcción exige mínimo movimiento de tierras y no presenta dificultad en el trazado ni en su explanación, por lo que las pendientes longitudinales de las vías son normalmente menores del 3%”. (MOP, NORMA PARA ESTUDIOS DE CARRETERAS Y DISEÑOS VIALES, 2003, pág. 14)

#### **2.4.2. Terreno Ondulado**

Se caracteriza por tener pendientes transversales a la vía del 6% al 12%. Este tipo de terreno requiere un moderado movimiento de tierras, lo que permite sin mayor dificultad en la explanación y el trazado los alineamientos más o menos rectos, así como pendientes longitudinales típicamente del 3% al 6%. (MOP, NORMA PARA ESTUDIOS DE CARRETERAS Y DISEÑOS VIALES, 2003, pág. 15)

#### **2.4.3. Terreno Montañoso**

Las pendientes transversales a la vía suelen ser del 13% al 40%. Para construir este tipo de carreteras en este terreno se debe realizar grandes movimientos de tierras, y/o construcción de puentes y estructuras para salvar lo montañoso del terreno por lo que presenta dificultades en la explanación y el trazado. Se tiene pendientes longitudinales de las vías del 6% al 8% son

comunes. (MOP, NORMA PARA ESTUDIOS DE CARRETERAS Y DISEÑOS VIALES, 2003, pág. 15)

#### **2.4.4. Terreno Escarpado**

Las pendientes del terreno transversales a la vía pasan con frecuencia del 40%. Para construir carreteras se requiere un máximo movimiento de tierras y existen muchas dificultades para el trazado y la explanación, pues los alineamientos están prácticamente definidos por divisorias de aguas, en el recorrido de la vía. Por tanto, podemos encontrar pendientes longitudinales mayores del 8% y para evitarlos el diseñador deberá considerar la construcción de puentes, túneles y/o estructuras que garantizaran el proyecto en lo escarpado del terreno. (MOP, NORMA PARA ESTUDIOS DE CARRETERAS Y DISEÑOS VIALES, 2003, pág. 16)

#### **2.5. Identificación del tipo de terreno del proyecto técnico.**

De acuerdo con los conceptos antes mencionados, el levantamiento topográfico indica que nuestro proyecto se sitúa en un terreno ONDULADO, ya que presenta una gradiente máxima del 7.94% y una pendiente longitudinal del 5.95%.

#### **2.6. Actividades realizadas en el levantamiento topográfico.**

El levantamiento topográfico comienza en campo y culmina con la realización de las tareas de oficina (trabajos de gabinete), que deben mantener una coherencia y una secuencia lógica en su ejecución.

##### **2.6.1. Trabajo en campo**

- Antes de realizar el levantamiento topográfico se procedió a recorrer a lo largo de la vía para establecer parámetros que sirvieran de guía en el trabajo de campo. Durante este recorrido, se identificaron sitios donde era conveniente realizar un rediseño más detallado y se determinaron los puntos de inicio y fin de la vía. Al

finalizar el recorrido de la vía se procedió a realizar el montaje de la estación total marca TRIMBLE M3, las coordenadas del punto se las tomo con la ayuda del GPS Datum WGS-84, con una precisión de 14mm en ntrip.

- Para el montaje de la estación total primero seleccionamos y marcamos el punto de control topográfico, una vez escogido el punto de control se procedió a realizar una marca con clavos de acero de 2 pulgadas y se señaló con una pintura roja en espray, teniendo en cuenta la seguridad personal y del equipo topográfico y una buena visibilidad.

## **Figura 2.**

*Instalación de la estación total.*



*Nota.* Nivelación de estación total primer punto Elaborado por: Los autores.

- Luego se procedió al centrado del equipo topográfico.
- Y por último nivelamos la estación total teniendo en cuenta que la burbuja del nivel circular se encuentre en el centro.

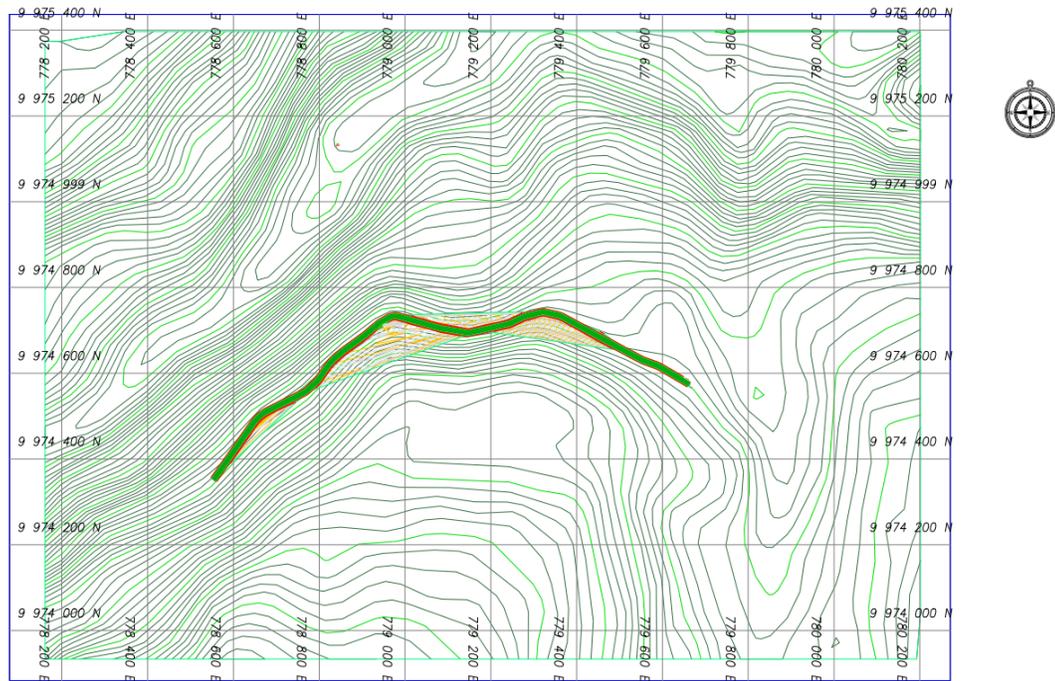
Una vez finalizado el montaje de la estación total procedemos a tomar los datos con la estación total y los prismas en cada punto con curvas de nivel cada 10 metros así hasta finalizar el tramo de la vía de estudio.

### ***2.6.2. Trabajo en gabinete***

Una vez finalizado el levantamiento, se procede a obtener los puntos desde la estación total en formato txt. Estos puntos se procesaron y cargaron en el software CIVIL 3D de Autodesk, en su versión 2023 Metric. Los puntos obtenidos del levantamiento topográfico nos han permitido verificar el error y la tolerancia del poligonal principal, además de generar una superficie del terreno con información altimétrica y planimetría, incluyendo curvas de nivel cada 10 metros. Para este proyecto técnico se tomaron 348 puntos con su respectiva proyección norte, este y cota.

**Figura 3.**

*Curvas de nivel calle Línea Férrea.*



*Nota.* Implantación de las curvas de nivel, en las que estará el proyecto. Elaborado por: Los autores.

## **CAPÍTULO III**

### **ESTUDIO DE TRÁFICO**

#### **3.1. Alcance**

Es de suma importancia evaluar las características del tránsito vial presente en nuestro proyecto, debido a que este estudio de tráfico parte de la revisión y análisis de la información obtenida en campo para los diferentes tipos de vehículos y el volumen de tráfico, dichos datos serán proyectados para un periodo de tiempo de 10 y 20 años, con lo que obtendremos el tráfico promedio anual y con esta información podemos clasificar a la vía de acuerdo con la Norma (MOP, NORMA PARA ESTUDIOS DE CARRETERAS Y DISEÑOS VIALES, 2003).

Con la proyección obtenida de volumen de tráfico transformaremos estos datos a un número de ejes de carga equivalentes (8.2 ton.) ESALS'S (Equivalent Simple Axial Load), con estos valores se podrá conseguir la carga vehicular a la que el pavimento será sometido, ya que en los estudios de tránsito podremos determinar los parámetros óptimos de diseño, como máximo y mínimo, este estudio debe hacerse con objetividad, ya que determinar el nivel de importancia que se le dará a la ruta en estudio.

La importancia de este análisis previo se debe también a que diversos factores, como el crecimiento demográfico o aspectos económicos, pueden hacer obsoleto el plan vial original con el paso del tiempo y que en el estado actual de las carreteras no proporcionan una adecuada instalación.

#### **3.2. Metodología**

El método usado para determinar los volúmenes del tráfico se basa en la toma de aforo del tránsito en la vía de estudio, siendo está la base para proporcionar los volúmenes del tráfico

actual y tráfico proyectado, los mismos que servirán para saber qué tipo de estructura tendrá la vía y así lograr un óptimo diseño geométrico de la misma.

Para determinar el TPDA de la vía, lo recomendado es tener datos de una estación de conteo vehicular permanente para que permita conocer las variaciones diarias y semanales y lo ideal sería poder tomar una muestra anual y así poder pronosticar el crecimiento del tráfico para el futuro.

### **3.3. Estación de conteo**

Para la toma de datos se deberá tener en cuenta que la visualización a los vehículos debe ser óptima, así también las condiciones climáticas, para este conteo se decidió establecer en la abscisa 0+450 m, se considera un punto estratégico dado que se tiene una visión óptima a ambos lados de la vía.

En esta ocasión se hará una toma de datos presencial en la zona durante 12 horas consecutivas por una semana, se hará el registro de los vehículos que pasan por la vía en ambos carriles durante ese tiempo en el mismo punto todos los días, esta toma de datos se hará desde el lunes 08 de abril de 2024 y termina el domingo 14 de abril de 2024, en un horario entre las 06:00 hasta las 18:00 horas.

**Tabla 1.**

*Coordenadas de la estación.*

ESTACIÓN DE CONTEO VEHICULAR CALLE LÍNEA FÉRREA	
<b>Latitud</b>	779358,08 m E
<b>Longitud</b>	9974741,12 m S
<b>Altitud</b>	2846 m.s.n.m
<b>Zona</b>	17M

*Nota.* Ubicación de la estación de conteo manual. Elaborado por: Los autores a través de Google Earth Pro-2024.

**3.4. Clasificación de carreteras según el tráfico.**

Se ha considerado plantear la clasificación que toma en cuenta los datos del tráfico a nivel nacional, así mismo las estadísticas en accidentes y el crecimiento del parque automotor del país, todo esto con el fin de aumentar la funcionalidad y eficiencia en la seguridad del tránsito, así también para tener una escala de cómo se debería clasificar a las carreteras y vías.

Esto está dado según el TPDA, dato con el cual podemos determinar en qué categoría se clasificará la vía. En la siguiente tabla nos indica la clasificación que se les da a las vías según su TPDA:

**Tabla 2.**

*Clasificación funcional de las Vías según su TPDA.*

<b>Clase de Carretera</b>	<b>Tráfico Proyectado TPDA</b>
<b>R-I O R-II</b>	Más de 8000
<b>I</b>	De 3000 a 8000
<b>II</b>	De 1000 a 3000
<b>III</b>	De 300 a 1000
<b>IV</b>	De 100 a 300
<b>V</b>	Menos de 100

*Nota.* Tabla de clasificación de vías en base a su TPDA. Fuente: (MOP, 2003). Elaborado por: Los Autores.

➤ **Autopista o carretera principal.**

“Sus límites van desde los 80000 a los 120000 vehículos diarios, estas carreteras son las que conectan todo el País y son de gran importancia para el desarrollo económico” (MOP, 2003).

➤ **Autovía o carretera Multicarril.**

“Sus límites van desde los 26000 a los 50000 vehículos diarios, estas carretas son las vías que conectan dentro las grandes ciudades y por lo general están en el perímetro” (MOP, 2003).

**Carretera de 2 carriles**

➤ **C1:** “equivale a una carretera de mediana capacidad, como por ejemplo una calle dentro la ciudad” (MOP, 2003).

➤ **C2:** “equivale a una carretera convencional básica y camino básico, como por ejemplo una calle dentro la ciudad, pero con poca afluencia” (MOP, 2003).

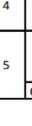
- **C3:** “equivale a un camino agrícola o forestal, su afluencia es escasa y no requiere de mucho mantenimiento” (MOP, 2003).

### 3.5. Clasificación de vehículos según sus características.

Para el diseño vial debemos tomar en cuenta las características de los vehículos que se circularan en la vía, en la MOP-2003 se hace una clasificación dadas sus características y peso para esto tendremos.

**Tabla 3.**

*Clasificación de vehículos, livianos y pesados.*

TIPO DE VEHICULO		No. de Ejes	ESQUEMA	SÍMBOLO
VEHICULOS LIVIANOS	AUTOMOVIL	2		P
	CAMIONETA			C
VEHICULOS PESADOS	AUTOBUSES	2		B
	CAMIONES	2		2-S
		3		3-S
		4		2-S1
		4		2-S2
		5		3-S2
	OTRAS COMBINACIONES			
VEHICULOS ESPECIALES	CAMIONES Y/O REMOLQUES ESPECIALES MAQUINARIA AGRICOLA BICICLETAS Y MOTOCICLETAS OTROS	VARIABLE		En variable

*Nota.* De esta tabla sacaremos el tipo de vehículos según sus características. Fuente: (MOP, 2003).

#### **Vehículos livianos**

- **Moto:** “vehículo ligero motorizado normalmente de 2 ruedas, aunque pueden encontrarse de tres y hasta cuatro, con una capacidad de 1 a 3 personas en esta categoría se incluyen: moto, motocicleta, bici moto y cuadrón” (MOP, 2003).

- **Automóvil:** “vehículo motorizado de cuatro ruedas para el transporte de hasta 5 pasajeros, con o sin carro de arrastre en esta categoría se incluye automóvil” (MOP, 2003).
- **Camioneta:** “vehículo motorizado de cuatro ruedas usado para el transporte de hasta 1750 kg de carga, con o sin carro de arrastre en esta categoría se incluye Pick-up, doble cabina, SUV, furgoneta, ambulancia, vehículo pequeño de transporte de alimentos, carroza fúnebre” (MOP, 2003).

### **Vehículos pesados**

- **Buses:** “vehículo motorizado destinado al transporte de pasajeros, capacidad superior a 20 pasajeros, transportar equipaje, paquetería y cargas, se pueden dividir en urbanos o interurbanos, esta categoría se incluye buses de 2 ejes, bus de uno y dos pisos, buses articulados” (MOP, 2003).
- **Camiones para transporte de carga:** “vehículo motorizado destinado al transporte de carga pesada, con una capacidad superior a las 8.2 Toneladas, puede ser de dos ejes en esta categoría se incluye camión pesado simple, tracto camiones de tres o cuatro ejes” (MOP, 2003).
- **Remolque:** “vehículo motorizado articulado compuesto de un camión pesado simple y una unidad remolcada destinada al transporte de carga” (MOP, 2003).

Para el presente estudio de tráfico se tomará en cuenta los vehículos livianos, camionetas, furgonetas, buses urbanos y vehículos pesados: cabe indicar que el número de motocicletas que pasen por la vía no se tomará en cuenta para el diseño.

### **3.6. Conteo de tráfico**

Estos estudios se realizan con el propósito de obtener la información necesaria con la circulación de vehículos sobre puntos o secciones específicas dentro de nuestra vía.

Para un estudio de tráfico, la medición básica es el conteo o aforo de los vehículos, que se realizan para obtener estimaciones de volúmenes. Se evaluará el tráfico promedio diario anual, conocido como TPDA, a partir de las evaluaciones que se observa en el tránsito del tráfico y de los factores de variación de este proyecto. Es importante conocer el tamaño y peso de vehículos que transitan en esta vía para determinar el TPDA.

Para las características por tipo de vehículos, se tomó la clasificación general de los vehículos de acuerdo con las normas del MOP 2003. Es sustancial conocer los tipos de vehículos que transitan por la vía, llevando un control según su tipo sean vehículos livianos, buses o vehículos pesados, cabe recalcar que las motos no son tomadas en cuenta.

Para calcular el TPDA, los primeros pasos en cualquier estudio de tráfico es la evaluación de la circulación de vehículos que se presentan en el proyecto, para lo que es preciso medir el número de vehículos que transitan por cada carril de la vía en un determinado período de tiempo.

Basándonos en la normativa que nos dice “Para un estudio definitivo, se debe tener por lo menos un conteo manual de 7 días seguidos en una semana que no esté afectada por eventos especiales” (MOP, 2003, pág. 13). Es decir, se obtiene la contabilidad llevada durante 7 días consecutivos, 12 horas al día.

### **3.7. Determinación de tráfico promedio diario anual TPDA.**

Los estudios sobre los volúmenes de tráfico se los realiza con el propósito de recibir datos relacionados con el movimiento de vehículos y/o personas sobre los lugares o secciones

específicas dentro de un sistema vial. Para el estudio de tráfico el dato más importante es el conteo o aforo de los vehículos que circulan por la vía con esto se realizan estimaciones de volúmenes.

La unidad de medición en el tráfico en una carretera es el volumen de tráfico promedio diario anual cuya abreviatura es TPDA. Se determinará el tráfico promedio diario anual TPDA a partir de las observaciones puntuales del tráfico y los factores de variación.

Para la determinación del TPDA uno de los primeros pasos en cualquier estudio de tráfico es la evaluación de movimientos que se producen, para lo que se precisó medir el número de vehículos que pasan por cada carril que tiene la vía en un determinado tiempo. Estas mediciones se las realiza mediante las observaciones en campo que nos permitirán conocer el nivel del tráfico existente.

El método usado para determinar los volúmenes del tráfico se basa en la toma de aforo del tránsito en la vía de estudio, siendo está la base para proporcionar los volúmenes del tráfico actual y tráfico proyectado, los mismos que servirán para saber qué tipo de estructura tendrá la vía y así lograr un buen diseño geométrico de la misma.

Para determinar el TPDA de la vía, lo recomendado es tener datos de una estación de conteo vehicular permanente para que permita conocer las variaciones diarias y semanales y lo ideal sería tomar una muestra anual y así pronosticar el crecimiento del tráfico para el futuro.

Una vez que se haya revisado los datos obtenidos en campo por el conteo manual se inicia el procedimiento para determinar el TPDA, además debemos clasificar los vehículos de acuerdo con la tabla nacional de pesos ya que con este dato obtendremos las cargas que serán aplicadas sobre la vía y posteriormente el cálculo de ejes equivalentes ESAL'S.

Para el cálculo del TPDA se procede a utilizar los factores de ajuste que están en función del tiempo (hora, día y mes). Todo esto establecido por la MOP-2003, donde se tiene cuatro factores para el cálculo final del mismo, los cuales se indican a continuación:

Factor Horario (Fh): “nos permite transformar el volumen de tráfico que se haya registrado en un determinado número de horas a VOLUMEN DIARIO PROMEDIO” (MOP, 2003, pág. 14).

Factor Diario (Fd): “nos permite transformar el volumen de tráfico diario promedio en VOLUMEN SEMANAL PROMEDIO” (MOP, 2003, pág. 15).

Factor Semanal (Fs): “nos permite transformar el volumen semanal promedio de tráfico en VOLUMEN MENSUAL PROMEDIO” (MOP, 2003, pág. 16).

Factor Mensual (Fm): “nos permite transformar el volumen mensual promedio de tráfico en TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)” (MOP, 2003, pág. 16).

**Tabla 4.**

*Lunes 08 de abril del 2024.*

LUNES 08/04/2024				
HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	TOTAL
06:00-07:00	227	7	15	249
07:00-08:00	166	8	16	190
08:00-09:00	119	7	14	140
09:00-10:00	69	6	16	91
10:00-11:00	53	8	20	81
11:00-12:00	71	7	12	90
12:00-13:00	19	8	5	32
13:00-14:00	15	6	3	24
14:00-15:00	23	7	4	34
15:00-16:00	36	8	9	53
16:00-17:00	70	6	10	86
17:00-18:00	92	2	4	98
	960	80	128	1168
<b>FH:</b>			<b>0.213</b>	

*Nota.* Conteo manual en el horario de 06:00 – 18:00. Elaborado por: Los autores

**Tabla 5.***Martes 09 de abril del 2024.*

MARTES 09/04/2024				
HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	TOTAL
06:00-07:00	190	8	19	217
07:00-08:00	147	9	13	169
08:00-09:00	98	6	10	114
09:00-10:00	56	5	17	78
10:00-11:00	50	9	12	71
11:00-12:00	64	5	8	77
12:00-13:00	15	8	9	32
13:00-14:00	13	7	5	25
14:00-15:00	23	8	2	33
15:00-16:00	30	6	7	43
16:00-17:00	57	7	12	86
17:00-18:00	89	0	10	99
	<b>832</b>	<b>78</b>	<b>124</b>	<b>1034</b>
	<b>FH:</b>		<b>0.210</b>	

*Nota.* Conteo manual en el horario de 06:00 – 18:00. Elaborado por: Los autores

**Tabla 6.***Miércoles 10 de abril del 2024.*

MIÉRCOLES 10/04/2024				
HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	TOTAL
06:00-07:00	135	9	15	159
07:00-08:00	207	8	16	231
08:00-09:00	98	8	14	120
09:00-10:00	53	8	18	79
10:00-11:00	49	6	17	72
11:00-12:00	65	7	12	84
12:00-13:00	16	8	9	33

HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	TOTAL
13:00-14:00	12	5	7	24
14:00-15:00	27	8	6	41
15:00-16:00	30	7	9	46
16:00-17:00	70	6	10	86
17:00-18:00	81	7	9	97
	843	87	142	1072
<b>FH:</b>			<b>0.215</b>	

*Nota.* Conteo manual en el horario de 06:00 – 18:00. Elaborado por: Los autores

**Tabla 7.**

*Jueves 11 de abril del 2024*

<i>JUEVES 11/04/2024</i>				
HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	TOTAL
06:00-07:00	142	7	13	162
07:00-08:00	138	8	12	158
08:00-09:00	76	7	14	97
09:00-10:00	48	6	16	70
10:00-11:00	61	8	20	89
11:00-12:00	58	7	12	77
12:00-13:00	204	8	5	217
13:00-14:00	10	6	3	19
14:00-15:00	15	7	4	26
15:00-16:00	21	7	9	37
16:00-17:00	33	6	10	49
17:00-18:00	32	2	4	38
	838	79	122	1039
<b>FH:</b>			<b>0.209</b>	

*Nota.* Conteo manual en el horario de 06:00 – 18:00. Elaborados por: Los autores

**Tabla 8.***Viernes 12 de abril del 2024.*

<i>VIERNES 12/04/2024</i>				
HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	TOTAL
06:00-07:00	211	7	16	234
07:00-08:00	142	6	17	165
08:00-09:00	89	7	12	108
09:00-10:00	57	8	15	80
10:00-11:00	63	5	18	86
11:00-12:00	78	6	16	100
12:00-13:00	13	7	8	28
13:00-14:00	10	8	5	23
14:00-15:00	11	6	6	23
15:00-16:00	35	8	7	50
16:00-17:00	54	7	6	67
17:00-18:00	58	6	12	76
	821	81	138	1040
	<b>FH:</b>		<b>0.225</b>	

*Nota.* Conteo manual en el horario de 06:00 – 18:00. Elaborado por: Los autores

**Tabla 9.***Sábado 13 de abril del 2024.*

<i>SÁBADO 13/04/2024</i>				
HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	TOTAL
06:00-07:00	174	9	17	200
07:00-08:00	124	7	12	143
08:00-09:00	132	8	13	153
09:00-10:00	76	7	17	100
10:00-11:00	33	6	21	60
11:00-12:00	56	5	17	78
12:00-13:00	15	9	14	38
13:00-14:00	14	7	6	27
14:00-15:00	25	9	5	39

HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	TOTAL
15:00-16:00	37	8	9	54
16:00-17:00	56	6	8	70
17:00-18:00	71	8	7	86
	813	89	146	1048
	<b>FH:</b>		<b>0.191</b>	

*Nota.* Conteo manual en el horario de 06:00 – 18:00. Elaborado por: Los autores

**Tabla 10.**

*Domingo 14 de abril del 2024.*

<i>DOMINGO 14/04/2024</i>				
HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	TOTAL
06:00-07:00	34	5	8	47
07:00-08:00	52	6	19	77
08:00-09:00	66	8	16	90
09:00-10:00	41	7	14	62
10:00-11:00	58	9	17	84
11:00-12:00	85	6	14	105
12:00-13:00	46	7	9	62
13:00-14:00	67	8	7	82
14:00-15:00	87	9	5	101
15:00-16:00	64	8	15	87
16:00-17:00	78	6	10	94
17:00-18:00	87	5	17	109
	765	84	151	1000
	<b>FH:</b>		<b>0.109</b>	

*Nota.* Conteo manual en el horario de 06:00 – 18:00. Elaborado por: Los autores

**Tabla 11.**

*Factor horario.*

<i>RESUMEN DE FH</i>	
LUNES 08/04/2024	0.213
MARTES 09/04/2024	0.210
MIÉRCOLES 10/04/2024	0.215
JUEVES 11/04/2024	0.209
VIERNES 12/04/2024	0.225
SÁBADO 13/04/2024	0.191
DOMINGO 14/04/2024	0.109

*Nota.* Resumen de factor horario. Elaborado por: Los autores

En estos conteos semanales se realizará la corrección por el factor horario, como indica en el Diseño Geométrico MOP 2003, donde hace referencia a la siguiente formula:

$$TPDA = TO \times FED \times FES \times FEM$$

$$FH = \frac{\text{Mayor conteo trafico hora}}{\sum \text{conteo trafico diario}}$$

$$FEH = (1 + FH) T0$$

Donde: T0 es el tráfico observado

FH: factor hora

Existen diferentes casos de conteo, para un periodo de 4 a 6 días por 24 horas el cual no requiere un ajuste por factor diario mientras que, para un conteo de 7 días por 24 horas, no requiere el factor diario, asimismo sucede progresivamente. Es por ello que en esta ocasión no se requiere realizar el respectivo ajuste del conteo vehicular.

**Tabla 12.***TPDA manual calle Línea Férrea.*

<b>CONTEO DE TRÁFICO CALLE "LÍNEA FÉRREA"</b>										
<b>TIPO DE VEHÍCULO</b>		<b>08-abr-24</b>	<b>09-abr-24</b>	<b>10-abr-24</b>	<b>11-abr-24</b>	<b>12-abr-24</b>	<b>13-abr-24</b>	<b>14-abr-24</b>	<b>Promedio</b>	<b>%</b>
<b>Livianos</b>	<b>Automóvil</b>	547	445	478	421	443	412	438	839	79.34
	<b>Camioneta</b>	413	387	365	417	378	401	327		
<b>PESADOS</b>	<b>Buses</b>	80	78	87	79	81	89	84	83	7.81
	<b>2DA</b>	110	108	118	104	116	125	124	115	10.88
	<b>2DB</b>	18	16	24	18	22	21	27	21	1.97
	<b>3A</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
	<b>2S1</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
	<b>2S2</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
	<b>2S3</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
	<b>3S1</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
	<b>3S2</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
	<b>3S3</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1168</b>	<b>1034</b>	<b>1072</b>	<b>1039</b>	<b>1040</b>	<b>1048</b>	<b>1000</b>	<b>1057</b>	<b>100.00</b>

*Nota.* Conteo manual TPDA Calle Línea Férrea. Elaborado por: Los autores

$$FED = \frac{\text{Volumen total promedio semanal}}{\text{Volumen total para un día específico}}$$

**Tabla 13.***Resumen de factor diario.*

	<b>FED</b>
LUNES 08/04/2024	<b>0.905</b>
MARTES 09/04/2024	<b>1.023</b>
MIÉRCOLES 10/04/2024	<b>0.986</b>
JUEVES 11/04/2024	<b>1.018</b>
VIERNES 12/04/2024	<b>1.017</b>
SÁBADO 13/04/2024	<b>1.009</b>
DOMINGO 14/04/2024	<b>1.057</b>

*Nota.* Resumen de factor diario. Elaborado por: Los autores

$$FES = \frac{\text{Volumen total promedio semanal}}{\text{Volumen promedio para un día específico}}$$

**Tabla 14.**

*Resumen de factor semanal.*

<b>FES</b>	
SEMANA	
1	<b>0.91862347</b>
2	<b>1.09508832</b>
3	<b>1.04053548</b>
4	<b>1.03794063</b>

*Nota.* Resumen de factor semanal. Elaborado por: Los autores

**Tabla 15.**

*Resumen de factor mensual.*

<b>FEM</b>	
TIPO DE VEHÍCULO	
LIVIANOS	<b>0.9767</b>
BUSES	<b>0.9365</b>
PESADOS	<b>0.9365</b>

*Nota.* Resumen de factor mensual. Elaborado por: Los autores

$$TPDA = TO \times FED \times FES \times FEM_{\zeta}$$

**Tabla 16.***TPDA ACTUAL MENSUAL.*

<b>TIPO DE VEHÍCULO</b>	<b>TPDS</b>	<b>FES</b>	<b>F ED</b>	<b>F</b>	<b>FEM</b>	<b>TPDA ACTUAL</b>
LIVIAN OS	839	0.918	.002	1	0.9767	754
BUSES	83	0.918	.002	1	0.9365	71
PESAD OS	136	0.9	.002	1	0.9365	117
<b>TOTAL</b>	<b>105</b>					<b>942</b>

*Nota.* Tabla de TPDA actual. Elaborado por: Los Autores

### **3.8. Tráfico Generado**

El tránsito generado (TG) será el de viajes nuevos y viajes que antes se hacían por otro medio de transporte, que se obtiene en forma adicional por haber realizado una rehabilitación o mantenimiento. Este tráfico, en forma proyectada es el que juntamente con el existente, queda establecido como conciencia de la aplicación de variables socioeconómicas representadas por los factores y tasas empleadas en las proyecciones. Al tránsito generado se le asignan tasas de crecimiento entre el 5% y el 25% del tránsito actual, con un periodo de generación entre uno o dos años después de que la vía ha sido abierta al servicio.

$$Tg = 25\% TPDA$$

$$Tg = 25\% * 942$$

$$Tg = 236$$

### **3.9. Tráfico atraído**

Es el tráfico que se generara desde las otras vías, los usuarios se ven motivados a tomar nuevas rutas debido a ciertos factores como son: por ahorro de tiempo, condiciones de la vía, distancias, comodidad y seguridad.

$$\text{Tat} = 10\% \text{ TPDA actual}$$

$$\text{Tat} = 10\% * 942$$

$$\text{Tat} = 94$$

### **3.10. Tráfico desarrollado**

Es el incremento al volumen de tránsito debido a las mejoras en la superficie de la carretera se lo considera como el 5% del TPDA actual.

$$\text{TD} = 5\% \text{ TPDA actual}$$

$$\text{TD} = 5\% * 942$$

$$\text{TD} = 47$$

### **3.11. Tráfico actual.**

Se trata de la sumatoria de todos los porcentajes que se estima aumentaran a partir de la construcción o remodelación de la vía.

**Tabla 17.***TPDA ACTUAL.*

CATEGORÍA	TPDA	TG	TAT	TD	TRAFICO ACTUAL
LIVIANOS	754	189	75	38	1056
BUSES	71	18	8	4	101
PESADOS	117	30	12	6	165
<b>TOTAL</b>	<b>942</b>				<b>1322</b>

*Nota.* Tabla de TPDA actual. Elaborado por: Los Autores

### 3.12. Tráfico futuro

Para el cálculo del tráfico futuro se utiliza la siguiente fórmula:

$$TPDA_{Futura} = TPDA_{Actual}(1 + i)^n$$

i= tasa de crecimiento vehicular

n= periodo de diseño

#### 3.12.1. Tasa de crecimiento vehicular.

**Tabla 18.**

*Tasa de crecimiento de tráfico*

PERIODO	TASAS DE CRECIMIENTO DEL TRÁFICO		
	TIPOS DE VEHÍCULOS		
	LIVIANOS	BUSES	PESADOS
2020 - 2025	4.72	1.94	2.34
2025 - 2030	3.81	1.88	2.09
2030 - 2035	3.2	1.81	1.9
2035 - 2040	2.8	1.75	1.75

*Nota.* Tabla de la tasa de crecimiento vehicular en Barrio San José de Monjas, Fuente: Informe de Movilidad.

### 3.12.2. Periodo de Diseño.

**Tabla 19.**

*Periodo de diseño.*

<b>TIPO DE CARRETERA</b>	<b>PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)</b>
Urbana de tránsito elevado	30 – 50
Interurbana de tránsito elevado	20 - 50
Pavimentada de baja intensidad de tráfico	15 – 25
De baja intensidad de tráfico, pavimentada con grava	10 – 20

*Nota.* Periodo de diseño para la calle Línea Férrea Fuente: (AASHTO, 1993)

Según los términos de referencia que se tiene y en concordancia con datos de este proyecto el tráfico será proyectado para 20 años, con ese objetivo, se proyectará el tráfico actual o tráfico diario inicial, usando tasas de crecimiento vehicular. De esta manera se obtendrá el tráfico proyectado para cada año como se indica en la tabla a continuación:

**Tabla 20.**

*Tráfico Futuro Calle Línea Férrea.*

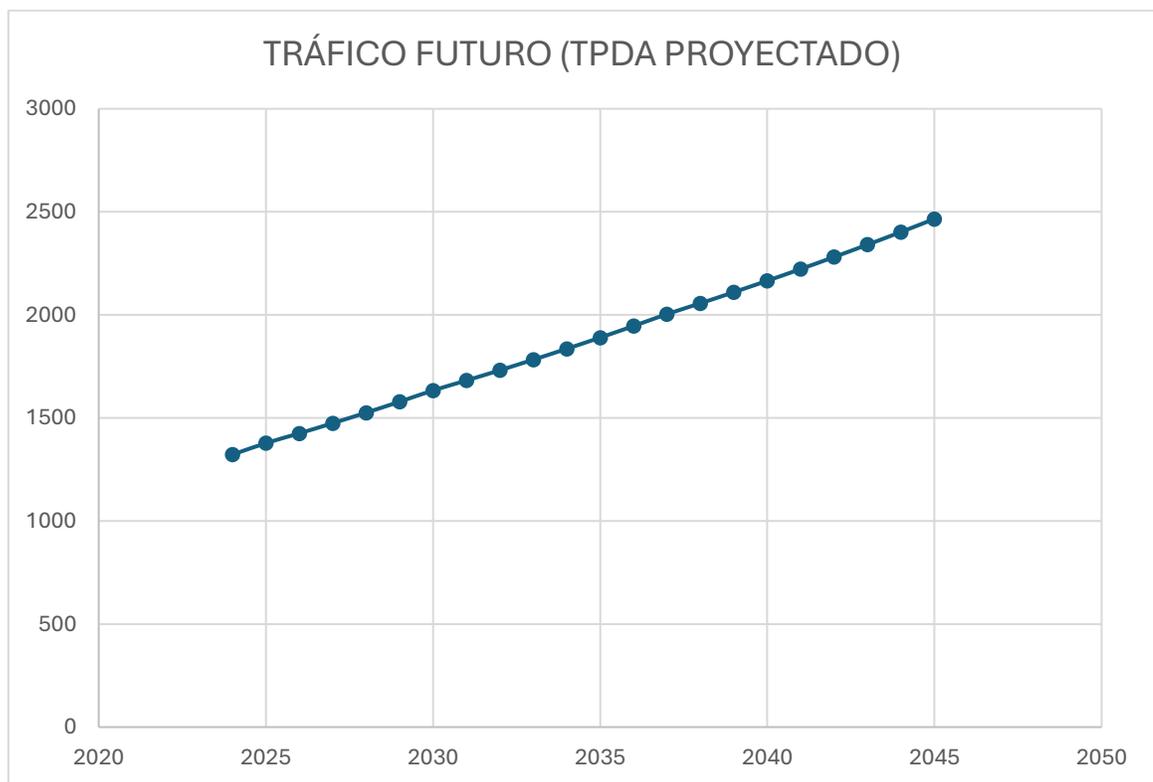
<b>AÑO</b>	<b>Livianos veh/día</b>	<b>Buses veh/día</b>	<b>Pesados veh/día</b>	<b>TOTAL</b>
<b>2024</b>	1056	101	165	1322
<b>2025</b>	1106	103	169	1378
<b>2026</b>	1148	105	172	1425
<b>2027</b>	1192	107	176	1475
<b>2028</b>	1237	109	180	1526
<b>2029</b>	1284	111	183	1579
<b>2030</b>	1333	113	187	1633
<b>2031</b>	1376	115	191	1682
<b>2032</b>	1420	117	194	1731
<b>2033</b>	1465	119	198	1783
<b>2034</b>	1512	121	202	1836
<b>2035</b>	1561	124	206	1890

<b>2036</b>	1611	126	210	1946
<b>2037</b>	1662	128	214	2004
<b>2038</b>	1709	130	217	2056
<b>2039</b>	1756	133	221	2110
<b>2040</b>	1806	135	225	2166
<b>2041</b>	1856	137	229	2222
<b>2042</b>	1908	140	233	2281
<b>2043</b>	1962	142	237	2341
<b>2044</b>	2017	145	241	2402
<b>2045</b>	2073	147	245	2466

*Nota.* Tráfico futuro en la calle Línea Férrea barrio San José de Monjas. Elaborado por: Los Autores.

**Figura 4.**

*Tráfico Futuro Calle Línea Férrea.*



*Nota.* Gráfica del Tráfico Futuro Proyectado. Elaborado por: Los autores.

### 3.13. Clasificación de carreteras en función al tráfico proyectado.

**Tabla 21.**

*Clasificación de la vía basado al TPDA proyectado.*

CLASIFICACIÓN DE LA VÍA SEGÚN EL TPDA PROYECTADO	
Clase de Carretera	Tráfico Proyectado TPDA
R-I O R-II	Más de 8000
I	De 3000 a 8000
II	De 1000 a 3000
III	De 300 a 1000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

*Nota.* Clasificación de la calle Línea Férrea según el tráfico proyectado. Fuente: (MOP, 2003).

Elaborado por: Los Autores.

Una vez procesada la información, y con el tráfico proyectado para 15 y 20 años, procedemos a aplicar la clasificación del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) 2003 se tiene que la vía se ubica dentro de una carretera de **Nivel II**, cuya función es la de colectores arteriales con un tráfico proyectado entre 1000 a 3000 veh/día.

Al mismo tiempo esta decisión se la toma basándonos en base a los trabajos realizados en campo, dado que el tráfico atraído subiría de una manera considerable ya que los vehículos que transitan por las vías aledañas harían uso de esta vía, causando así una mayor influencia de tráfico vehicular.

También debemos tomar en cuenta en los proyectos viales que se tiene pensados cerca de la calle Línea Férrea, como es la construcción del Puente que uniría la Autopista General Rumiñahui y la Avenida Pichincha, esto claramente generaría un tráfico adicional en las cercanías de este proyecto.

## **CAPÍTULO IV**

### **DISEÑO GEOMÉTRICO**

#### **4.1. Antecedentes**

El diseño geométrico de una vía es una técnica de ingeniería civil que implica en definir el trazado de una vía o calle sobre un terreno. En esta fase se definen los trabajos relacionados con el movimiento de tierras que incluye las labores de corte y relleno de la vía. También debe garantizar la seguridad, la funcionalidad y la eficiencia para el transporte y los transeúntes.

Los factores que influyen en el diseño geométrico de una vía son:

- La Topografía del Terreno
- Geología
- Medio Ambiente
- Hidrología
- Aspectos Sociales y Urbanísticos

El proyecto para ejecutarse consiste en el mejoramiento vial, diseño geométrico de la calle “Línea Férrea” la cual es una vía de segundo orden, ubicada entre los barrios San José de Monjas y el Madrigal de la ciudad de Quito.

## **Figura 5.**

*Abscisa 1+310 de la calle Línea Férrea.*



*Nota.* Ubicación de la calle “Línea Férrea” para el diseño geométrico de la vía. Elaborado por: Los Autores.

### **4.2. Metodología de trabajo**

Para realizar el trazado de una carretera, es fundamental considerar el estudio de viabilidad que determine el corredor donde podría estar ubicado el trazado de la vía. Normalmente, se analizan varios corredores y se evalúa cuál de ellos tendrá el menor impacto ambiental, económico y social durante la construcción de la vía.

Una vez seleccionado el corredor correcto, se define el trazado exacto, minimizando y estimando el costo total en el proyecto de construcción, especialmente en el movimiento de tierras. El presente diseño geométrico debe garantizar que exista menos corte de terreno lo que facilitara una menor inversión en el desalojo del material y que ese mismo material sirva como relleno en tramos que lo requieran. Para el diseño geométrico de la vía utilizaremos la

aplicación de CIVIL 3D que nos proporciona los parámetros necesarios para el diseño vial adecuado, así mismo nos basaremos en las especificaciones detalladas en el libro del Ministerio de Obras Públicas y transporte del año 2003 y en las normas vigentes en Ecuador.

#### **4.3. Estado actual de la vía**

La vía fue construida hace más de 30 años, Sin embargo, presenta numerosas inconsistencias y variaciones a lo largo de trayecto, incluyendo:

- Variaciones en su anchura, debido a una mala planificación o por apropiación de los predios colindantes.
- Variaciones en su relieve, con irregularidades como baches acumulaciones de tierras causadas por el tráfico y el paso del tiempo.
- Carece de cunetas para el drenaje adecuado del agua de las lluvias.

#### **Figura 6.**

*Calle "Línea Férrea".*



*Nota.* Estado actual de la calle "Línea Férrea". Elaborado por: los Autores.

#### **4.4. Criterio de diseño**

Se llevo a cabo un estudio preliminar del tramo que tiene aproximadamente 1.318 Km para el diseño vial de acceso entre los barrios San José de Monjas y el Madrigal. Por lo tanto, el objetivo principal fue realizar el diseño geométrico, utilizando la faja topográfica en escala 1:1000.

#### **4.5. Norma de diseño**

En Ecuador, contamos con la normativa MOP-001 del año 2003, la cual considera todos los aspectos fundamentales para lograr un diseño geométrico de carreteras óptimas condiciones.

#### **4.6. Trafico de diseño**

Para el diseño de esta vía, se determinó un tráfico promedio diario anual (TPDA) de 2402 vehículos para un período de 20 años. Además, se calculó un TPDA de 1836 vehículos para un período de 10 años, dado que este valor fue utilizado según las tablas de las normas del MOP. El TPDA de 20 años superó los valores especificados en los rangos de clasificación de carreteras.

#### **4.7. Clasificación de la vía**

La clasificación de la vía de nuestro proyecto se determinó de acuerdo con la clasificación propuesta por las normas de la MOP, que organiza las vías en cinco clases según lo especificado en siguiente tabla.

**Tabla 22.**

*Clasificación de vía según TPDA futuro.*

CLASE	TPDA Futuro (15 a 20 años)
I	3000-8000
II	1000-3000
III	300-1000
IV	100-300
V	Menos de 100

El TPDA indicado es el promedio anual de tráfico diario proyectado a 15-20 años, cuando se proyecta un TPDA en exceso de 7000 en 10 años debe investigarse la necesidad de construir una autopista. (Las normas para estas serán parecidas a las de la Clase I, con velocidad de diseño de 10 Km/h más para clase de terreno).

---

*Nota.* Elegimos la clase de vía tipo II, dado que el TPDA del proyecto se encuentra en un rango de 1000-3000. Fuente: (MOP, 2003). Elaborado por: Los Autores.

Para los fines de este estudio, se realizó un diseño siguiendo las normas para una vía de Clase II.

#### **4.8. Velocidad de diseño**

Lo que determina la calidad del servicio de la vía es la velocidad de diseño, ya que depende del flujo vehicular. Por ello, la vía debe ser diseñada con una velocidad previamente establecida, la cual sería la velocidad máxima a la que el vehículo puede circular con seguridad bajo la guía de su conductor. Para la vía propuesta, se utilizó la siguiente Tabla 23.

**Tabla 23.**

*Velocidad de diseño para este proyecto.*

NORMA	CLASE II		
	1000 - 3000 TPDA		
	ABSOLUTA		
	Llano	Ondulado	Montañoso
Velocidad de diseño (Km/h)	90	80	50

*Nota.* La pendiente máxima es de 7,94 % y la pendiente longitudinal es de 5,95 % y se considera un terreno Ondulado por ende la velocidad de diseño es de 80 km/h. Fuente: (MOP, 2003)

Elaborado por: Los autores.

#### 4.9. Alineamiento Horizontal

El alineamiento horizontal corresponde a la proyección del eje de la vía sobre un plano horizontal. Esta proyección incluye elementos como tangentes, curvas ya sean circulares o de transición.

Los datos del diseño del alineamiento horizontal se establecieron conforme a la siguiente Tabla 24.

**Tabla 24.**

*Valores de los elementos para el diseño geométrico.*

NORMA	CLASE II		
	1000 - 3000 TPDA		
	ABSOLUTA		
	Llano	Ondulado	Montañoso
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	275	210	75
Distancia de visibilidad para parada (m)	135	110	55
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	640	565	345
Peralte	máximo = 10%		

*Nota.* Se elige el Radio mínimo, Distancia de visibilidad y de rebasamiento con el tipo de terreno Ondulado. Fuente: (MOP, 2003). Elaborado por: Los Autores.

Se ha intentado, seguir la ruta exacta de la calle ‘‘Línea Férrea ‘’ debido a la mayoría de las curvas horizontales se han empleado los radios mínimos, y en algunas curvas fue necesario reducir aún más el radio mínimo debido a la topografía no se utilizaron curvas espirales, ya que su implementación habría requerido incrementos considerables en el corte del terreno.

#### **4.10. Peralte**

El peralte máximo para la Clase II es del 10%. Este valor varía en función de los radios y las velocidades utilizados en el diseño de las curvas horizontales para cada alternativa.

A continuación, se presentan las tablas normativas del MOP que muestran la variación de los peraltes (MOP, 2003).

#### **4.11. Sobreancho**

Se llama sobreancho al incremento de la sección transversal en las áreas de curvas. Este elemento de protección se emplea para evitar que los vehículos invadan el carril contrario al girar.

Según lo expresa la norma MOP. El sobre ancho en curvas horizontales posibilita que los vehículos transiten con seguridad y comodidad, y es necesario introducirlo bajo las siguientes circunstancias (MOP, 2003, pág. 68).

- El vehículo al describir la curva ocupa un ancho mayor ya que generalmente las ruedas traseras recorren una trayectoria ubicada en el interior de la descrita por las ruedas delanteras, además el extremo lateral delantero, describe una trayectoria exterior a la del vehículo (MOP, 2003, pág. 68).
- La dificultad que experimentan los conductores para mantenerse en el centro de su carril debido a la menor facilidad para apreciar la posición relativa de su

vehículo dentro de la curva. Esta dificultad aumenta con la velocidad, pero disminuye a medida que los radios de la curva son mayores (MOP, 2003, pág. 68).

Es importante recordar que la normativa especifica un sobreecho mínimo para todas las situaciones, como se detalla en su sección sobre sobreechos. Por motivos de costo, se establece un valor mínimo de diseño del sobreecho de 30 cm para velocidades de hasta 50 km/h y de 40 cm para velocidades superiores (MOP, 2003).

#### **4.12. Alineamiento Vertical**

El diseño vertical es el complemento del diseño horizontal y consiste en la proyección del desarrollo del eje de la subrasante sobre un plano vertical.

##### **4.12.1. Pendientes máximas y mínimas**

Las pendientes dependen directamente de la topografía del terreno y deben ser lo más bajas posible para permitir velocidades razonables de circulación y facilitar la operación de los vehículos. Las normas proporcionan valores de pendientes en función de la topografía y del volumen de tráfico, y las pendientes máximas varían según la topografía del terreno. Según la norma MOP-2003, las pendientes y longitudes máximas pueden ajustarse a los siguientes valores, en función de la pendiente:

- 8—10%, La longitud máxima será de: 1.000 m.
- 10—12%, La longitud máxima será de: 500 m.
- 2—14%, La longitud máxima será de: 250 m

En el proyecto de la calle Línea Férrea tenemos pendientes que varían del 2% al 8% por tal motivo la longitud máxima de nuestro proyecto será de 250 metros.

#### **4.12.2. Curvas Verticales**

En el diseño de cualquier carretera, la pendiente es crucial para determinar la velocidad segura de circulación. Para esto, se establecen los índices de curvatura K, que permiten calcular la longitud adecuada de las curvas verticales en función de la velocidad de diseño, ya sean cóncavas o convexas.

Según el signo de las pendientes, ya sean positivas o negativas dependiendo de si suben o bajan en la dirección del trazado, las curvas resultantes pueden ser cóncavas o convexas. Hay curvas verticales simétricas y asimétricas, cada una con diferentes usos según las necesidades. Por ejemplo:

- Simétricas se utilizan en el diseño de caminos nuevos.
- Asimétricas se emplean para conectar caminos nuevos con existentes.

#### **4.12.3. Curvas verticales convexas.**

Según la normativa para el diseño geométrico de carreteras MOP del año 2003. La longitud mínima que existen para curvas verticales se basará tanto en la distancia de visibilidad para parada de un vehículo (MOP, 2003, pág. 208).

La normativa especifica la siguiente fórmula para calcular la longitud mínima de las curvas verticales.

$$L = \frac{A * S^2}{426}$$

L= representa la longitud de la curva vertical convexa, medida en metros.

A= indica la diferencia algebraica entre las pendientes, expresada en porcentaje.

S= corresponde a la distancia de visibilidad necesaria para que un vehículo pueda detenerse, medida en metros.

La ecuación de la longitud de una curva vertical más simple es:

$$L = K * A$$

Los valores de los índices K se muestran Tabla 25.

**Tabla 25.**

*Valores mínimos de diseño del coeficiente K curvas convexas.*

TIPO DE CARRETERA	VALOR RECOMENDABLE			VALOR ABSOLUTO		
	LL	O	M	LL	O	M
R-I o R-II	115	80	43	80	43	28
I	80	60	28	60	28	12
II	60	43	19	43	28	7
III	43	28	12	28	12	4
IV	28	12	7	12	3	2
V	12	7	4	7	3	2

*Nota.* El valor mínimo de K= 28 por el tipo de carretera y el tipo de terreno. Fuente: (MOP, 2003) Elaborado por: Los Autores.

La fórmula siguiente especifica la longitud mínima absoluta de las curvas verticales convexas, medida en metros.

$$L_{min} = 0,60 * V$$

Dónde: V es la velocidad de diseño en Km/h.

$$L_{min} = 0,60 * 80$$

$$L_{min} = 48 m$$

#### 4.12.4. Curvas verticales cóncavas.

La longitud de estas curvas cóncavas debe ser lo suficientemente largas de manera que la distancia de los rayos de luz del vehículo sea aproximadamente igual a la distancia de visibilidad de parada (MOP, 2003, pág. 212).

La norma MOP-2003 incluye la siguiente fórmula para determinar la longitud de la curva cóncava en función de la distancia de visibilidad necesaria para detenerse y la diferencia algebraica entre las pendientes.

$$L = \frac{A * S^2}{122 + 2,5 * S}$$

Para simplificar el cálculo, la normativa en su tabla VII-2 presenta los diferentes valores que puede tener K según la velocidad de diseño.

**Tabla 26**

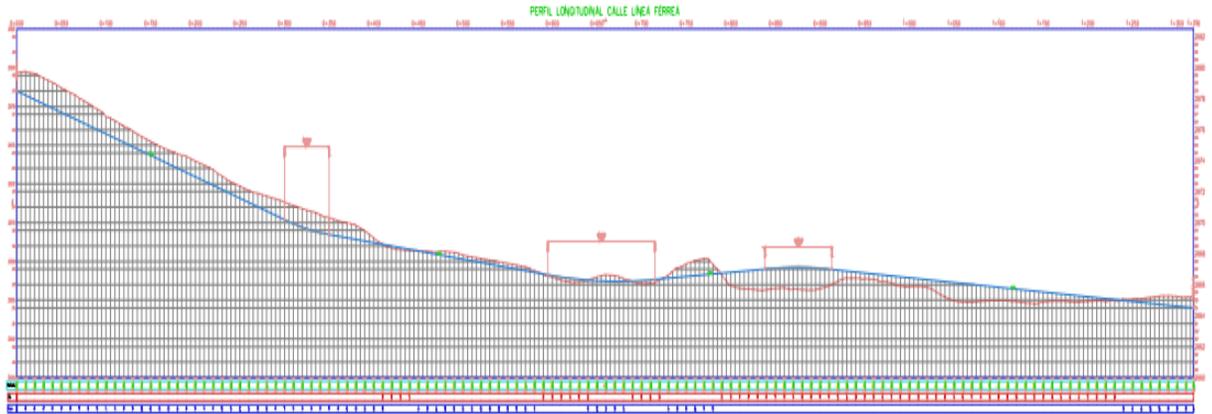
*Valores mínimos de diseño del coeficiente K curvas cóncavas.*

TIPO DE CARRETERA	VALOR RECOMENDABLE			VALOR ABSOLUTO		
	LL	O	M	LL	O	M
R-I o R-II	115	80	43	80	43	28
I	80	60	28	60	28	12
II	60	43	19	43	28	7
III	43	28	12	28	12	4
IV	28	12	7	12	3	2
V	12	7	4	7	3	2

*Nota.* El valor mínimo de K= 28 por el tipo de carretera y el tipo de terreno. Fuente: (MOP, 2003) Elaborado por: Los Autores.

**Figura 1.**

*Perfil longitudinal Calle Línea Férrea*



*Nota.* Pendientes longitudinales y curvas cóncavas y convexas a lo largo de los 1.3 Km.

Elaborado por: Los autores

#### **4.13. Movimiento de tierras**

Las secciones transversales proporcionarán una representación visual precisa de la implementación del proyecto en el diseño horizontal. En conjunto con el diseño vertical, ayudarán a calcular los volúmenes de excavación y relleno necesarios para cada calle. Para este propósito, se empleó el software CIVIL CAD 2024.

## CAPÍTULO V

### ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO

#### 5.1. Antecedentes

Históricamente la ciudad de Quito ha sufrido movimientos sísmicos de consideración, por tal motivo es necesario realizar el estudio sísmico en cualquier proyecto que se va a realizar, en el presente capítulo analizaremos varios parámetros físicos, mecánicos que nos darán datos para saber cuáles son las características que tiene la subrasante de la calle Línea Férrea.

Los estudios de laboratorio se los realizaron en las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana, con la ayuda del personal de Laboratorio. Los ensayos que se realizaron fueron: Granulometría por lavado, límites de Atterberg, índices de plasticidad y contenido de agua, ensayo de Proctor modificado y CBR con muestras de suelo obtenidas en campo a través de Calicatas.

Para nuestro proyecto se realizaron perforaciones, dado que la norma nos indica: que se debe tomar una muestra de suelo cada 500 m.

#### 5.2. Riesgos Naturales

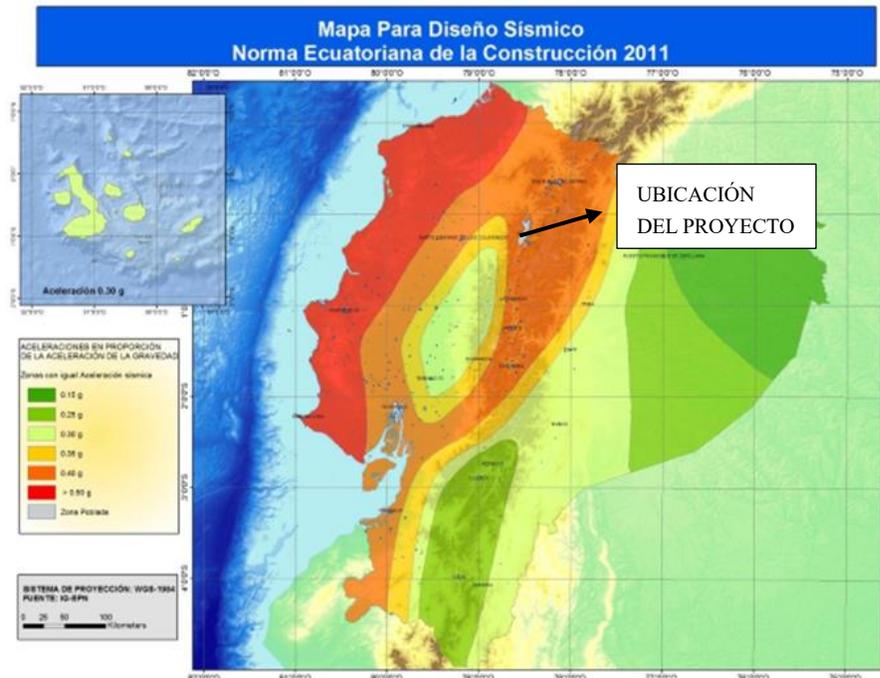
Al inicio de todo proyecto se deben considerar los riesgos naturales que se podrían tener en el tiempo, como son daños por sismos, riesgos volcánicos o riesgos de inundaciones, es vital hacer estos estudios para tener una idea de cómo diseñar la estructura del pavimento.

##### 5.2.1. *Susceptibilidad sísmica*

En los últimos años se han registrado movimientos telúricos dentro de la ciudad de Quito, sin duda este es un factor para tomar en cuenta y que no se debe pasar por alto, dado que nuestro proyecto se encuentra ubicado en la cordillera de los Andes, históricamente catalogada como una zona altamente sísmica, cómo lo indica la siguiente gráfica.

**Figura 7.**

*Mapa del Ecuador para el diseño sísmico.*



*Nota.* En el presente mapa podemos observar que el proyecto se encuentra en una zona sísmica alta. Elaborado por: Los autores con Fuente: (NEC, 2015)

**Tabla 27.**

*Valores de Z en función de la zona sísmica adoptada*

ZONA SÍSMICA	I	I	I	II	I	V	I	V	VI
<b>VALOR FACTOR Z</b>	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95
<b>CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO</b>	Intermedia	Baja	Alta	Muy Alta	Extremadamente Alta	Extremadamente Alta	Extremadamente Alta	Extremadamente Alta	Muy Alta

*Nota.* En la siguiente tabla se toma el valor de 0.4 y se trata de una zona alta. Elaborado por: Los autores con Fuente: (NEC, 2015)

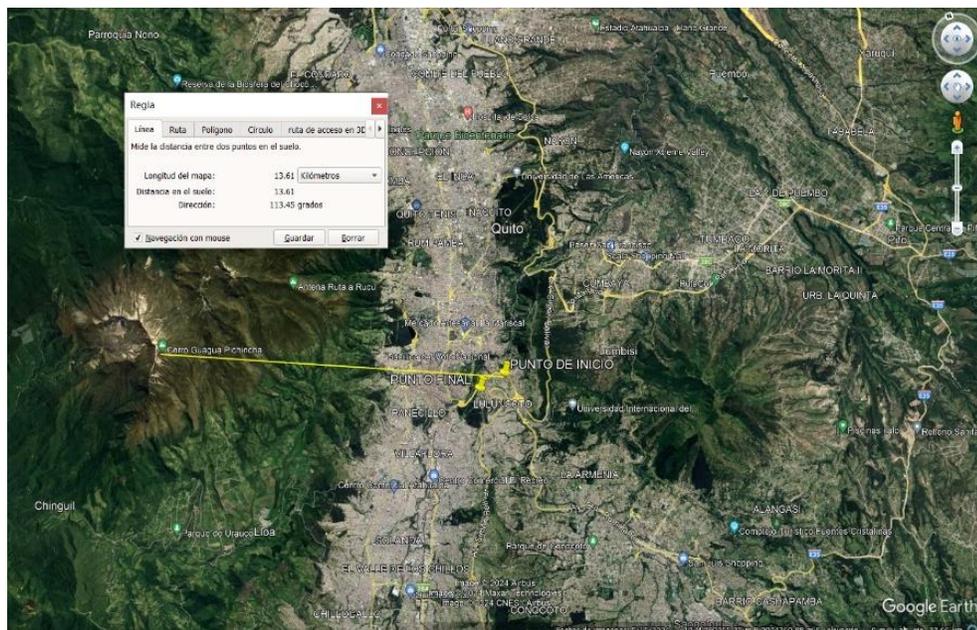
Con base en la figura número y la tabla número, determinamos que se encuentra en una zona altamente sísmica con un factor Z de 0,40

### 5.2.2. Susceptibilidad a peligros volcánicos

Se puede considerar que el proyecto se encuentra en una zona con alta actividad volcánica como lo indica la gráfica, está a tan solo 14 km del volcán Rucu Pichincha, y en las cercanías está el volcán Guagua Pichincha, por tal motivo debemos prestar atención a una posible erupción o un sismo provocado por el mismo, otro volcán cercano es el Cotopaxi que se encuentra a 51 km de distancia, datos para tener en cuenta para el diseño de nuestro proyecto.

**Figura 8.**

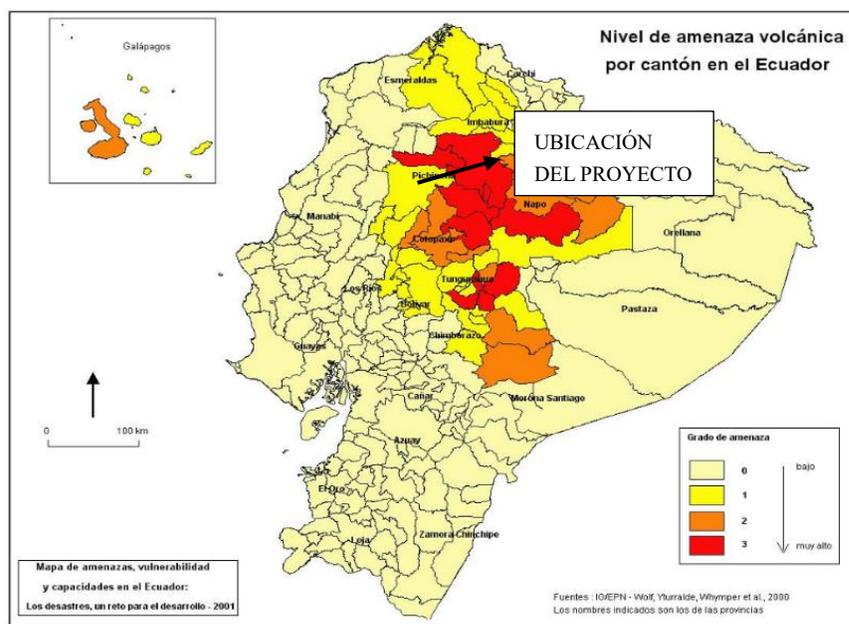
*Distancia más cercada de un volcán al proyecto.2*



*Nota.* Mapa de Proyecto y Volcán más cercano. Fuente Google Earth Pro. Elaborado por: Los Autores.3

**Figura 9.**

*Mapa de amenazas, vulnerabilidad y capacidades en el Ecuador.*



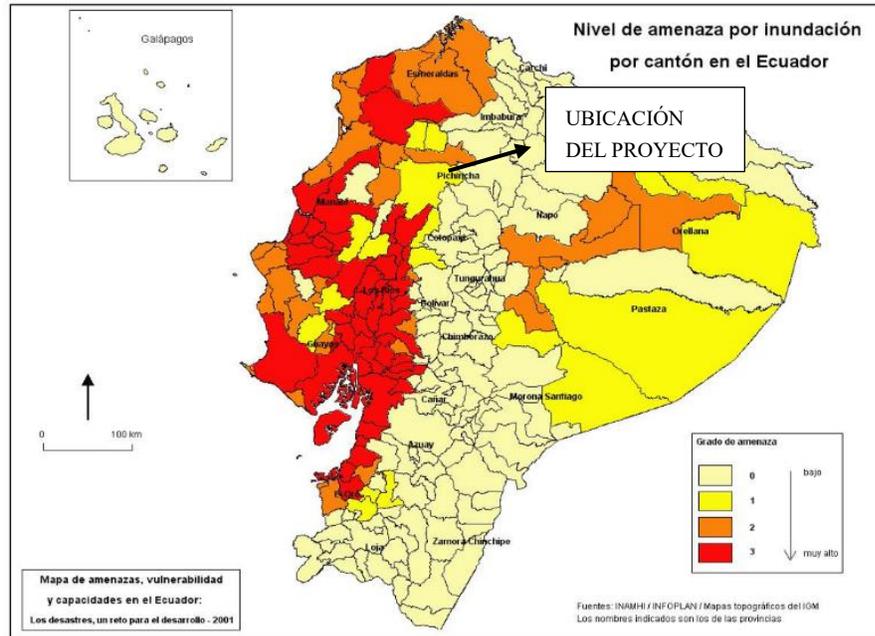
*Nota.* Se observa que el proyecto se ubica en una zona de alta amenaza volcánica. Fuente: (INAMHI, 2019). Elaborado por: Los autores.

### 5.2.3. Susceptibilidad a inundaciones

Como nuestro proyecto está ubicado en Quito, no presentará riesgo de inundaciones, pero eso sí se deben considerar los deslizamientos que pueden producirse por las intensas lluvias, un ejemplo claro de esto son los deslizamientos ocurridos en el sector de El Trébol, que han generado problemas en el tema de movilidad, específicamente hacia el sector del Valle de los Chillos.

**Figura 10.**

*Mapa de amenazas, vulnerabilidad y capacidades en el Ecuador.*



*Nota.* Se observa las amenazas por inundaciones por Cantones. Fuente: (INAMHI, 2019)  
Elaborado por: Los Autores.

### 5.3. Estudios geotécnicos

La subrasante es la capa superior que soportará la estructura del pavimento, y está conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactados por capas para constituir un cuerpo estable en óptimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño.

Los estudios geotécnicos realizados en el presente proyecto se verán analizados mediante la Norma MOP 2003, en la cual nos indica varios ensayos a realizarse y con los cuales se determinarán las características mecánicas que tendrá el suelo, los ensayos a ejecutarse son:

- Contenido de humedad.
- Granulometría por lavado

- Límites de Atterberg
- Clasificación SUCS
- Clasificación AASHTO
- Proctor modificado
- CBR

### 5.3.1. *Trabajo de campo*

Consiste en obtener las muestras del suelo a cierta profundidad de excavación, estas muestras deben ser lo más inalteradas posibles para así en los ensayos en el laboratorio obtener resultados mucho más reales, se obtuvieron muestras de suelo, como dicta la norma que se deberá obtener una muestra cada 500 m, para el proyecto se obtuvieron un total de 3 muestras, en las abscisas que se muestra a continuación en la tabla:

**Tabla 28.**

*Ubicación de los puntos para muestras de suelo.*

Vértice	Norte	Este	Altura	Abscisa
<b>Punto 1</b>	9974578.86	779661.22	2850	0+000
<b>Punto 2</b>	9974730.14	778976.54	2844	0+650
<b>Punto 3</b>	9974356.30	778539.67	2836	1+310

*Nota.* Coordenadas de ubicación de los puntos. Fuente: Google Earth Pro. Elaborado por: Los Autores

### 5.3.2. *Excavación de calicatas*

Siguiendo la Norma de la MOP se procedió a la extracción de las muestras a lo largo de la calle Línea Férrea, este proceso se lo realizó a las 14:45 pm, con el objetivo de obtener muestras de suelo a una temperatura no tan alta, las profundidades para la obtención de las muestras fueron de 0.50 y 1.00 metros, con un peso aproximado de 25 kg en los tres puntos a

lo largo del proyecto, las muestras tomadas se extrajeron con sus respectivas medidas de seguridad para impedir la pérdida de humedad, todas éstas con su etiquetado para su transporte al Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Politécnica Salesiana, posteriormente se realizarán los respectivos ensayos de granulometría, límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR.

#### **5.4.Trabajo de laboratorio**

Una vez realizada la toma de muestras y posterior traslado al laboratorio de mecánica de suelos, se procede a registrar los pesos de las muestras de suelo obtenidas en campo, se verifica que las condiciones del suelo sean las óptimas, para esta fase se utiliza las muestras generadas en campo ya que los resultados obtenidos servirán para nuestro diseño estructural de la vía. Para el presente proyecto los ensayos requeridos son:

##### ***5.4.1. Contenido de humedad***

Se adquirieron los pesos de las capsulas donde se depositarán las muestras de suelo puestas en envases con su humedad original, se anotan los valores y luego mediante el horno se procede a secar las muestras durante 24 horas +- 2 horas, luego de ese tiempo se toma los valores de las muestras secas y así por diferencia de pesos se obtiene un porcentaje de humedad, este ensayo se lo realizó con varias muestras de cada excavación, para así luego tener un promedio de cada porcentaje de humedad.

Se procura encontrar el porcentaje de agua que tiene el suelo natural mediante la relación entre el peso de su masa seca. Es muy importante determinar esta propiedad porque permite establecer el comportamiento y propiedades del suelo. Los resultados de los ensayos se muestran en el Anexo.

#### **5.4.2. Granulometría por lavado**

Como requisito para la realización de este ensayo se debe secar al sol todas las muestras del suelo alteradas, para luego pasarlas por los tamices N°4, 10, 40 y 200, seguido de esto se procede a regar un flujo de agua constante y empezar a tamizar por los tamices 40 y 200, se debe realizar este proceso hasta ver que el agua que pasa por los tamices sea transparente, luego de esto se procede a pesar, y con esto se obtienen porcentajes de retenidos y pasantes para realizar la clasificación según el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS). Esto se realiza para saber una cuantificación en porcentaje y cantidad de los elementos que componen el suelo.

#### **5.4.3. Límites de Atterberg**

Estos ensayos nos permitirán saber los límites que indican el porcentaje de humedad con el que se produce el cambio de estado del suelo, de sólido a plástico y luego de plástico a líquido. Para su obtención se practicaron los ensayos de Casagrande y los ensayos de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.

Primero se toma el peso de las capsulas vacías, posteriormente se toma una porción de suelo con la que se va a trabajar, se irá agregando agua a la muestra, hasta ver que se pueda formar una masa sólida y que no se rompa, una vez realizado este proceso vamos obteniendo muestras para el ensayo de límite plástico.

En el ensayo de Casagrande iremos mezclando y moviendo la muestra de suelo para que se forme una masa concisa, la colocamos en el equipo y procedemos a cortar la muestra en la mitad, posterior a esto encendemos, y contabilizamos los golpes que se dan hasta que los dos lados de la muestra se unen, repetimos estos procedimientos para los rangos de golpes de 15-20, de 20-30 y de 30-40, anotamos los datos y luego obtendremos una muestra pequeña,

colocamos en las capsulas e ingresamos al horno durante 24 horas, después de este tiempo procedemos a extraer las muestras las pesamos y obtenemos los datos para su posterior análisis.

#### 5.4.4. Clasificación SUCS

Este es un sistema que se lo utiliza para describir la textura, tamaño y características de un suelo, se lo aplica a la mayoría de los materiales y se representa mediante el uso de dos letras las cuales se detallan en la tabla a continuación:

**Tabla 29.**

*Simbología clasificación SUCS.*

<b>Letra</b>	<b>Definición</b>	<b>Letra</b>	<b>Definición</b>
<b>G</b>	grava	<b>P</b>	pobrementemente graduado
<b>S</b>	arena	<b>W</b>	bien graduado
<b>M</b>	limo	<b>H</b>	alta plasticidad
<b>C</b>	arcilla	<b>L</b>	baja plasticidad
<b>O</b>	orgánico		

*Nota.* Tabla para determinar o clasificar el tipo de suelo. Elaborado por: Los autores

El sistema Unificado de Clasificación de Suelos se usa la Norma ASTM D 2487, en su mayoría para trabajos geotécnicos, para lo cual se usan los datos obtenidos de granulometría y límites de consistencia. La normativa nos dice que:

“Esta práctica describe un sistema para clasificación mineral y orgánica-mineral de suelos para propósitos de ingeniería basados en determinación de laboratorio de características como tamaño de las partículas, limite líquido e índice plástico y será usado cuando se requiera una clasificación precisa (ASTM D 2487 - 03, 2006, pág. 1).

#### 5.4.5. Clasificación AASHTO

Esta clasificación divide los suelos en grupos basados en el tamaño de las partículas y propiedades de plasticidad, comúnmente se utiliza esta norma para la construcción de vías y

carreteras y la norma que rige es la ASTM D 3282, pero no por ello se le quita importancia a la clasificación SUCS. La normativa nos dice:

“Esta práctica cubre un procedimiento de clasificación de los suelos minerales y orgánicos minerales en siete grupos con base en la determinación de laboratorio de distribución granulométrica, límite líquido e índice de plasticidad. Puede ser usada cuando es requerida una precisa clasificación de ingeniería, especialmente para fines de construcción de carreteras” (ASTM D 3282, 2006, pág. 1).

### **5.5.Compactación Proctor Modificado**

El terreno natural o un suelo sin alteraciones como sería el acopio de materiales, por lo general no reúne las condiciones necesarias como para comportarse como una superficie resistente e impermeable ya sea por la alta relación de vacíos, por la orientación de las partículas, deficiencias de calidad, y deterioro de las propiedades como consecuencia del aumento de humedad.

Es por eso por lo que al suelo es necesario apisonarlo hasta alcanzar la máxima densidad y al realizar el ensayo de Proctor Modificado se hace una simulación del apisonamiento que recibirá el suelo antes de la construcción de la vía, el resultado del ensayo proporciona información importante sobre la capacidad de compactación del suelo, determina la densidad seca máxima y el contenido de humedad óptima del suelo.

Este ensayo se realizó de acuerdo con la norma ASTM D-1557.

Se proporciona veinticinco golpes con un martillo que pesa 10 libras, cayendo de una altura de 46 cm, en cada una de las cinco capas iguales de material colocado en un molde cilíndrico de 10,16 cm. De diámetro y 1/30 de pie cúbico de capacidad. El esfuerzo es de 56,200

libras/pie por pie cúbico, esto es comparable al que se obtiene con los equipos de compactación más pesados, en condiciones favorables de trabajo (ASTM D 1557, 2006).

Los resultados obtenidos en el ensayo de Proctor Modificado están detallados en el Anexo #2.

### **5.6.Cálculo de la capacidad portante del suelo (California Bearing Ratio) CBR de laboratorio**

El ensayo de Capacidad Portante del Suelo CBR, implica el compactar una muestra muy significativa de suelo, previamente obteniendo su humedad y densidad optima, al realizar este ensayo se obtiene el (CBR), el cual es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo por punzonamiento, bajo condiciones de densidad y humedad cuidadosamente controladas.

El CBR de un suelo varía con la compactación, el contenido de humedad al compactar y el contenido de humedad cuando se ensaya, como se dijo anteriormente la práctica en el laboratorio intenta imitar el comportamiento que presentará la subrasante cuando se la estudia como estructura del pavimento, y así mediante el empleo de un pistón estándar se mide la resistencia del suelo compactado a la penetración.

El ensayo consiste en preparar nuestra muestra de suelo en este caso 15kg, como conocemos su densidad y humedad optima sabremos cuanta es la cantidad de agua que se deberá aplicar en el suelo, una vez realizado este proceso, procedemos a compactar el suelo 56 golpes con él martillo para las cinco capas, una vez realizado esto procedemos a pesar la muestra de suelo, sumergir la muestra en el agua y encerar el medidor de expansión, todo esto para en los 4 días posteriores ir tomando las medidas y luego analizar los resultados.

El mismo procedimiento se aplicará para las muestras de 25 golpes y 10 golpes por capa respectivamente. Una vez transcurridos los 4 días y haber tomado los datos, se procede a extraer del agua las briquetas, se las pesa y luego se las lleva a ensayar.

Los datos, resultados y gráficos para el cálculo del CBR de diseño están en el Anexo Cap. #5

### 5.7. Determinación del CBR de diseño

Para la determinación de un CBR de diseño según el Instituto de Asfalto del Ecuador el percentil para el cálculo del CBR vendría dado por la siguiente tabla:

**Tabla 30.**

*Valores para CBR de diseño según su ESAL 'S.*

Nivel de Tránsito	Valor Percentil para el Diseño de la Subrasante
Menor a 10.000 ejes equivalentes	60%
Entre 10.001 y 1'000.000 ejes equivalentes	75%
Mayor 1'000.000 de ejes equivalentes	87.50%

*Nota.* Valor para el CBR de diseño. Fuente: (*Pavimentos, 2008*). Elaborado por: Los Autores.

**Tabla 31.**

*Resumen de resultados CBR.*

ABSCISADO	EXCAVACIÓN	HUMEDAD NATURAL (%)	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	HUMEDAD OPTIMA (%)	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 95%
0+000	1	22.31	6	SW/SP-SM	A-2-4	23.63	1583	16.8
0+650	2	23.15	8.5	SW/SP-SM	A-2-4	21.75	1652	33.5
1+310	3	17.45	7.54	SW/SP-SM	A-3	17.52	1725	35.7

*Nota.* Tabla de resumen con resultados de ensayos Elaborado por: Los autores

### Tabla 32.

Resumen CBR de diseño con percentil de 87,5 según su ESAL'S

---

**Tabla de resumen CBR de diseño**

	<b>CBR</b>	<b>CBR ordenado</b>	<b>CBR acumulado</b>	<b>% Acumulado</b>	<b>Percentil 87,5%</b>
	<b>%</b>				
Abscisa 0+000	17	25	25	40,32	
Abscisa 0+650	20,00	20	45	72,58	<b>24</b>
Abscisa 1+310	25,00	17	62	100,00	

---

*Nota.* El CBR de diseño es de 24% con un percentil del 87,5%. Elaborado por: Los autores

### 5.8. Localización de fuentes de materiales.

Debemos tener en cuenta que para la realización de este proyecto se necesita de conocer cuáles serían las minas o canteras que estarían en condición de abastecer el material necesario para la ejecución del proyecto. Dado la ubicación se deberá tomar en cuenta a los cantones de Quito y Rumiñahui, además que dentro de estos dos cantones existen una variedad de minas que pueden proveer los materiales pétreos de construcción, minas como, por ejemplo: Pintag, Nayón, Pifo, Cutuglagua.

Se realizó un estudio sobre la provisión de materiales para el pavimento dentro del Distrito Metropolitano de Quito, y se hizo la consulta al jefe de operaciones de ese departamento, y nos explica que el material usado por la empresa EMOP-Q es el material de la mina de Pintag, dado que este es el que mejor califica con las normas del MOP 2003 y además cumple con todas las especificaciones para base y subbase, el único inconveniente que se tiene con este material vendría a ser el tema de transporte, pero si se hace un análisis de costo beneficio será la mejor opción.

En la siguiente tabla podemos observar los resultados obtenidos en el ensayo de abrasión entre los materiales de las Minas de Pintag y Nayón:

**Tabla 33.**

*Resultados de ensayo de Abrasión.*

Material	Sector	Coordenadas Geográficas		% Abrasión
		NORTE	ESTE	
Agregado Grueso	NAYÓN	9980938.15 S	787975.13 E	33
Agregado Grueso	PINTAG	9953199.25 S	794226.78 E	27

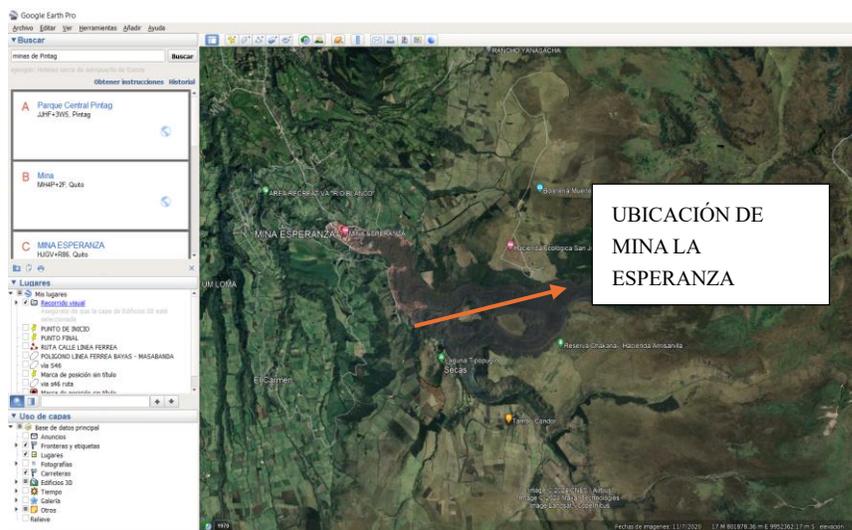
*Nota.* Tabla de Abrasión para mejoramiento. Fuente: EMOP-Q. Elaborado por: Los Autores.

Como se puede observar los resultados nos dan una clara idea de cuál es el material ideal para usarlo en obra, además que el tema de transporte influiría en la toma de decisiones.

Dicho esto, la mina más Próxima al proyecto es la Mina Esperanza ubicada a 38 km de distancia, con un tiempo aproximado de 1 hora 10 minutos.

**Figura 11.**

*Ubicación Geográfica de la Mina Esperanza.*



*Nota.* Grafica de ubicación Mina Esperanza. Fuente: Google Earth. Elaborado por: Los Autores

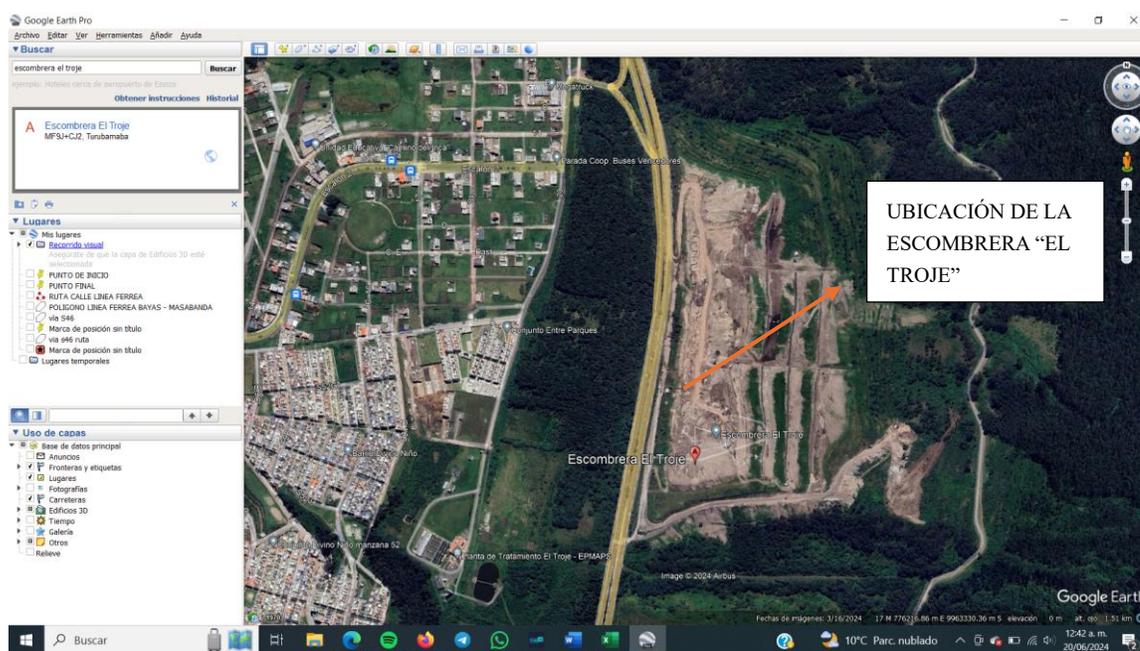
## 5.9. Localización de escombrera.

Así como se debe considerar el lugar de donde se traerá el material pétreo necesario para el mejoramiento del suelo, también se deberá tomar en cuenta a donde se llevarán los desperdicios o escombros que se va a generar al momento de ejecutar el proyecto de Mejoramiento, para esto se ha analizado detenidamente los lugares más próximos a la obra con el fin de ahorrar dinero en el tema de transporte y autorización para dejar ahí el material.

Dicho esto, el lugar elegido ha sido La Escombrera de El Troje, por su proximidad a la obra dado que solo se encuentra a 15 Km de distancia y la movilidad es más factible.

**Figura 12.**

### *Ubicación Escombrera El Troje*



*Nota.* Imagen de la ubicación Escombrera El Troje Fuente: Google Earth Pro. Elaborado por: Los Autores.

## CAPÍTULO VI

### DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

#### 6.1.Introducción

Gracias a los avances tecnológicos actuales y la vasta experiencia que se tiene en el campo del diseño de pavimentos hoy en día deberíamos contar con vías en condiciones aceptables al final de su periodo de diseño.

El presente estudio busca desarrollar un buen diseño estructural del pavimento que satisfaga las necesidades a los pobladores de los barrios San José de Monjas y el Madrigal y a los transeúntes que utilizan la calle “Línea Férrea” garantizando durabilidad, desempeño y seguridad en la vía analizada. Es importante considerar que el pavimento es un componente crucial para la construcción y habilitación de la carretera.

Un pavimento consiste en capas de material seleccionados que soportan directamente todas las cargas de tránsito.

Las capas de un pavimento se clasifican de la siguiente manera:

1. Subrasante: Sirve de cimentación al pavimento
2. Subbase: Controla la capilaridad del agua proveniente de las capas o de niveles freáticos cercanos evitando hinchamientos en la capa de rodadura
3. Base: Absorbe los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos y transmiten uniformemente estos esfuerzos.
4. Capa de rodadura: Es comparativamente la capa más fina y de mayor resistencia y calidad a comparación de las capas anteriores.

### Figura 13.

*Capas de un pavimento.*



*Nota.* Estructura general en una vía. Fuente: (NEC, 2015)

## 6.2. Clasificación general de los pavimentos

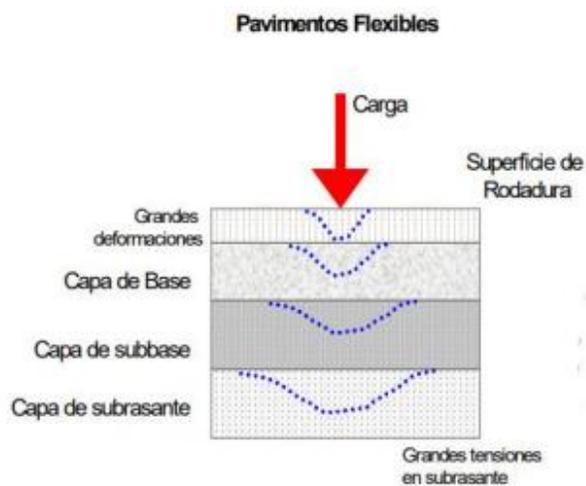
### 6.2.1. Pavimento Flexible

Este tipo de pavimentos son los más utilizados en el diseño de vías debido a su capacidad de adaptación en diversas condiciones climáticas, ya sea frío o calor. Están compuestas por una capa de subbase, un revestimiento (base) y una capa superior llamada (carpeta asfáltica) que resisten a las deformaciones de modo que tras librarse de las cargas recuperan su estado inicial.

En este tipo de pavimento, la superficie de rodadura es menos rígida y se deforma más, lo que provoca grandes tensiones en la subrasante como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

## Figura 14.

### *Comportamiento de Pavimentos Flexibles.*



*Nota.* Tensiones generadas en pavimentos flexibles. Fuente: (*Pavimentos, 2008*)

### **6.2.2. Pavimentos Semi – Rígidos**

El pavimento semi rígido es una combinación de características de los pavimentos rígidos y los flexibles que proporciona una mayor durabilidad y adaptabilidad

### **6.2.3. Pavimento Rígido**

El pavimento rígido también conocido como pavimento de concreto se caracteriza por su alta resistencia y capacidad de soporte gracias a su composición de placas de concreto. Estas placas pueden ser reforzadas con acero (concreto armado) para aumentar su durabilidad y su capacidad para soportar cargas pesadas.

### **6.2.4. Pavimentos Articulados**

El pavimento articulado está constituido por adoquines de hormigón, y se asienta sobre una capa de arena y está formado por elementos prefabricados de pequeñas dimensiones que individualmente son muy rígidos.

### 6.3. Metodología de diseño

Para el diseño de la estructura del pavimento del presente estudio se lo realizo con la metodología AASHTO – 93.

#### 6.3.1. Metodología AASHTO – 93

En el diseño de pavimentos flexibles el método AASHTO – 93 es la más utilizada en nuestro país, consiste principalmente en identificar el "Número Estructural (SN)" para el pavimento flexible, con el fin de asegurar que pueda soportar todas las cargas generadas por el flujo vehicular.

El "Número Estructural (SN)" sirve para determinar los espesores de las capas que conforman el pavimento flexible las cuales son la capa asfáltica, la capa base y la capa subbase.

A continuación, se presenta la **Ecuación 1** la fórmula de diseño, según la AASHTO– 93:

#### *Ecuación 1*

$$\text{Log}(W18) = ZR \cdot S_o + 9,36 \cdot \text{Log}(S_n + 1) - 0,20 + \frac{\text{Log}\left(\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5}\right)}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \cdot \text{Log}(MR) - 8,07$$

Dónde:

W18: Numero de ejes equivalentes para el periodo de diseño seleccionado (E SAL).

ZR: Desviación estándar normal.

So: Desviación estándar.

ΔPSI: Diferencia entre índice de servicio inicial y final



**Tabla 34.***Factor regional según precipitación anual.*

PRECIPITACIÓN PLUVIAL ANUAL (mm)	FACTOR REGIONAL (r)
Menos de 250	0,25
250 – 500	0,50
500 - 1000	1,00
1000 - 2000	1,50
2000 - 3000	1,75
Más de 3000	2,00

*Nota.* Se toma el valor de 1.75 por las características del proyecto. Fuente: (AASHTO, 1993).

Elaborado por: Los Autores.

### 6.3.3. Índice de serviciabilidad

El índice de serviciabilidad tiene como objetivo la calificación de la comodidad y seguridad que los usuarios experimentan al transitar por un pavimento flexible. Esta calificación está en rango de 0 (para pavimentos en pésimas condiciones) hasta 5 (para pavimentos en óptimas condiciones), que depende del diseño y de la calidad de construcción como se muestra en la **Tabla 35**.

**Tabla 35.**

### *Índice de Serviciabilidad.*

ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD (PSI)	CALIFICACIÓN
5 – 4	Muy buena
4 – 3	Buena
3 – 2	Regular
2 – 1	Mala
1 – 0	Muy mala

*Nota.* Se debe analizar el valor de PSI según las características. Fuente: (AASHTO, 1993).

Elaborado por: Los Autores.

El Ministerio de Obras Públicas y Transporta (MTO) recomienda que para carreteras principales de orden (I, II, III) el índice de servicio final sea de 2,5 (Pt = 2,5) y para carreteras de orden (IV y V) el índice de servicio final sea de 2,0 (Pt = 2,0).

La AASHTO-93 menciona que el índice de servicio inicial para pavimentos flexibles es de 4,2 (Po = 4,2) y para pavimentos rígidos es de 4,5 (Po = 4,5).

En el proyecto del diseño una estructura de pavimento flexible que nosotros estamos realizando se trata de una carretera de orden (II) por tal motivo que:

Índice de servicio final (Pt = 2,5)

Índice de servicio inicial (Po = 4,2)

Cálculo de la pérdida esperada en el índice de servicio (PSI) del pavimento flexible.

$$\Delta PSI = Po - Pt$$

$$\Delta PSI = 4,2 - 2,5$$

$$\Delta PSI = 1,7$$

#### **6.3.4. Confiabilidad (R)**

La confiabilidad se define como la probabilidad de que un pavimento diseñado tenga un nivel de serviciabilidad sobre los límites establecidos y funcione de manera satisfactoria a lo largo de su vida útil. Este parámetro es muy importante porque está sujeta con el desempeño del pavimento.

Tomando en cuenta el tráfico de la Av. Simón Bolívar y la Autopista General Rumiñahui y la calle Línea Férrea es alto, se establece como una carretera secundaria que está ubicada en la zona urbana por lo tanto el porcentaje considerado es de 85 % como se muestra en la Tabla 36.

**Tabla 36.**

*Valores del nivel de confianza (R).*

TIPO DE CAMINO	ZONAS URBANAS (%)	ZONAS RURALES (%)
Autopistas	85 - 99,9	80 - 99,9
Carreteras de primer orden	80 - 99	75 - 95
Carreteras secundarias	80 - 95	75 - 95
Caminos vecinales	50 - 80	50 - 80

*Nota:* Se toma el valor de 85% de confianza por que la carretera del proyecto es una carretera secundaria. Fuente: (AASHTO, 1993). Elaborado por: Los Autores.

$$R = 85 \%$$

### **6.3.5. Desviación normal estándar ( $Z_r$ )**

La desviación normal estándar se lo determina mediante la siguiente Tabla 37 que está asociado al nivel de confiabilidad  $R = 85 \%$ .

**Tabla 37.**

Valore de Zr.

Confiabilidad (%)	Zr
50	0
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,34
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,09
99,9	-3,75

*Nota.* Con la confiabilidad de de 85% Se toma los valores de Zr de -1,037. Fuente (AASHTO, 1993). Elaborado por: Los Autores.

$$Zr = -1,037$$

### 6.3.6. Desviación estándar (So)

La desviación estándar (So) involucra tanto la incertidumbre en la estimación del tránsito, como factores de construcción de la carretera, calidad de los materiales con la que fue construida, comportamiento del pavimento, etc.

**Tabla 38.**

*Desviación estándar.*

Proyecto de pavimento	Desviación Estándar
Rango para pavimentos flexibles	0,40 - 0,50
Construcciones nuevas	0,4
Sobre capas	0,5

*Nota.* Para pavimento flexibles se tomó el valor de la desviación estándar de 0,45. Fuente: (AASHTO, 1993). Elaborado por: Los Autores.

El rango de la desviación estándar definido por la AASHTO para pavimentos flexibles se encuentra entre los rangos:

$$0,40 \leq S_o \leq 0,50$$

Para la desviación estándar se adoptará un valor intermedio que será de 0,45.

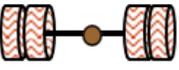
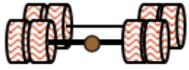
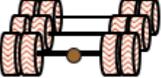
$$S_o = 0,45$$

### **6.3.7. Cálculo del factor de carga equivalente (FCE).**

Las ecuaciones utilizadas para calcular el factor de equivalencia de carga para cada tipo de eje se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 39.**

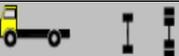
*Formulas simplificadas para el cálculo del factor de equivalencia.*

TIPO DE EJE	CONFIGURACIÓN	FÓRMULA PARA EL CÁLCULO DEL FACTOR DE EQUIVALENCIA
Simple rueda		$FEC = \frac{(Carga\ del\ eje)^4}{6,6}$
Simple rueda doble		$FEC = \frac{(Carga\ del\ eje)^4}{8,2}$
Tándem		$FEC = \frac{(Carga\ del\ eje)^4}{15}$
Tándem		$FEC = \frac{(Carga\ del\ eje)^4}{23}$

*Nota.* Tabla usada para el cálculo de factor de equivalencia de los vehículos pesados. Fuente: (Carlos Hernando Higuera Sandoval, 2011). Elaborado por: Los Autores.

Utilizando las ecuaciones del factor de equivalencia de carga, se calcula el factor de daño para cada tipo de eje y debemos tener en cuenta la siguiente Tabla 40 donde nos proporciona información acerca de los pesos de cada vehículo.

**Tabla 40.***Características de cada vehículo.*

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS		
				LARGO	ANCHO	ALTO
2D			CAMIÓN DOS EJES PEQUEÑO 7 T	5,00	2,60	3,00
2DA			CAMIÓN DOS EJES MEDIANO 10T	7,50	2,60	3,50
2DB			CAMIÓN DOS EJES GRANDE 18 T	12,60	2,60	4,10
V2DB			VOLQUETA 2 EJES 18 T	12,60	2,60	4,10
3A			CAMIÓN 3 EJES 27 T	12,20	2,60	4,10

*Nota:* Indica peso y tipo para tipo de vehículo. Fuente: (MOP, 2003). Elaborado por: Los Autores.

Los resultados de los factores de equivalencia se muestran en la siguiente Tabla 41.

**Tabla 41.***Factores de equivalencia.*

Tipo Vehículo	Tipo de Eje	Carga	FEC
Bus (2DA)	Simple	3	0,0427
	S-R-D	7	0,5311
Buse 2 ejes (2DB)	Simple	7	1,2654
	S-R-D	11	3,2383
Volqueta (V2DB)	Simple	7	1,2654
	S-R-D	11	3,2383

*Nota.* Se detallan los resultados del FEC. Elaborado por: Los Autores.

### 6.3.8. Cálculo de número de ejes equivalentes en el año base (Nd).

Para calcular el número de ejes equivalentes en el año base debemos tener en cuenta los datos del (TPDA) Tráfico Promedio Diario Anual que se muestra en la siguiente Tabla 42

**Tabla 42.**

*TPDS y TPDA*

Tipo de vehículo	TPDS		TPDA	
		%		%
Liviano (2D)	839	79,34	863	79,34
Buses (2DA)	83	7,81	85	7,81
Pesados Buses 2 Ejes (2DB)	115	10,88	118	10,88
Volqueta (V2DB)	21	1,97	21	1,97
<b>TOTAL</b>	<b>1057</b>	<b>100,00</b>	<b>1088</b>	<b>100,00</b>

*Nota.* Se detalla el Tráfico Promedio Diario Semanal y Tráfico Promedio Diario Anual de la calle Línea Férrea. Elaborado por: Los Autores.

A continuación, se muestra la siguiente Tabla 43 con los resultados del número de ejes equivalentes.

**Tabla 43.**

*Número de ejes equivalentes en el año base.*

Tipo Vehículo	Tipo De Eje	Carga	FEC	TPDA	$\Sigma$ FEC	Nd
Bus (2DA)	Simple	3	0,0427	85	0,5737	49
	S-R-D	7	0,5311			
Bus 2 ejes (2DB)	Simple	7	1,2654	118	4,5037	533
	S-R-D	11	3,2383			
Volqueta (V2DB)	Simple	7	1,2654	21	4,5037	97
	S-R-D	11	3,2383			

*Nota:* Resultado del número de ejes equivalentes del año base para cada vehículo. Elaborado por: Los Autores

### 6.3.9. Factor de distribución por dirección (Fd)

Para el presente estudio se consideró un factor de distribución del 50% para cada sentido, porque se trata de una vía de dos carriles.

**Tabla 44.**

*Factores de distribución por dirección.*

<b>FACTORES DE DISTRIBUCIÓN POR DIRECCIÓN</b>	
<b>Número de carriles en ambas direcciones o número de sentidos</b>	<b>Fd (%)</b>
2	50
4	45
6 o más	40

*Nota.* Debido al número de carriles se tomó el favor el Fd. Fuente: (AASHTO, 1993). Elaborado por: Los Autores

$$Fd = 50\%$$

### 6.3.10. Factor de distribución por carril (Fc)

Para el presente estudio se consideró un factor de distribución por carril de 1 debido a que se trata de una vía con dos carriles uno para cada dirección.

**Tabla 45.**

*Factores de distribución de tráfico por carril.*

<b>FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR CARRIL</b>	
<b>Número de carriles en ambas direcciones o número de sentidos</b>	<b>Fc</b>
1	1
2	0.80 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 - 0.75

*Nota.* El factor carril tomado en el proyecto es de  $F_c=1$  debido al sentido de los carriles. Fuente (AASHTO, 1993). Elaborado por: Los Autores.

### **6.3.11. Cálculo de ejes equivalentes para el diseño de un pavimento flexible aplicando el método AASHTO simplificado para un periodo de 20 años.**

El tránsito equivalente se refiere a la cantidad total de ejes equivalentes de 8,2 Ton que se ejerce en el carril de diseño a lo largo de su vida útil. La metodología que se aplicó para calcular el número de ejes equivalentes está basada en la metodología AASHTO simplificado.

El método AASHTO simplificado introduce el factor daño por vehículo comercial o también establecido como factor de equivalencia de carga que representa el número de veces que pasa el eje normalizado de 8.2 ton por cada pasada del tipo de vehículo considerado, así como también el mayor o menor daño que un tipo de vehículo causa a un pavimento.

Una vez que se han determinado todos los factores de carga equivalentes, se procede a calcular el número de ejes equivalentes para un periodo de diseño, conocidos como ESAL (Equivalent Simple Axial Load, por sus siglas en inglés), utilizando la siguiente Ecuación 2.

#### ***Ecuación 2***

$$N = (Nd * 365 * Fd * Fc) * \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Donde:

N= número de ejes equivalentes proyectados para el periodo de diseño.

Nd= número de ejes equivalentes en el año base.

Fd= factor de distribución de dirección.

Fc= factor de dirección de carril.

r= tasa de crecimiento de vehículos pesados.

n= número de años al cual va a ser proyectado.

Para calcular el número de ejes equivalentes para el periodo de diseño debemos tener en cuenta la tasa de crecimiento de los vehículos pesado y el periodo de diseño como se muestra a continuación:

$$r (2DA) = 1,62\%$$

$$r (2DB) = 1,58\%$$

$$r (V2DB) = 1,58\%$$

$$n = 20 \text{ años}$$

**Tabla 46.**

*Numero de ejes equivalentes para 20 años.*

Tipo Vehículo	N	Fd	Fc	i (%)	N
Bus (2DA)	49			1,62	209245
Camión 2 ejes (2DB)	533	0,5	1	1,58	2267102
Volqueta (V2DB)	97				412587
Total, ejes equivalentes					2888933,05

*Nota.* Resultados de ESAL'S para el proyecto Línea Férrea. Elaborado por: Los autores.

### **6.3.12. Módulo de resiliencia de la subrasante**

Es muy importante tener en cuenta que para el diseño de un pavimento calcular el módulo de resiliencia el cual se define como una relación entre la carga dinámica y la deformación, que puede ser utilizada en análisis que impliquen cargas de tráfico dinámico y requieren de un módulo de elasticidad.

De acuerdo con los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, la subrasante tiene un **CBR equivalente al 24 %**.

La guía de diseño de AASHTO-93, propone las siguientes fórmulas para determinar el Módulo de Residencia ( $M_r$ ) que depende del valor del CBR obtenido en laboratorio.

Para calcular el Módulo de Resiliencia se emplea la siguiente formula general debido a que el CBR que se obtuvo en laboratorio es mayor al 20%.

$$CBR = 24\%$$

$$M_r = 2555 * CBR^{0.64} \quad \text{Para } CBR > 10\%$$

$$M_r = 2555 * CBR^{0.64} \quad \text{Para } CBR \leq 10\%$$

$$M_r = 2555 * CBR^{0.64}$$

$$M_r = 2555 * 24^{0.64}$$

$$M_r = 19531,07 \text{psi}$$

### **6.3.13. Módulo de resiliencia y coeficiente estructural ( $a_3$ ) para Sub-Base**

Las características que debe tener un material para ser considerado como subbase de acuerdo con la normativa MOP - 001-F 2002 nos indica que:

Los materiales de la Subbase deberán cumplir con los siguientes parámetros: coeficiente de desgaste máximo de 50% que corresponde al ensayo de abrasión de los Ángeles además que las partículas que pasen por el tamiz N°40 deberán tener un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25, considerando de igual manera un CBR igual o mayor del **30%** (MOP, 2002).

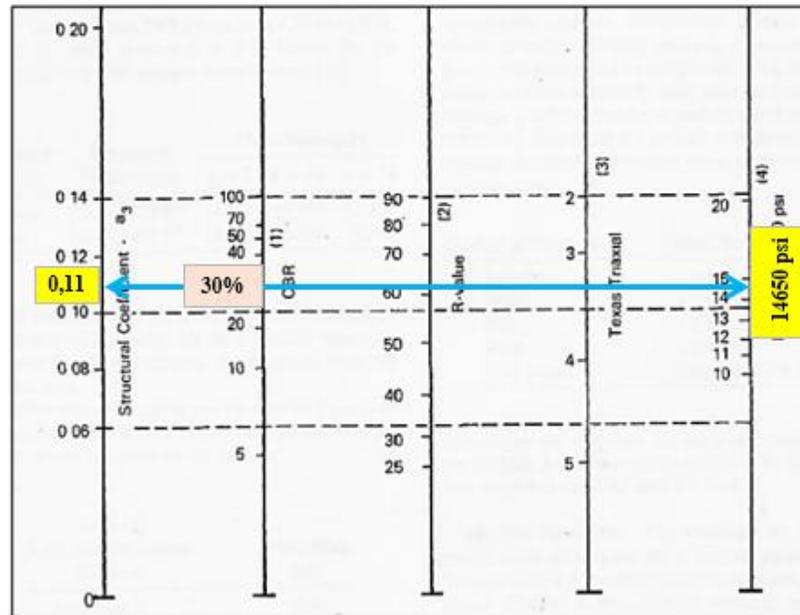
Debido a las propiedades del material y su imposibilidad de ser triturado, solo puede ser clasificado o graduado como Sub-Base tipo 3.

El parámetro fundamentalmente para el diseño de un pavimento es el módulo resiliente (Mr) lo podemos obtener a través de la guía AASHTO-93 que relaciona el CBR y nos proporciona el coeficiente estructural **a3** necesario para el diseño.

Para el cálculo del módulo resiliente para la subbase utilizaremos el ábaco que nos proporciona la normativa AASHTO-93 y tomaremos un CBR del **30%** como sugiere la MOP-001-F 2002.

**Figura 16.**

*Abaco para la determinación del coeficiente  $a_3$  y el módulo de resiliencia.*



**Nota.** Calculo para determinar el módulo de resiliencia y el coeficiente estructural  $a_3$  de la Sub-Base con un CBR de 30%. Fuente: (AASHTO, 1993). Elaborado por: Los Autores.

**Tabla 47.**

*Resultados de la Sub-Base.*

Índice californiano (CBR)	30	%
Modulo resiliente ( $M_r$ -subb)	14650	Psi
Coeficiente estructural ( $a_3$ )	0,11	---

**Nota.** Características mecánicas y de diseño para la Sub-Base. Elaborado por: Los Autores.

### **6.3.14. Módulo de resiliencia y coeficiente estructural ( $a_2$ ) para la Base**

Las características que debe tener un material para ser considerado como Base de acuerdo con la normativa MOP - 001-F 2002 nos indica que:

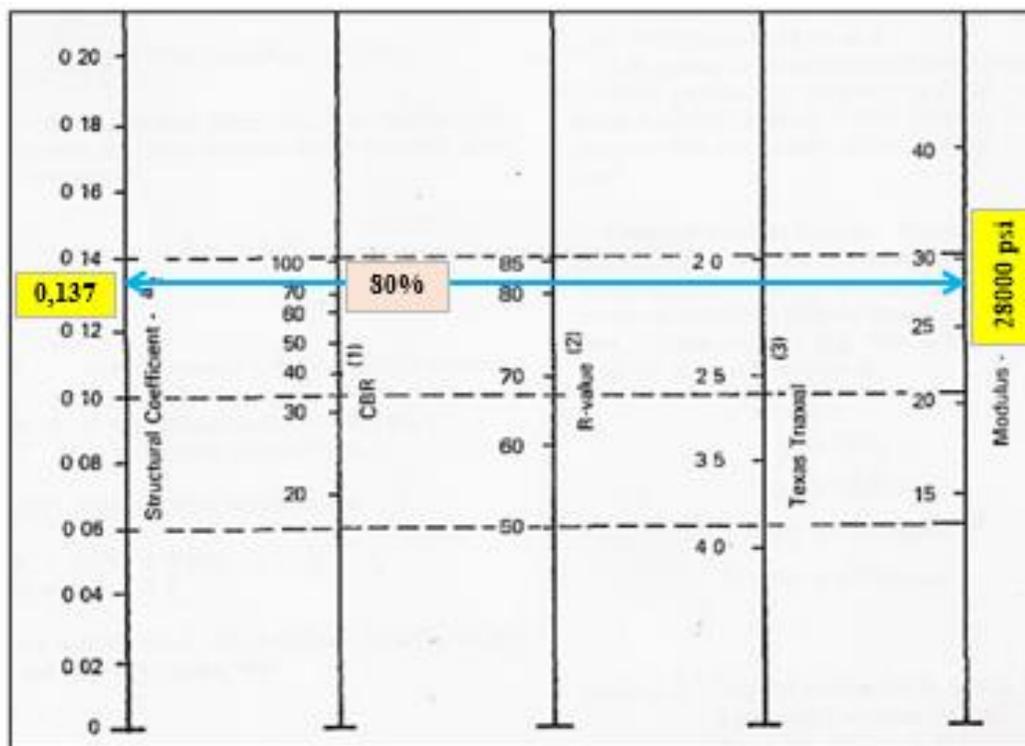
Para este caso el porcentaje de suelo que pasa por el tamiz N°40, su límite líquido deberá ser menor de 25 y el índice de plasticidad menor de 6. El porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menor del 40% y el valor de soporte de CBR deberá ser igual o mayor al **80%** (MOP, 2002).

Debido a las propiedades del material y su incapacidad para ser triturado, el material solo puede ser clasificado o graduado como Base tipo 4.

Para el cálculo del módulo resiliente para la subbase utilizaremos el ábaco que nos proporciona la normativa AASHTO-93 y tomaremos un CBR del **80%** como sugiere la MOP-001-F 2002.

**Figura 17.**

*Abaco para la determinación del coeficiente  $a_2$  y el módulo de resiliencia.*



**Nota.** Determinación del módulo de resiliente y del coeficiente estructural ( $a_2$ ) para la Base con un CBR de 80%. Fuente: (AASHTO, 1993). Elaborado por: Los Autores.

**Tabla 48.**

*Resultados de la capa Base.*

Índice californiano (CBR)	80	%
Modulo resiliente ( $M_r$ -Base)	28000	Psi
Coeficiente estructural ( $a_2$ )	0,13	---

**Nota.** Características mecánicas y de diseño para la Base. Elaborado por: Los Autores.

### 6.3.15. Módulo de resiliencia y coeficiente estructural (a1) para carpeta asfáltica

La carpeta asfáltica es una capa que está compuesta por agregados granulares y asfálticas, esta capa se coloca sobre la base para que actúe como disipador de esfuerzos proveniente de la capa de rodadura.

Según la normativa MOP – 001 – 2002 F menciona que:

La carpeta asfáltica deberá proveer una un buen agarre, y resistir el deslizamiento de los neumáticos, debe resistir al desgaste como a la fractura para soportar las distintas cargas, en pavimentos de poco a regular tránsito se colocar una carpeta de un solo espesor y en casos de tráfico intenso y pesado el espesor de la carpeta asfáltica se divide en: Carpeta de desgaste y capa de liga. (MOP, 2002).

La clasificación del tráfico según la MOP nos menciona que ‘‘Es función de la intensidad media diaria de vehículos pesados (IMDP) esperada por el carril de diseño en el momento de poner en funcionamiento la vía, luego de su construcción o de su rehabilitación. Los vehículos pesados no comprenden autos, camionetas ni tractores sin remolque’’ (MOP, 2002).

La intensidad media diario de vehículos pesados (IMDP) es de 219 veh/día.

**Tabla 49.**

*Valores de IMDP para tráfico pesado.*

TRAFICO	IMDP
Liviano	Menos de 50
Medio	50 a 200
<b>Pesado</b>	<b>200 a 1000</b>
Muy pesado	Más de 1000

**Nota.** Según la IMDP de 219 veh/día el tráfico se considera pesado porque está en el rango de 200-1000. Fuente: (MOP, 2002). Elaborado por: Los Autores.

La MOP – 001 – 2002 F mediante la siguiente tabla nos permite conocer las características que debe tener la carpeta asfáltica que depende básicamente del flujo de vehículos pesados que transitan sobre la vía.

**Tabla 50.**

*Características de la carpeta asfáltica.*

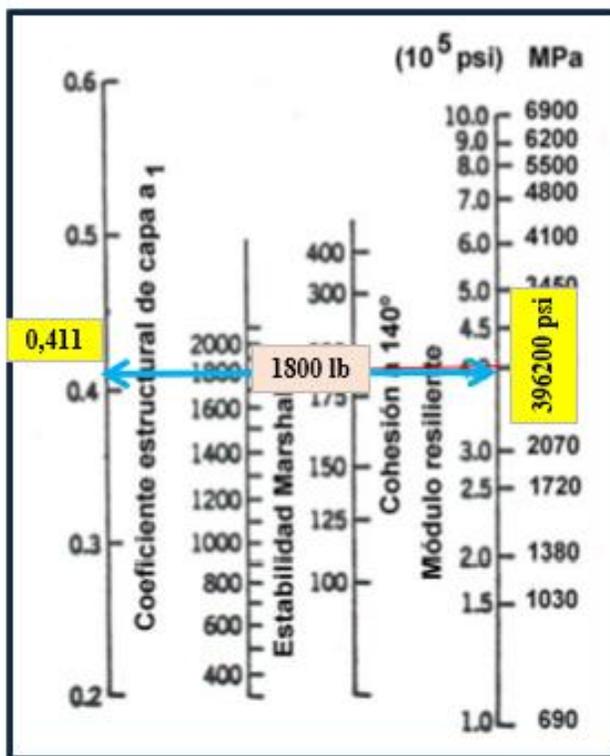
TIPO DE TRAFICO CRITERIOS MARSHALL	Muy Pesado		Pesado		Medio		Liviano	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
No. De Golpes/Cara	75		75		50		50	
Estabilidad (libras)	2200	----	1800	----	1200	----	1000	2400
Flujo (pulgada/100)	8	14	8	14	8	16	8	16
% de vacios en mezcla								
- Capa de Rodadura	3	5	3	5	3	5	3	5
- Capa Intermedia	3	8	3	8	3	8	3	8
- Capa de Base	3	9	3	9	3	9	3	9
% Vacios agregados	VER TABLA 405-5.5							
Relación filler/betún	0.8	1.2	0.8	1.2				
% Estabilidad retenida luego 7 días en agua temperatura ambiente								
- Capa de Rodadura	70	----	70	----				
- Intermedia o base	60	----	60	----				

*Nota.* Se especifican las características que debe tener la carpeta asfáltica, que se encuentra en función del tipo de tráfico. Fuente: (MOP, 2002). Elaborado por: Los Autores.

Gracias a la tabla de la MOP-001-2002 F podemos conocer las características de la carpeta asfáltica además tenemos como dato importante el valor de la estabilidad Marshall de **1800 lb** para el tráfico pesado, este dato importante nos ayudara a calcular el módulo de resiliente y el coeficiente estructural (a1) para la carpeta asfáltica con ayuda del ábaco que nos proporciona la AASHTO-93.

**Figura 18.**

*Abaco para la determinación del coeficiente a2 y el módulo de resiliencia.*



**Nota.** Determinación del módulo resiliente y del coeficiente estructural (a1) mediante el dato de estabilidad Marshall de 1800 lb para la carpeta asfáltica: Fuente: (AASHTO, 1993).  
Elaborado por: Los Autores.

**Tabla 51.**

*Resultados de la carpeta asfáltica.*

Estabilidad Marshal	1800	Lb
Modulo resiliente (Mr.)	396200	Psi
Coeficiente estructural (a1)	0,411	---

**Nota.** Características mecánicas y de diseño para la carpeta asfáltica. Elaborado por: Los Autores

#### 6.4.Cálculo de los coeficientes de drenaje

Para mejorar la calidad del pavimento, es crucial contar con un buen sistema de drenaje, ya que esto permite diseñar capas de pavimento más delgadas. La Guía AASHTO- 93 utiliza la fórmula ( $SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$ ) con coeficientes de drenaje mí que influyen en las capas situadas debajo del pavimento.

Para calcular el porcentaje de tiempo en que la estructura está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación debemos tener en cuenta el valor de la precipitación en meses de invierno y la precipitación total anual. Gracias a la página web Clima data los meses de invierno presentan una precipitación acumulada de 239,75 mm y un promedio de precipitaciones anual de 2877 mm/añual.

$$TH = \frac{\text{Precipitacion en meses de invierno} * 100}{\text{Precipitacion total anual}}$$

$$TH = \frac{239,75 * 100}{2877}$$

$$TH = \frac{239,75 * 100}{2877}$$

$$TH = 8,33\%$$

**Tabla 52.**

*Tiempo de eliminación del agua*

<b>Calidad de Drenaje</b>	<b>Tiempo de Eliminación del Agua</b>
Excelente	2 horas
<b>Bueno</b>	<b>1 día</b>
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Malo	El Agua no Drena

*Nota:* Tabla para conocer el tiempo de drenaje. *Fuente:* (MOP, 2003). Elaborado por: Los Autores.

**Tabla 53.**

*Calidad de drenaje.*

Calidad de Drenaje	Porcentaje de tiempo anual en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles cercanos a saturación							
	0 - 1%		1 - 5%		5 - 25%		>25%	
Excelente	1,40	1,35	1,35	1,30	1,30	1,20	1,20	
Bueno	1,35	1,25	1,25	1,15	1,15	1,00	1,00	
Regular	1,25	1,15	1,15	1,05	1,00	0,80	0,80	
Pobre	1,15	1,05	1,05	0,80	0,80	0,60	0,60	
Malo	1,05	0,95	0,95	0,75	0,75	0,40	0,40	

Nota. Indica la determinación de los coeficientes de drenaje (m1 y m2). Fuente: (AASHTO, 1993). Elaborado por: Los Autores.

Para el cálculo del pavimento, se consideran los coeficientes de drenaje m2 y m3 de las capas granulares de la base y la subbase, por tal motivo he escogido los coeficientes de drenaje para m1 y m2 de 1,10.

- Base m2 = 1,10

- Sub-Base m3 = 1,00

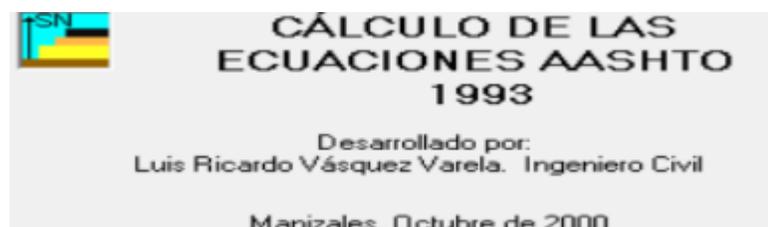
### 6.5.Determinación del número estructural mediante la aplicación Ecuación AASHTO -

93

Para calcular el número estructural (SN) se obtiene según la ecuación propuesta por (Asociación Americana de funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte) AASHTO 93. Este cálculo se realiza de manera iterativa, por lo que para el proyecto se ha decidido utilizar el programa gratuito "ECUACIÓN AASHTO 93", que cuenta con el respaldo de varios autores que ya han utilizado la aplicación.

## Figura 19.

*Aplicación para cálculo de ecuaciones.*



*Nota.* Esta aplicación se va a utilizar para el cálculo de los numero estructurales SN. Desarrollado por el Ing. Vásquez Varela 2000.

Este programa es gratuito y muy fácil de utilizar es un algoritmo que itera con un bajo margen de error la ecuación propuesta por la AASHTO para pavimentos flexibles.

### **6.5.1. Cálculo del número estructural para la capa Asfáltica**

Para determinar el número estructural para la capa de rodadura o capa asfáltica debemos tener en cuenta los siguientes datos que se muestra en la siguiente tabla para poder ingresar en la aplicación de Ecuación AASHTO 93.

**Tabla 54.**

*Datos para el cálculo del SNI.*

Tipo de pavimento	Pavimento Flexible	---
Desviación estándar (So)	0,45	---
Confiabilidad (R)	85	%
Serviciabilidad inicial (Po)	4,2	---
Serviciabilidad final (Pt)	2,5	---
Modulo resiliente (Mr)	396200	psi
Numero de ejes equivalente (W18)	2888933,05	---

*Nota.* Tabla que se usará para determinar el número estructural de la carpeta asfáltica. Elaborado por: Los autores.

**Figura 20.**

*Introducción de datos para determinar el SN1.*

The screenshot shows a software window titled "Ecuación AASHTO 93". It contains several input fields and buttons. The "Tipo de Pavimento" section has "Pavimento flexible" selected. "Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)" shows "85 % Zr=-1.037" and "So = 0.45". "Serviciabilidad inicial y final" shows "PSI inicial = 4.2" and "PSI final = 2.5". "Módulo resiliente de la subrasante" shows "Mr = 366200 psi". The "Información adicional para pavimentos rígidos" section has empty fields for "Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)", "Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)", "Coeficiente de transmisión de carga - (J)", and "Coeficiente de drenaje - (Cd)". The "Tipo de Análisis" section has "Calcular SN" selected, showing "W18 = 2888933.05". The "Número Estructural" section shows "SN = 0.76". There are "Calcular" and "Salir" buttons at the bottom.

**Nota** Determinación del número estructural SN1. Elaborado por: Los Autores, a través de aplicación Ecuación AASHTO 93.

Mediante la aplicación obtuvimos un numero estructural para la carpeta asfáltica de:

$$SN1 = 0.76$$

### 6.5.2. Cálculo del número estructural para la Base

Para determinar el número estructural para la Base debemos tener en cuenta los siguientes datos que se muestra en la siguiente tabla para poder ingresar en la aplicación de Ecuación AASHTO 93.

**Tabla 55.**

**Datos para el cálculo del SN2.**

Tipo de pavimento	Pavimento Flexible	---
Desviación estándar (So)	0,45	---
Confiabilidad (R)	85	%
Serviciabilidad inicial (Po)	4,2	---
Serviciabilidad final (Pt)	2,5	---
Modulo resiliente (Mr)	28000	psi
Numero de ejes equivalente (W18)	2888933,05	---

*Nota.* Tabla de datos, mediante se encontrará el SN requerido por tránsito. Elaborado por: Los autores.

**Figura 21.**

*Introducción de datos para determinar el SN2*

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. The window title is 'Ecuación AASHTO 93'. It contains several input fields and buttons. Under 'Tipo de Pavimento', 'Pavimento flexible' is selected. 'Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)' shows '85 % Zr=-1.037' and 'So' as '0.45'. 'Serviciabilidad inicial y final' shows 'PSI inicial' as '4.2' and 'PSI final' as '2.5'. 'Módulo resiliente de la subrasante' shows 'Mr' as '28000 psi'. There are empty fields for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (k)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'. Under 'Tipo de Análisis', 'Calcular SN' is selected, showing 'W18 = 2888933.05' and 'Número Estructural SN = 2.40'. There are 'Calcular' and 'Salir' buttons at the bottom.

*Nota.* Determinación del número estructural SN2 requerido por tránsito. Elaborado por: Los Autores, a través de aplicación Ecuación AASHTO 93.

Mediante la aplicación obtuvimos un numero estructural para la carpeta asfáltica de:

$$SN2 = 2,40$$

### 6.5.3. Cálculo del número estructural para la Sub-Base

Para determinar el número estructural para la Sub-Base debemos tener en cuenta los siguientes datos que se muestra en la siguiente tabla para poder ingresar en la aplicación de Ecuación AASHTO 93.

**Tabla 56.**

*Datos para el cálculo del SN3.*

Tipo de pavimento	Pavimento Flexible	---
Desviación estándar (So)	0,45	---
Confiabilidad (R)	85	%
Serviciabilidad inicial (Po)	4,2	---
Serviciabilidad final (Pt)	2,5	---
Modulo resiliente (Mr)	14650	psi
Numero de ejes equivalente (W18)	2888933,05	---

Nota. Ingresamos los valores en la aplicación para encontrar el SN de la Sub-Base. Elaborado por: Los autores.

**Figura 22.**

*Introducción de datos para determinar el SN3.*

The screenshot shows a software window titled "Ecuación AASHTO 93". It contains several input fields and a "Calcular" button. The "Tipo de Pavimento" section has "Pavimento flexible" selected. "Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)" shows "85 % Zr=-1.037" and "So 0.45". "Serviciabilidad inicial y final" shows "PSI inicial 4.2" and "PSI final 2.5". "Módulo resiliente de la subrasante" shows "Mr 14650 psi". The "Tipo de Análisis" section has "Calcular SN" selected, showing "W18 = 2888933.05" and "Número Estructural SN = 3.08".

Nota. Determinación del número estructural SN requerido por tránsito. Elaborado por: Los Autores, a través de aplicación Ecuación AASHTO 93.

Mediante la aplicación Ecuación AASHTO 93 obtuvimos un numero estructural para la Sub-

Base de:

$$SN3 = 3,08$$

#### 6.5.4. Cálculo del número estructural para la Subrasante

**Tabla 57.**

*Datos para el cálculo del SN<sub>tráfico</sub>.*

Tipo de pavimento	Pavimento Flexible	---
Desviación estándar (So)	0,45	---
Confiabilidad (R)	85	%
Serviciabilidad inicial (Po)	4,2	---
Serviciabilidad final (Pt)	2,5	---
Modulo resiliente de la Subrasante (Mr)	19531,07	psi
Numero de ejes equivalente (W18)	2888933,05	---

*Nota.* Con los presentes datos se calculará el número estructural de la subrasante. Elaborado por: Los Autores.

**Figura 23.**

*Introducción de datos para determinar el SN<sub>tráfico</sub>.*

*Nota.* Cálculo del número estructural requerido por tránsito. Elaborado por: Los Autores, a través de Ecuación AASHTO de 1993

Mediante la aplicación Ecuación AASHTO 93 obtuvimos un numero estructural que representa el valor que soporta la vía por tráfico:

$$SN_{trafico} = 2,75$$

### 6.6.Determinación de los espesores para cada capa del la estructural del pavimento

Para la determinación de los espesores de las capas que conforman un pavimento debemos tener en cuenta los valores de los espesores mínimos que están establecidos de acuerdo con la normativa por AASHTO 93 en su guía para el diseño de pavimentos, se proporciona una tabla que indica el espesor mínimo de la capa en función del número de ejes equivalentes ESALS.

**Tabla 58.**

*Valores mínimos de las capas del pavimento.*

Tránsito (Esal's)	Concreto Asfáltico (in)	Concreto Asfáltico (cm)	Base Granular (in)	Base Granular (cm)
<50000	1,0 ó T.S. D	2,54	4,00	10,16
50001- 150000	2,00	5,08	4,00	10,16
150001- 500000	2,50	6,35	4,00	10,16
500001- 2000000	3,00	7,62	6,00	15,24
2000001- 7000000	3,50	8,89	6,00	15,24
>7000000	4	10,16	6,00	15,24

*Nota.* Se detalla los espesores mínimos para la carpeta asfáltica y la base que depende del ESALS =2888933,05. Elaborado por: Los Autores, a través de La guía AASHTO del 93.

- **Espesor carpeta asfáltica (D1)**

$$a1 = 0,411$$

$$SN1 = 0,76$$

$$SN1 = a1 * D1$$

$$D1 = \frac{SN1}{a1}$$

$$D1 = \frac{0,76}{0,411}$$

$$D1 = 1,85 \text{ (in)}$$

$$D1 = 4.69 \text{ (cm)}$$

$$D1_{\text{aprox.}} = 5 \text{ (cm)}$$

$$D1_{\text{aprox.}} = 1.97 \text{ (in)}$$

Se tomará el nuevo valor  $D1_{\text{aprox.}} = 1.97 \text{ (in)}$  para corregir el número estructural:

$$SN1_{\text{corr.}} = a1 * D1$$

$$SN1_{\text{corr.}} = 0,411 * 1,97$$

$$SN1_{\text{corr.}} = 0,80$$

Verificación:

$$SN1_{\text{corr.}} > SN1$$

$$0,80 > 0,76$$

Cumple con el diseño

- **Espesor para la Base Granular Tipo 4**

$$SN2 = 2,40$$

$$m2 = 1,10$$

$$a_2 = 0,137$$

$$SN_2 = a_2 * D_2 * m_2$$

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_{1corr.}}{a_2 * m_2}$$

$$D_2 = \frac{2,40 - 0,80}{0,137 * 1,10}$$

$$D_2 = 10,62 \text{ (in)}$$

$$D_2 = 26,97 \text{ (cm)}$$

$$D_{2aprox.} = 28 \text{ (cm)}$$

$$D_{2aprox.} = 11,02 \text{ (in)}$$

Se tomará el nuevo valor  $D_{2aprox.} = 11,02 \text{ (in)}$  para corregir el número estructural:

$$SN_{2corr.} = a_2 * D_2 * m_2$$

$$SN_{2corr.} = 0,137 * 11,02 * 1,10$$

$$SN_{2corr.} = 1,66$$

Verificación:

$$SN_{1corr.} + SN_{2corr.} > SN_2$$

$$0,80 + 1,66 > 2,40$$

$$2,46 > 2,40$$

Cumple con el diseño

- Espesor subbase granular clase 3 ( $D_3$ )

$$SN_3 = 3,08$$

$$m_3 = 1,00$$

$$a_3 = 0,11$$

$$SN_3 = a_3 * D_3 * m_3$$

$$D_3 = \frac{SN_3 - SN_{2corr.}}{a_3 * m_3}$$

$$D_3 = \frac{3,08 - 2,46}{0,11 * 1,00}$$

$$D_3 = 5,64 \text{ (in)}$$

$$D_3 = 14,33 \text{ (cm)}$$

$$D_{3aprox.} = 15 \text{ (cm)}$$

$$D_{3aprox.} = 5,90 \text{ (in)}$$

Se tomará el nuevo valor  $D_{3aprox.} = 5,90$  (in) para corregir el número estructural:

$$SN_{3corr.} = a_3 * D_3 * m_3$$

$$SN_{3corr.} = 0,11 * 5,90 * 1,00$$

$$SN_{3corr.} = 0,649$$

Verificación

$$SN_{1corr.} + SN_{2corr.} + SN_{3corr.} > SN_3$$

$$0,80 + 1,66 + 0,649 > 3,08$$

$$3,11 > 3,08$$

Cumple con el diseño

$$SN_{Estructural} = 3,11$$

### 6.7. Verificación y resumen de los espesores para cada capa del pavimento flexible.

El número estructural obtenido debe cumplir la condición de que el número estructural  $SN_{tránsito}$  sea menor o igual al número estructural  $SN_{estructural}$ , es decir:

$$SN_{\text{estructural}} = 3,11$$

$$SN_{\text{transito}} = 2,75$$

$$SN_{\text{transito}} \leq SN_{\text{estructural}}$$

$$2,75 \leq 3,11 \text{ si cumple}$$

Debido a que el espesor de la carpeta asfáltica es muy pequeño y no cumple con la normativa AASHTO-93 de los espesores mínimos, hemos optado por cambiar los espesores de las capas hasta que se ajuste para abaratar costos en el diseño de esta estructura como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 59.**

*Cálculo de diámetros de las capas del pavimento.*

CAPA	SNi	Ai	mi	Diámetros de calculo			Diámetros ajustados		
				D1 (cm)	D1 (in)	Sn1	D2 (cm)	D2 (in)	Sn2
CARPETA ASFÁLTICA	0,76	0,411	1	5	1,97	0,81	<b>9</b>	3,54	1,46
BASE	2,47	0,137	1,1	28	11,02	1,66	<b>16</b>	6,30	0,95
SUB-BASE	3,08	0,11	1	15	5,91	0,65	<b>15</b>	5,91	0,65
						SN <sub>es</sub> t	3,1 2	SN <sub>estr.</sub> <b>3,06</b>	
								SN <sub>tran</sub> <b>2,750</b>	

**Nota.** Se detalla el cálculo de los espesores iniciales y el ajuste para un correcto diseño estructural del pavimento. Elaborado por: Los Autores.

$$SN_{\text{transito}} \leq SN_{\text{estructural}}$$

$$2,750 \leq 3,06 \text{ si cumple}$$

**Tabla 60.**

*Resultados de los espesores de las capas del pavimento.*

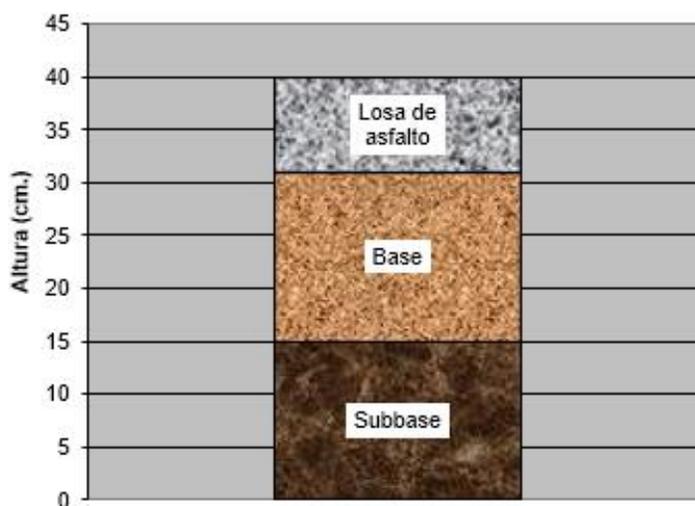
CAPA	DIÁMETRO (cm)
CARPETA ASFÁLTICA	9
BASE	16
SUB-BASE	15

*Nota.* Se detalla los espesores ajustados para cada capa de la estructura del pavimento.

Elaborado por: Los Autores.

**Figura 24.**

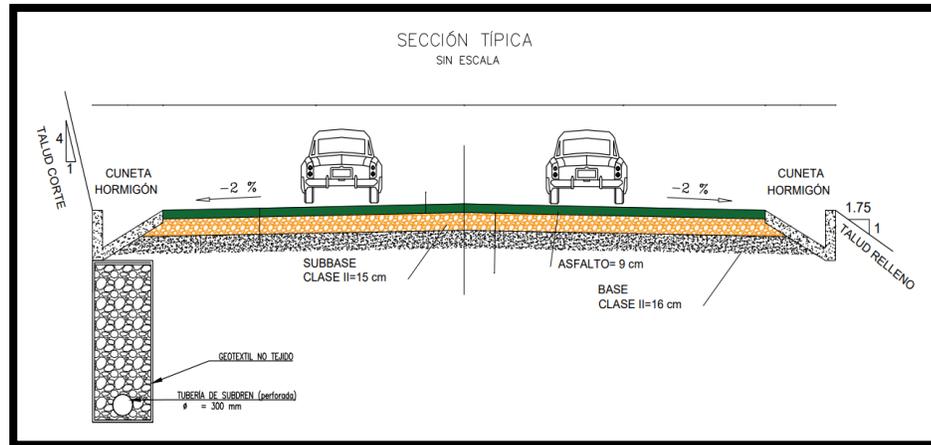
*Distribución de alturas.*



*Nota.* Se observa el diseño estructural del pavimento flexible con sus espesores correspondientes. Elaborado por: Los Autores.

**Figura 25.**

*Sección típica de la vía en ambos carriles.*



*Nota.* Gráfica de la sección de la vía con sus espesores en su estructura, sistema de drenajes.

Elaborado por: Los autores.

## **CAPÍTULO VII**

### **DISEÑO HIDRÁULICO**

#### **7.1. Antecedentes**

Una buena red vial se caracteriza por presentar una adecuada estructura en su pavimento, una correcta señalética, peraltes correctos, pero también y algo de vital importancia es un buen diseño hidráulico y de drenajes, cuya finalidad será evacuar el agua acumulada por efectos de precipitaciones y escorrentía todo esto con el fin de garantizar la serviciabilidad que tendrá la vía.

Las precipitaciones en los últimos años nos han traído varios eventos de inundaciones, y deslizamientos, además colapso de alcantarillas, sin duda son un grave problema el cual causa un sin número de eventualidades.

Para el diseño de sistemas de drenaje este estudio se centrará en los criterios y parámetros de diseño, como parte del modelo de flujo de sedimentos, en taludes, quebradas, esteros y canales que afectan directa o indirectamente la vía, pero también se debería tener en cuenta que se puede prevenir ciertos hechos, como son limpieza de cunetas, adecuado manejo de basura, limpieza de terreno, etc.

#### **7.2. Evaluación y diagnóstico del sistema de drenaje vial existente**

Debido a que la calle actualmente está operativa y a la espera de una intervención, para esto es importante saber el estado de las alcantarillas, cunetas, trampa de sólidos, para tener una perspectiva de que obras se mantendrán sin modificaciones, cuáles serán removidas, extendidas, reemplazadas, reparadas o cerradas. Durante la inspección del tramo de 1.3 km se observó la presencia de cunetas taponadas, alcantarillas en mal estado y mucha presencia de vegetación en las veredas.

### **7.3. Recopilación de información existente**

Para obtener la información con referencia a los antecedentes hidrológicos, nos basaremos en mapas topográficos publicados por el IGM, esta información se la usará para determinar los límites de las cuencas hidrográficas y en base a esto obtener los datos geográficos e hidrometeorológicos.

Para la investigación hidrológica es importante establecer los problemas que se tienen en la actualidad, se deberá hacer un estudio de lluvias intensas con datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

El objetivo en este capítulo es diseñar el drenaje y determinar el tamaño de las alcantarillas y su ubicación donde sean necesarias y otros elementos de drenaje en función de las características físicas, geográficas, morfológicas e hidrometeorológicas del terreno y el tiempo para obtener parámetros hidrológicos e hidráulicos adecuados. ubicar y diseñar obras de drenaje en condiciones seguras.

### **7.4. Estudio de cuencas hidrográficas**

Una cuenca hidrográfica está formada por un río principal, el cual es un curso importante de agua que desemboca directamente en el mar, los afluentes que desaguan en el río principal se llama afluentes de primer orden y las subdivisiones siguientes reciben los nombres de segundo y tercer orden.

Cada cuenca está separada de las que le rodean por una línea divisoria de las aguas, que se traza en un plano con curvas de nivel, según las líneas de máximas alturas que bordean la cuenca, se define así la cuenca hidrográfica que puede, a veces, diferir de la cuenca hidrogeológica. La primera se define a la que tiene una salida única para su escorrentía superficial y, la segunda a la unidad fisiográfica que contiene un gran acuífero o

varios conectados o interrelacionados, cuyas aguas fluyen a un desagüe común y está limitado por una división de aguas subterráneas (Ministerio del Ambiente, 2002, pág. 4).

En el país se ha distribuido las unidades hidrográficas con el afán de gestionar los recursos naturales en general y los recursos hídricos en particular.

Para formar la base para la gestión racional de los recursos naturales a nivel nacional y transfronterizo, es necesario cartografiar las unidades hidrológicas de acuerdo con un sistema estándar para la designación y codificación de unidades hidrológicas en la literatura nacional y continental, como se muestra en la tabla #34

**Tabla 61.**

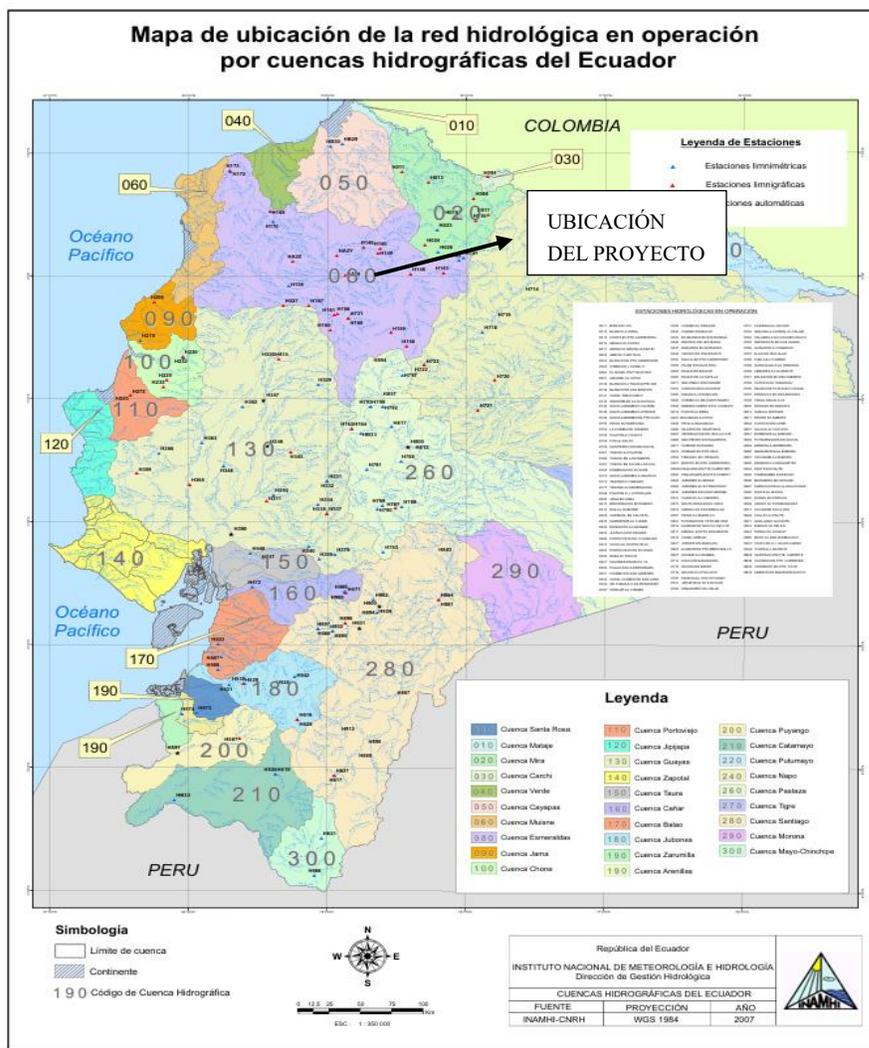
*Niveles de unidades Geográficas*

<b>DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS EN EL ECUADOR</b>					
<b>REGIÓN HIDROGRÁFICA</b>	<b>Unidades Hidrográficas</b>				
	<b>Nivel</b>	<b>Nivel</b>	<b>Nivel</b>	<b>Nivel</b>	<b>Nivel</b>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
REGIÓN HIDROGRÁFICA 1	1	3	16	117	711
REGIÓN HIDROGRÁFICA AMAZONAS 4	1	1	2	6	23
TOTAL	2	4	18	123	734

*Nota.* Tabla de distribución unidades hidrográficas. Elaborado por: Los autores con Fuente: SENAGUA

**Figura 26.**

*Mapa Hidrológico por cuencas hidrográficas del Ecuador.*



*Nota.* Mapa de la red hidrológica del Ecuador. Elaborador por: Los autores. Fuente: (INAMHI, 2019). Elaborado por: Los Autores.

### 7.5. Hidrología (descripción de las microcuencas del sector)

Para realizar el análisis hidrológico de la plataforma vial sobre la calle “línea férrea” entre los barrios El Madrigal y San José de Monjas, se utilizó las coordenadas



**Tabla 62.***Zonificación de intensidades.*

ZONA	DURACIÓN	ECUACIÓN
1	5 min. < 130 min.	$I_{TR} = 47.926 t^{-0.3387} Id_{TR}$
	130 min. < 1440 min.	$I_{TR} = 787.57 t^{-0.9154} Id_{TR}$
2	5 min. < 30 min.	$I_{TR} = 19.305 t^{-0.1332} Id_{TR}$
	30 min. < 1440 min.	$I_{TR} = 115.4 t^{-0.6546} Id_{TR}$
3	5 min. < 90 min.	$I_{TR} = 53.369 t^{-0.3278} Id_{TR}$
	90 min. < 1440 min.	$I_{TR} = 639.52 t^{-0.8838} Id_{TR}$
4	5 min. < 20 min.	$I_{TR} = 56.507 t^{-0.2694} Id_{TR}$
	20 min. < 1440 min.	$I_{TR} = 247.71 t^{-0.7621} Id_{TR}$
5	5 min. < 40 min.	$I_{TR} = 54.719 t^{-0.3875} Id_{TR}$
	40 min. < 1440 min.	$I_{TR} = 197.81 t^{-0.7378} Id_{TR}$
6	5 min. < 120 min.	$I_{TR} = 57.598 t^{-0.4267} Id_{TR}$
	120 min. < 1440 min.	$I_{TR} = 344.08 t^{-0.7982} Id_{TR}$
7	5 min. < 60 min.	$I_{TR} = 97.055 t^{-0.403} Id_{TR}$
	60 min. < 1440 min.	$I_{TR} = 869.87 t^{-0.9346} Id_{TR}$
8	5 min. < 30 min.	$I_{TR} = 80.068 t^{-0.3683} Id_{TR}$
	30 min. < 1440 min.	$I_{TR} = 351.73 t^{-0.7977} Id_{TR}$
9	5 min. < 116 min.	$I_{TR} = 40.035 t^{-0.341} Id_{TR}$
	116 min. < 1440 min.	$I_{TR} = 355.49 t^{-0.8043} Id_{TR}$
10	5 min. < 88 min.	$I_{TR} = 40.414 t^{-0.3124} Id_{TR}$
	88 min. < 1440 min.	$I_{TR} = 356.17 t^{-0.8009} Id_{TR}$
11	5 min. < 60 min.	$I_{TR} = 137.27 t^{-0.5153} Id_{TR}$
	60 min. < 1440 min.	$I_{TR} = 578.56 t^{-0.8736} Id_{TR}$
12	5 min. < 50 min.	$I_{TR} = 138.01 t^{-0.4882} Id_{TR}$
	50 min. < 1440 min.	$I_{TR} = 674.13 t^{-0.8935} Id_{TR}$
13	5 min. < 36 min.	$I_{TR} = 76.96 t^{-0.2953} Id_{TR}$

*Nota.* Tabla de zonificación de intensidades. Fuente: (INAMHI, 2019). Elaborado por: Los Autores.

Con los valores de esta tabla se obtendrán las ecuaciones representativas para el cálculo de la intensidad, elegimos la zona 12 con sus respectivas ecuaciones.

**Tabla 63.**

Zona #12.

ZONA	DURACIÓN	ECUACIÓN
12	5min<50min	$I_{TR} = 138.01 * Id_{TR} * t^{-0.4882}$
	50min<1440min	$I_{TR} = 674.13 * Id_{TR} * t^{-0.8935}$

*Nota.* Tabla de zonificación de intensidades. Fuente: (INAMHI, 2019). Elaborado por: Los autores.

Donde:

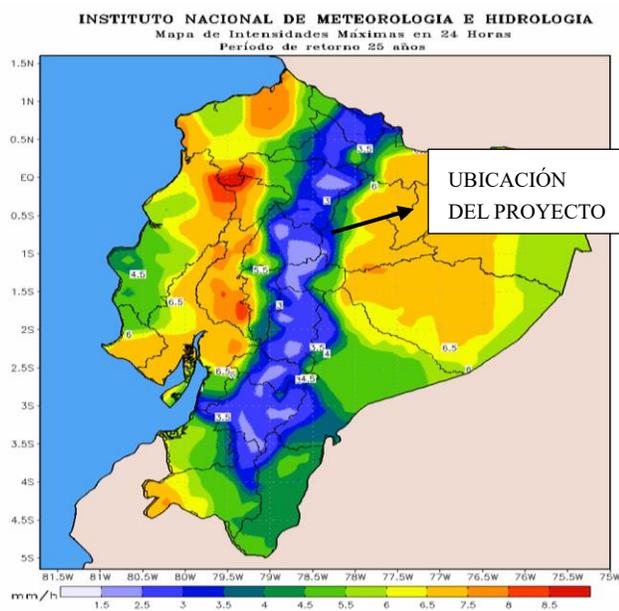
**ITR** = intensidad de precipitación para cualquier periodo de retorno en mm/h

**IdTR** = intensidad diaria para un periodo de retorno dado mm/h

**t** = tiempo de duración de la lluvia en minutos o tiempo de concentración

**Figura 28.**

*Mapa de Intensidades máximas en 24 horas.*



*Nota.* Intensidades máximas que se presentara en un día y periodo de retorno de 25 años.

Fuente: (INAMHI, 2019) Elaborado por: Los autores.

Este gráfico se utilizó tomando en cuenta el periodo de retorno  $TR = 25$  años, en estas isolíneas y con la ubicación de las coordenadas, se escogió la isolínea más cercana dándonos un valor de  **$I_dTR = 2.6 \text{ mm/h}$** .

Para obtener el tiempo de concentración total, se calculó el tiempo de concentración en la calzada y el tiempo de concentración en el talud, para definir el tiempo de concentración tanto para la calzada como para el talud, se aplicó la siguiente fórmula empírica en minutos:

$$Tc = 0.0195 \times \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$

L = longitud del área de drenaje en metros

H = desnivel entre el extremo de la cuenca y el punto de descarga en metros.

Tc = tiempo de concentración o de duración (min).

El tiempo de concentración es el tiempo que se demora una partícula de agua en llegar desde la parte más alejada hasta el punto donde va a recogerse.

Para calcular el Tc en la calzada, se utilizó la longitud del área de drenaje (L) de acuerdo con la distancia que se van a colocar las alcantarillas, es decir en el perfil vertical se ubicó las abscisas entre una alcantarilla y otra, de igual manera se utilizó del perfil vertical el desnivel (H) entre una alcantarilla o la parte más alta del eje del proyecto y otra alcantarilla; hay que recordar que se deben colocar por lo menos 4 alcantarillas por Km.

Para calcular el Tc en el talud, se utilizó la longitud del área de drenaje (L) en planta, desde el eje de la vía hacia el talud de acuerdo con la distancia que se vaya a drenar, de igual manera se ubicó el desnivel (H) entre la parte más alta del talud y el eje de la vía.

Para calcular el Tc total, se sumó el Tc en la calzada más el Tc en el talud. El valor de Tc es muy pequeño debido a que la cuenca es pequeña, por este motivo se escogió el tiempo de concentración mínimo que es de 5 min., entonces se utilizó la ecuación para calcular la intensidad (ITR) para un tiempo de concentración de  $5\text{min} < 50\text{ min.}$ , que es:

$$ITR = 138.01 \times IdTR \times t^{-0.4882}$$

**t** = tiempo de concentración (min.).

**ITR** = intensidad de precipitación para cualquier periodo de retorno en mm/h.

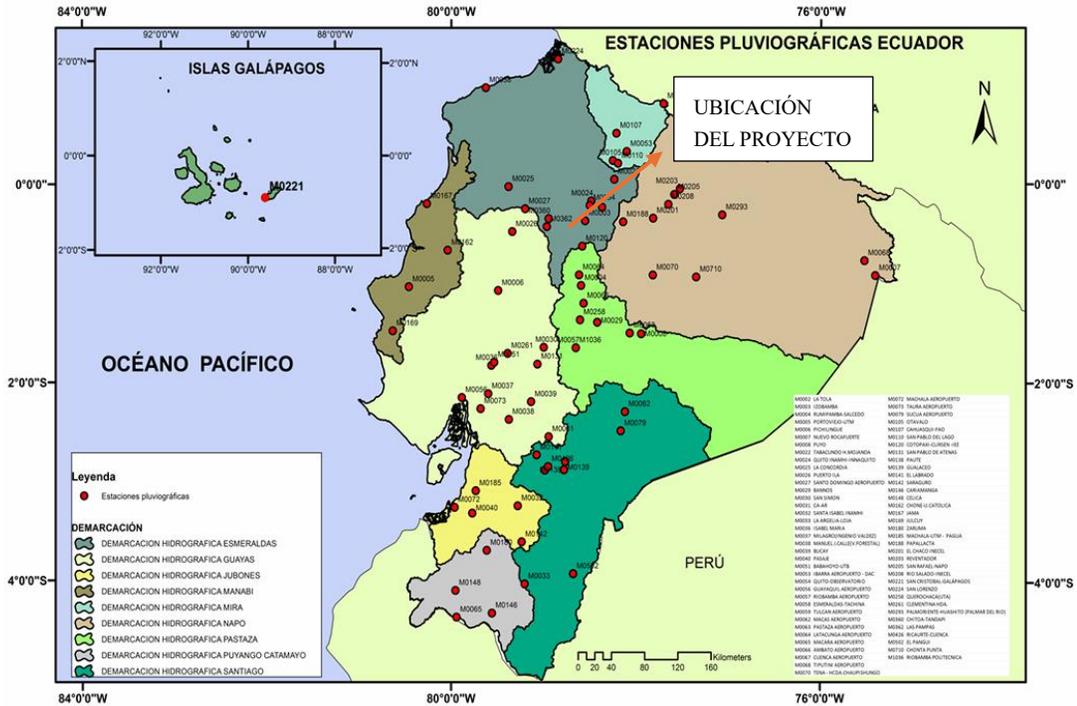
El análisis hidrológico de la propuesta vial, en cada uno de los tramos a diseñarse, es decir entre alcantarilla y alcantarilla, en un periodo de retorno de 25 años, se obtuvo una intensidad diferente para cada tramo, este valor sirvió para calcular el caudal probable y compararlo con el caudal de diseño.

#### **7.6.Estaciones meteorológicas**

La Dirección de recursos hídricos y gestión Ambiental del Gobierno Nacional, junto con el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y la secretaria nacional de Agua (SENAGUA) cuentan con las siguientes estaciones meteorológicas aledañas al proyecto.

**Figura 29.**

**Mapa de Estaciones Pluviográficas en Ecuador.**



*Nota.* Mapa de la ubicación donde estarán las estaciones Pluviográficas cerca al proyecto.

Fuente: (INAMHI, 2019). Elaborado por: Los autores.

Para nuestro proyecto la estación más cercana es la numero M0054 Estación Quito-Observatorio.

## 7.7. Cálculo de caudales de Diseño

### 7.7.1. Cálculo del caudal probable

El caudal probable es el máximo caudal que puede existir en un periodo de retorno dado, para la propuesta de vía el periodo de retorno es de 25 años y se calculó con la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Q = caudal m<sup>3</sup>/seg.

C = coeficiente de escorrentía.

ITR = intensidad para un periodo de retorno de 25 años

A = área a drenarse

Para escoger el coeficiente de escorrentía, se tomó en cuenta el tipo del suelo semipermeable de acuerdo con los análisis de suelos, con la cobertura vegetal correspondiente a -bosques densa vegetación-, de acuerdo con la vegetación existente en el sector del proyecto vial y su pendiente suave de acuerdo con el alineamiento vertical.

**Tabla 64.**

*Valores para calcular el coeficiente de escorrentía C.*

COBERTUR A DEL SUELO	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DE TERRENO PRONUNCIADA	PENDIENT E DE TERRENO ALTA	PENDIENT E DE TERRENO MEDIA	PENDIENT E DE TERRENO SUAVE	PENDIENTE DE TERRENO CON PENDIENTES DESPRECIABLE S
		> 50	20-50	5-20	1-5	0-1
Sin Vegetación	Impermeable	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6
	Semipermeabl e	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Permeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
Cultivos	Impermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Semipermeabl e	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Permeable	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2
Pastos, Vegetación Ligera	Impermeable	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45
	Semipermeabl e	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Permeable	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15
Hierba	Impermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Semipermeabl e	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
	Permeable	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1
Bosque, vegetación densa	Impermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Semipermeabl e	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25
	Permeable	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05

*Nota.* Tabla para calcular el coeficiente de escorrentía. Fuente: MTC-PERU 2012 Elaborado por: Los autores.

**Tabla 65.**

*Coefficiente de escorrentía para zonas urbanas y rurales.*

<i>Tipo de Terreno</i>	<i>Coefficiente de escorrentía</i>
Pavimentos de adoquín	0,50 – 0,70
Pavimentos asfálticos	0,70 – 0,95
Pavimentos en concreto	0,80 – 0,95
Suelo arenoso con vegetación y pendiente 2% - 7%	0,15 – 0,20
Suelo arcilloso con pasto y pendiente 2% - 7%	0,25 – 0,65
Zonas de cultivo	0,20 – 0,40

*Nota.* Tabla para el coeficiente de escorrentía C. Fuente: Nevi-12. Elaborado por: Los autores

Un tema para tener en cuenta es que el caudal probable debe ser menor que el caudal de diseño, caso contrario cuando fluya el caudal probable por la cuneta se desbordaría.

### **7.8.Cálculo del caudal de diseño**

Para realizar el cálculo de diseño, debemos primero saber qué forma tendrá nuestro canal, dado que pueden ser: rectangulares, trapezoidales, triangulares todos estos sirven para transportar el agua por el canal sin presión, es decir que siempre existirá una superficie libre en la cual actúa la presión atmosférica local.

Para el diseño también se debe tener en cuenta varios datos que son importantes, como son los coeficientes de rugosidad de la tubería, la pendiente entre tramo y tramo, el área y perímetro mojados.

Para calcular el caudal de diseño en una sección triangular se utilizó los siguientes datos:

- Coeficiente de rugosidad (hormigón)  $n = 0.013$
- Calado impuesto  $d = 0.30$  m
- Altura de la alcantarilla impuesta  $h = 0.40$  m

Las ecuaciones que se utilizaron son:

$$R = \frac{A}{P}$$

$$Q = \frac{A}{n} x R^{\frac{2}{3}} x J^{\frac{1}{2}}$$

### **7.9.Drenaje Longitudinal**

En lo que se refiere al drenaje longitudinal se van a proyectar cunetas laterales a un costado de la calzada a lo largo de los 1.3km además de zanjas laterales de ser necesario, cunetas de coronación.

Las cunetas laterales son canales abiertos que están a lo largo de la carretera, generalmente paralelos a ella, están diseñados para llevar los escurrimientos debido a las precipitaciones, es decir recolectar toda el agua que cae y dirigirla hacia una alcantarilla.

### **7.10. Sección y tipo de cunetas**

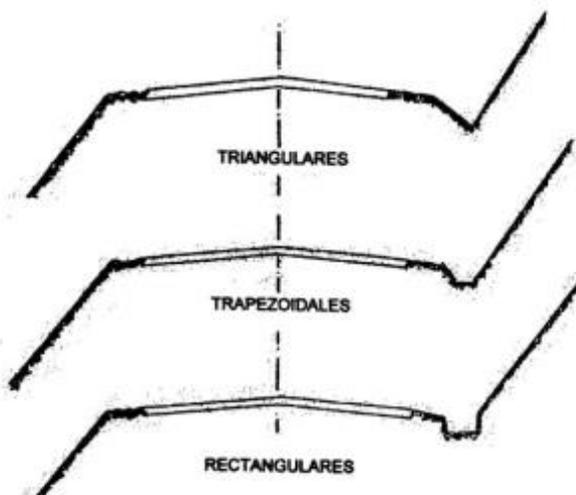
Las cunetas juegan un papel fundamental en nuestras carreteras, aunque a menudo pasen desapercibidas y no se las tome en cuenta. Son esenciales para recoger y canalizar el agua de lluvia, evitando que se acumule y cause daños a la carretera.

Existen varios tipos de cunetas, cada una diseñada para diferentes condiciones del terreno y necesidades específicas, cada tipo de cuneta tiene sus ventajas y se elige según el volumen de agua esperado, el tipo de suelo, la topografía del terreno, las condiciones climáticas y la ubicación en la vía.

Diseñar e implementar adecuadamente las cunetas es crucial para garantizar la durabilidad y la seguridad de nuestras carreteras, a continuación, en la Figura 30, se presentan algunos tipos de cuneta.

## Figura 30.

*Secciones típicas de cunetas.*



*Nota.* Tipos de secciones típicas de cunetas. Fuente: (MOP, 2003)

### 7.10.1. Cunetas triangulares

El uso de cunetas triangulares es generalizado, posiblemente, por su facilidad de construcción y mantenimiento; aunque dependiendo del área hidráulica requerida. En las secciones triangulares se recomienda que el talud hacia la vía tenga como mínimo 3:1, preferentemente 4:1 y del lado del corte seguirá sensiblemente la inclinación del talud de este; considerando, para el caso, una lámina de agua no mayor a 30 cm (MOP, 2003, pág. 256).

### 7.11. Diseño de cunetas

Para el diseño de cunetas se tomó en cuenta el principio de flujo con movimiento uniforme, en otras palabras, quiere decir que el calado se mantiene uniforme a lo largo de la cuneta, también decir que la sección típica que se utilizó para los diferentes tramos varía solamente en las dimensiones de B1 y B2 porque la altura de la cuneta se impuso de 0.40 m y

un calado de 0.30 m, con estos datos y aplicando las fórmulas se realiza el cálculo de las dimensiones de la cuneta, como lo muestra la Tabla 66.

**Tabla 66.**

*Dimensiones Cuneta Línea Férrea.*

TRAMO	ABSCISA		LONGITUD m	BASE B1	BASE B2	CALADO m	H. CUNETAS m
	Inicio	Final					
<b>I</b>	0	242.892	242.892	0.2	0.5	0.3	0.4
<b>II</b>	242.892	573.015	330.123	0.2	0.5	0.3	0.4
<b>III</b>	573.015	818.489	245.474	0.2	0.5	0.3	0.4
<b>IX</b>	818.489	1032.223	213.734	0.2	0.5	0.3	0.4
<b>X</b>	1032.223	1232.223	200	0.2	0.5	0.3	0.4
<b>XI</b>	1232.223	1318.223	86	0.2	0.5	0.3	0.4

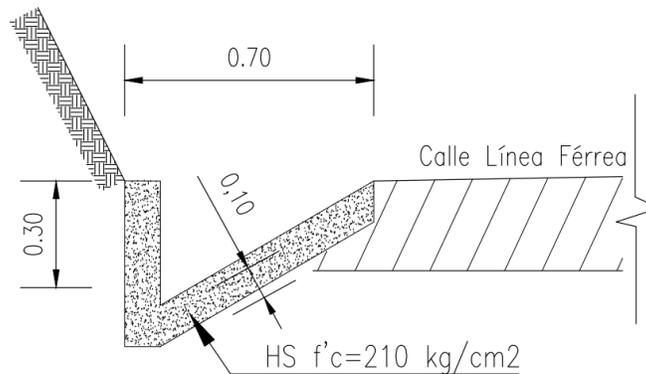
*Nota.* Tabla de resumen con dimensiones de las cunetas para los diferentes tramos. Elaborado por: Los autores.

Una vez realizados los cálculos para el diseño de las cunetas a lo largo de la calle “Línea Férrea” procedemos a realizar el dibujo con las dimensiones que tendrá la cuneta, así como se puede observar en la Figura 31.

La hoja de cálculo con la que se diseñaron las cunetas más a detalle se encuentra en el Anexo #5 de este trabajo.

**Figura 31.**

*Dimensiones para cuneta Calle Línea Férrea.*



## **CUNETA EN CORTE**

ESCALA\_ 1: 25

*Nota.* Diseño de cuneta con sus dimensiones. Elaborado por: los autores

### **7.12. Diseño de drenaje y alcantarillas transversales.**

El diseño de alcantarillas deberá realizarse en función de las características de la cuenca hidráulica a ser drenada y de la carretera a la que prestará servicio.

Como los sistemas de drenaje inciden en los costos de conservación y mantenimiento de las carreteras, es necesario que las alcantarillas sean proyectadas considerando que su funcionamiento deberá estar acorde con las limitaciones impuestas por los sistemas de conservación y métodos de mantenimiento.

Las alcantarillas son conductos cerrados, de forma diversa, que se instalan o construyen transversales y por debajo del nivel de subrasante de una carretera, con el objeto de conducir, hacia cauces naturales, el agua de lluvia proveniente de pequeñas cuencas hidrográficas, arroyos o esteros, canales de riego, cunetas y/o del escurrimiento superficial de la carretera.

De acuerdo con las condiciones topográficas del corredor de la carretera, se puede considerar que las alcantarillas servirán para drenar: planicies de inundación o zonas inundables, cuencas pequeñas definidas o para coleccionar aguas provenientes de cunetas (MOP, NORMA PARA ESTUDIOS DE CARRETERAS Y DISEÑOS VIALES, 2003, pág. 279).

Para el diseño de la alcantarilla se usaron las tablas de THORMANN-FRANKE, y usando las siguientes ecuaciones:

$$\# = \frac{Q'}{Q_{Lleno}}$$

Donde:

Q': caudal de la cuneta que irá a la alcantarilla

Q<sub>Lleno</sub>: caudal de la alcantarilla a flujo lleno

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{\frac{2}{3}} \times J^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

n: coeficiente de rugosidad

J: pendiente de la alcantarilla

A: Área

R: radio

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Donde:

A: Área

D: diámetro

$$R = \frac{D}{4}$$

Donde:

R: Radio

D: diámetro

$$Q_{Lleno} = A * V$$

Donde:

A: Área

V: velocidad

**TABLA DE THORMANN-FRANKE**

Q/Q'	h/D	V'/V	Q/Q'	h/D	V'/V	Q/Q'	h/D	V'/V
0.001	0.023	0.17	0.075	0.182	0.60	0.490	0.494	1.00
0.002	0.032	0.21	0.076	0.183	0.60	0.500	0.500	1.00
0.003	0.038	0.24	0.077	0.185	0.61	0.510	0.506	1.00
0.004	0.044	0.26	0.078	0.186	0.61	0.520	0.512	1.01
0.005	0.049	0.28	0.079	0.187	0.61	0.530	0.519	1.01
0.006	0.053	0.29	0.080	0.188	0.61	0.540	0.525	1.02
0.007	0.057	0.30	0.081	0.189	0.62	0.550	0.531	1.02
0.008	0.061	0.32	0.082	0.191	0.62	0.560	0.537	1.02
0.009	0.065	0.33	0.083	0.192	0.62	0.570	0.543	1.03
0.010	0.068	0.34	0.084	0.193	0.62	0.580	0.550	1.03
0.011	0.071	0.35	0.085	0.194	0.62	0.590	0.556	1.03
0.012	0.074	0.36	0.086	0.195	0.63	0.600	0.562	1.04
0.013	0.077	0.36	0.087	0.196	0.63	0.610	0.568	1.04
0.014	0.080	0.37	0.088	0.197	0.63	0.620	0.575	1.04
0.015	0.083	0.38	0.089	0.199	0.63	0.630	0.581	1.05
0.016	0.086	0.39	0.090	0.200	0.63	0.640	0.587	1.05
0.017	0.088	0.39	0.091	0.201	0.64	0.650	0.594	1.05
0.018	0.091	0.40	0.092	0.202	0.64	0.660	0.600	1.05
0.019	0.093	0.41	0.093	0.203	0.64	0.670	0.607	1.06
0.020	0.095	0.41	0.094	0.204	0.64	0.680	0.613	1.06
0.021	0.098	0.42	0.095	0.205	0.64	0.690	0.620	1.06
0.022	0.100	0.42	0.096	0.206	0.65	0.700	0.626	1.06
0.023	0.102	0.43	0.097	0.207	0.65	0.710	0.633	1.06
0.024	0.104	0.43	0.098	0.208	0.65	0.720	0.640	1.07
0.025	0.106	0.44	0.099	0.210	0.65	0.730	0.646	1.07
0.026	0.108	0.45	0.100	0.211	0.65	0.740	0.653	1.07
0.027	0.110	0.45	0.105	0.216	0.66	0.750	0.660	1.07
0.028	0.112	0.45	0.110	0.221	0.67	0.760	0.667	1.07
0.029	0.114	0.46	0.115	0.226	0.68	0.770	0.675	1.07
0.030	0.116	0.46	0.120	0.231	0.69	0.775	0.682	1.07
0.031	0.118	0.47	0.125	0.236	0.69	0.780	0.682	1.07
0.032	0.120	0.47	0.130	0.241	0.70	0.790	0.689	1.07
0.033	0.122	0.48	0.135	0.245	0.71	0.800	0.697	1.07
0.034	0.123	0.48	0.140	0.250	0.72	0.805	0.701	1.08
0.035	0.125	0.48	0.145	0.254	0.72	0.810	0.705	1.08
0.036	0.127	0.49	0.150	0.259	0.73	0.815	0.709	1.08
0.037	0.129	0.49	0.155	0.263	0.74	0.820	0.713	1.08
0.038	0.130	0.50	0.160	0.268	0.74	0.825	0.717	1.08
0.039	0.132	0.50	0.165	0.272	0.75	0.830	0.721	1.08
0.040	0.134	0.50	0.170	0.276	0.76	0.835	0.725	1.08
0.041	0.135	0.51	0.175	0.281	0.76	0.840	0.729	1.07
0.042	0.137	0.51	0.180	0.285	0.77	0.845	0.734	1.07
0.043	0.138	0.51	0.185	0.289	0.77	0.850	0.738	1.07
0.044	0.140	0.52	0.190	0.293	0.78	0.855	0.742	1.07
0.045	0.141	0.52	0.195	0.297	0.78	0.860	0.747	1.07
0.046	0.143	0.52	0.200	0.301	0.79	0.865	0.751	1.07
0.047	0.145	0.53	0.210	0.309	0.80	0.870	0.756	1.07
0.048	0.146	0.53	0.220	0.316	0.81	0.875	0.761	1.07
0.049	0.148	0.53	0.230	0.324	0.82	0.880	0.766	1.07
0.050	0.149	0.54	0.240	0.331	0.83	0.885	0.777	1.07
0.051	0.151	0.54	0.250	0.339	0.84	0.890	0.775	1.07
0.052	0.152	0.54	0.260	0.346	0.85	0.895	0.781	1.07
0.053	0.153	0.55	0.270	0.353	0.86	0.900	0.786	1.07
0.054	0.155	0.55	0.280	0.360	0.86	0.905	0.791	1.07
0.055	0.156	0.55	0.290	0.367	0.87	0.910	0.797	1.07
0.056	0.158	0.55	0.300	0.374	0.88	0.915	0.802	1.06
0.057	0.159	0.56	0.310	0.381	0.89	0.920	0.808	1.06
0.058	0.160	0.56	0.320	0.387	0.89	0.925	0.814	1.06
0.059	0.162	0.56	0.330	0.394	0.90	0.930	0.821	1.06
0.060	0.163	0.57	0.340	0.401	0.91	0.935	0.827	1.06
0.061	0.164	0.57	0.350	0.407	0.92	0.940	0.834	1.05
0.062	0.166	0.57	0.360	0.414	0.92	0.945	0.841	1.05
0.063	0.167	0.57	0.370	0.420	0.93	0.950	0.849	1.05
0.064	0.168	0.58	0.380	0.426	0.93	0.955	0.856	1.05
0.065	0.170	0.58	0.390	0.433	0.94	0.960	0.865	1.04
0.066	0.171	0.58	0.400	0.439	0.95	0.965	0.874	1.04
0.067	0.172	0.58	0.410	0.445	0.95	0.970	0.883	1.04
0.068	0.174	0.59	0.420	0.451	0.96	0.975	0.894	1.03
0.069	0.175	0.59	0.430	0.458	0.96	0.980	0.905	1.03
0.070	0.176	0.59	0.440	0.464	0.97	0.985	0.919	1.02
0.071	0.177	0.59	0.450	0.470	0.97	0.990	0.935	1.02
0.072	0.179	0.59	0.460	0.476	0.98	0.995	0.955	1.01
0.073	0.180	0.60	0.470	0.482	0.99	1.000	1.000	1.00
0.074	0.181	0.60	0.480	0.488	0.99			

El momento de realizar la relación entre  $Q' / Q$  nos dará un valor, el cual entramos a la tabla de THORMANN-FRANKE en la columna de  $Q' / Q$ , luego tomamos los valores que están junto a esta columna,  $h / D$  ( $h$ =calado,  $D$ = diámetro) se iguala al valor obtenido en esta

columna y se puede determinar el calado con el que va a funcionar la alcantarilla, puesto que el diámetro es impuesto, con el criterio que el calado se recomienda que funcione a los dos tercios del diámetro.

De la misma manera se realiza en la tercera columna  $v' / V$ .

- $v'$  = velocidad a la que va a funcionar la alcantarilla
- $V$  = velocidad de la alcantarilla a flujo lleno
- $v' / V$  se iguala al valor y despejando se puede determinar  $v'$ .

La velocidad en la alcantarilla debe cumplir con la siguiente condición:

$$0.5 < v' < 3.6 \text{ existirá sedimentación.}$$

Si el valor de  $v'$  es cercano o menor a 0.5 querrá decir que en la alcantarilla se presentará sedimentación.

Debemos tener en cuenta que el valor de  $v'$  se acerca o sube de 3.6 quiere decir que en la alcantarilla existirá erosión.

**Tabla 67.**

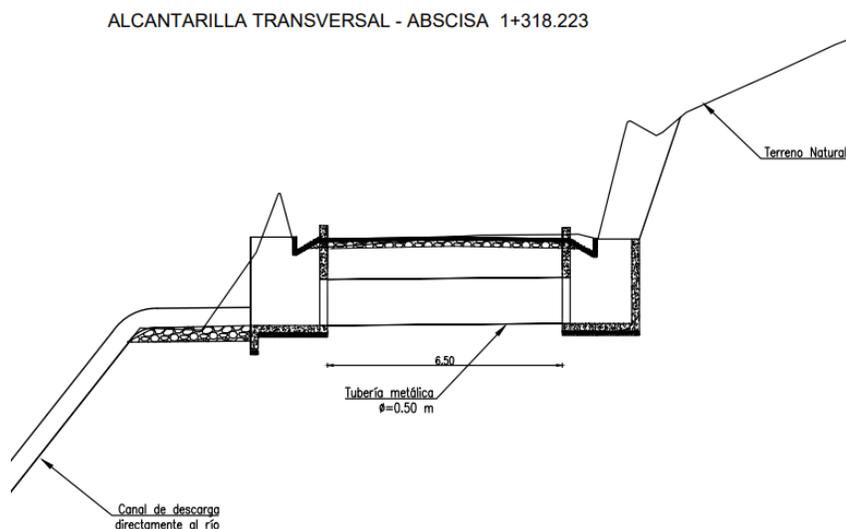
*Resumen de Diseño de alcantarillas para el proyecto Línea Férrea.*

TRAMO	ABSCISA	Diámetro alcantarilla	d	v
		m	m	seg
<b>I</b>	+0.623.02	0.5	0.400	1.089
<b>II</b>	+0.703.54	0.5	0.374	1.550
<b>III</b>	+0.868.29	0.5	0.400	1.202
<b>IX</b>	+1.140.19	0.5	0.500	1.250

*Nota.* Tabla de diseño de alcantarillas en cada abscisa y sus dimensiones. Elaborado por: Los autores

**Figura 32.**

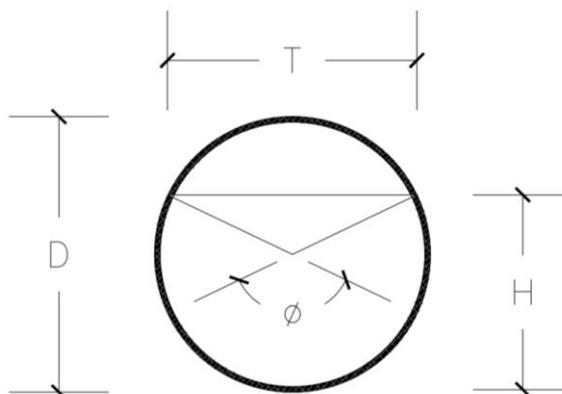
*Alcantarillado Transversal de la Calle.*



*Nota.* Diseño de drenaje transversal que tendrá la vía. Elaborado por: Los autores.

**Figura 33.**

*Sección circular alcantarilla.*



*Nota.* Diseño de alcantarilla transversal. Elaborado por: Los autores.

Los cálculos y valores de todas las dimensiones para los 1318.223 m se encuentran en el anexo al final de esta presentación.

## CAPÍTULO VIII

### SEÑALIZACIÓN VIAL

#### 8.1. Señalización vial

En el presente proyecto surge la necesidad de los conductores de conocer las características del entorno en el que se mueven, como la vía por la que transitan, sus fortalezas y limitaciones, para asegurar que su estancia en este lugar sea lo más segura posible. La misión del uso de señalización se define en tres puntos:

1. **Advertir:** señalar posibles factores de riesgo potenciales.
2. **Informar:** sobre la vigencia de ciertas normas y reglamentos en un tramo específico de la vía.
3. **Orientar:** proporcionar indicaciones previas al usuario sobre la orientación, ubicación y dirección hacia la cual se dirige.

Con el fin de evitar contratiempos en la movilidad vehicular y peatonal, es esencial establecer señalización en las vías de circulación, lo que permite crear orden en el desarrollo diario de la sociedad.

La señalización vial se clasifica en dos tipos:

1. Señalización Vertical
2. Señalización Horizontal

#### 8.2. Señalización Vertical

La señalización vertical se define como el conjunto de elementos diseñados y colocados longitudinalmente en las vías a través de símbolos para advertir, reglamentar o informar a los conductores sobre circunstancias relacionadas con la vía o con el tráfico, también es fundamental que estas señales estén bien diseñadas, sean visibles y se mantengan

adecuadamente para garantizar la seguridad vial. Estas señales deben ser instaladas y colocadas conforme a las normas de Señalización Vertical del INEN.

### 8.3. Clasificación de las señales verticales

La normativa de señalización vertical RTE-INEN-004-1 presenta la clasificación, código y características de las señales, tal como se detalla en la siguiente tabla 68.

**Tabla 68.**

*Normativa para la señalización vertical.*

Señales	Código	Descripción
Regulatoria	R	Regula el movimiento de tránsito e indica cuando se aplica un requerimiento legal.
Preventiva	P	Advierte a los usuarios de las vías, sobre condiciones inesperadas o peligrosas en la vía o sectores adyacentes a la misma.
Información	I	Informan a los usuarios de la vía de las direcciones, distancias, destinos, rutas, ubicación de servicios y puntos de interés turístico.
Especiales delimitadores	D	Delinean al tránsito que se aproxima a un lugar con cambio brusco de la vía, o la presencia de una obstrucción en la misma.
Trabajos en la vía y propósitos especiales	T	Advierten, informan y guían a los usuarios viales a transitar con seguridad sitios de trabajos en las vías y aceras.
Escolares	E	Advierten e informan a los usuarios de las vías de la aproximación a un centro educativo y las prioridades en el uso de estas.
Riesgo	SR	Informar y orientar a la población a través de señalización con amenazas por fenómenos de origen o socio naturales sobre las zonas de amenazas.

*Nota.* Descripción de las normativas vigentes para la señalización vertical. Fuente: INEN-2011

Reglamento Técnico Ecuatoriana Señalización Vial Parte 1. Elaborado por: Los Autores.

## 8.4. Características de las señales verticales

La uniformidad en el diseño de las señaléticas facilita su identificación por parte de los usuarios de la vía. Por ello, se estandarizan la forma, el color y el mensaje, de manera que las diferentes clases de señales sean reconocidas rápidamente.

### 8.4.1. Forma

En el diseño de las señales verticales existen diferentes formas para representar símbolos y textos para advertir e informar a los usuarios sobre peligros, prohibiciones, y orientaciones en la vía como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 69.**

#### *Características de las señales verticales: Forma*

Forma	Descripción
	El octógono se usa exclusivamente para la señal de PARE.
	El triángulo equilátero con un vértice hacia abajo se usa exclusivamente para la señal de CEDA EL PASO.
	El rectángulo con el eje mayor vertical se usa generalmente para señales regulatorias.



El círculo se usa para señales en los cruces de ferrocarril.



El rombo se usa para señales preventivas y trabajos en la vía con pictogramas.



La cruz diagonal amarilla se reserva exclusivamente para indicar la ubicación de un cruce de ferrocarril a nivel.



El rectángulo con el eje mayor horizontal se usa para señales de información y guía; señales para obras en las vías y propósitos especiales.



Escudo se usa para señalar las rutas.



El pentágono se usa para señales en zona escolar.

---

**Nota.** Se presenta las diferentes formas para la señalización vertical de un diseño vial. Fuente: INEN-2011 Reglamento Técnico Ecuatoriana Señalización Vial Parte 1. Elaborado por: Los Autores.

#### 8.4.2. Color

Los colores estandarizados para las señales verticales son los indicados en la tabla y deben cumplir con las especificaciones de las normas correspondientes del INEN o, en su defecto, con las de la norma ASTM D 4956.

**Tabla 70.**

*Características de las señales verticales: Color.*

Color	Uso
<b>ROJO</b>	Se usa como color de fondo en las señales de PARE.
<b>NEGRO</b>	Se usa como color de símbolos, leyendas, y flechas para las señales que tienen fondo blanco, amarillo, verde limón y naranja, en marcas de peligro.
<b>BLANCO</b>	Se usa como color de fondo para la mayoría de las señales regulatorias, delineadores de rutas, nomenclatura de calles y señales informativas.
<b>AMARILLO</b>	Se usa como color de fondo para señales preventivas, señales complementarias de velocidad, distancias y leyendas, señales de riesgo, además en señales especiales delineadoras.
<b>NARANJA</b>	Se usa como color de fondo para señales de trabajos temporales en las vías y para banderolas en CRUCES DE NIÑOS.
<b>VERDE</b>	Se usa como color de fondo para las señales informativas de destino, peajes control de peso y riesgo.
<b>AZUL</b>	Se usa como color de fondo para las señales informativas de servicio, también como color de leyenda y orla en señales direccionales de las mismas.
<b>CAFÉ</b>	Se usa como color de fondo para señales informativas turísticas y ambientales.
<b>VERDE LIMÓN</b>	Se usará para las señales que indican una zona escolar.

**Nota.** Se presenta los diferentes colores para la señalización vertical de un diseño vial. Fuente: INEN-2011 Reglamento Técnico Ecuatoriana Señalización Vial Parte 1. Elaborado por: Los Autores

#### 8.5. Señalización Horizontal

La señalización Horizontal consiste en aplicar marcas viales como:

- Líneas
- Flechas
- Símbolos

- Letras

Que se pintan de color blanco o amarillo sobre un pavimento, o bordillo, así como en las estructuras de las vías de circulación o áreas adyacentes, también se colocan objetos sobre la capa de rodadura con el propósito de regular, canalizar el tránsito y señalar la presencia de obstáculos.

Un buen diseño horizontal debe cumplir con las siguientes condiciones mínimas para alcanzar su objetivo:

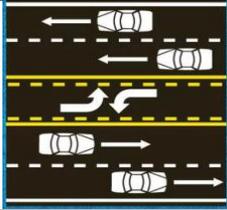
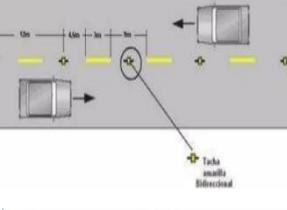
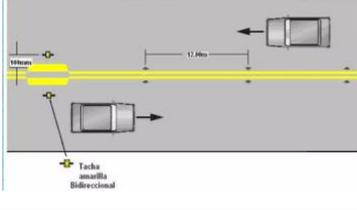
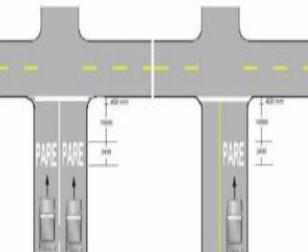
- Debe ser necesaria.
- Debe ser visible.
- Debe ser legible.
- Debe proporcionar tiempo suficiente al usuario para responder adecuadamente.
- Debe infundir respeto.

El Instituto Ecuatoriano De Normalización de Señalización Vial. Parte 2. Nos dice que La señalización horizontal entregará su mensaje a través de líneas, símbolos y leyendas colocados sobre la superficie de la vía. Son señales de gran efecto al estar instaladas en 199 la zona donde los conductores concentran su atención, son percibidas y comprendidas sin que éstos desvíen su visión de la calzada (RTE-INEN-004-2, 2011, pág. 6).

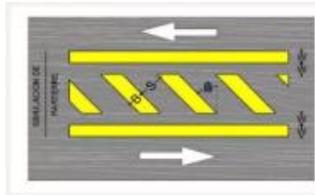
## 8.6. Clasificación de señales horizontales

Tabla 71.

*Clasificación de señales horizontales.*

Señales	Descripción
<b>Líneas longitudinales</b>	 <p>Para delimitar carriles y calzadas, para indicar zonas con y sin estacionamiento y/o estacionar, para delimitar carriles de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos.</p>
<b>Líneas de separación de flujos opuestos</b>	 <p>Líneas bidireccionales para indicar donde se separan los flujos de circulación opuestos.</p>
<b>Líneas de separación de carriles</b>	 <p>Indican la separación de carriles de tráfico y posibilitan un uso más seguro y eficiente de la vía, especialmente en zonas congestionadas.</p>
<b>Líneas de continuidad</b>	 <p>Indican la continuidad de la porción de la vía asignada al tráfico que puede ser cruzada por tráfico que ingresa o sale de un carril auxiliar.</p>
<b>Símbolos y leyendas</b>	<p>Se emplean para indicar al conductor maniobras permitidas, regular la circulación y advertir sobre peligros.</p> 
<b>Señales</b>	<b>Descripción</b>

### Otras señalizaciones



aplican en casos especiales, según su uso y tipo se ve su forma, color y ubicación.

**Nota.** Se detalla un resumen de la clasificación mostrada en la norma RTE.INEN-004-2. Señalización Vial Parte 2. Señalización Horizontal. Elaborado por: Los Autores.

## 8.7. Características de las Señales Horizontales

**Tabla 72.**

*Características de las señales horizontales.*

Característica	Descripción
Mensaje	La señalización horizontal entregara su menaje a través de líneas, símbolos y leyendas colocados sobre la superficie de la vía.
Ubicación	Debe ser tal que garantice al usuario que viaja la velocidad máxima que permite la vía, ver y comprender su mensaje con suficiente tiempo para reaccionar y ejecutar la manera adecuada.
Dimensiones	Dependen de la velocidad máxima de la vía en que se ubican.
Retro reflexión	Deben ser visibles en cualquier periodo del día y bajo toda condición climática, por ello se construirá con materiales apropiados como microesferas de vidrio y deben someterse a procedimientos que aseguren su retro reflexión.
Color	En general son blancas y amarillas. Estos colores deben ser uniformes a lo largo de la señalización.
Contraste	Para la adecuada visibilidad diurna de una señalización se requiere que esta se destaque de la superficie de la vía, por ello se define una relación de contraste mínimo entre la señalización y el pavimento.
Resistencia al deslizamiento	Debe presentar una resistencia al deslizamiento suficiente para que los vehículos circulen sobre ella sin riesgo.

**Nota.** Se detalla un resumen de las características mostrada en la Fuente: (RTE-INEN-004-2, 2011) Elaborado por: Los Autores.

### 8.8. Distancia de visibilidad de rebasamiento en curva horizontal

Según el Instituto Ecuatoriano De Normalización de Señalización Vial. Parte 2.

La distancia de visibilidad de rebasamiento en una curva horizontal es aquella que se mide a lo largo del centro del carril más a la derecha en el sentido de circulación, entre dos puntos que se encuentran 1,10 m sobre la superficie del pavimento, en la línea tangencial al radio interno u otra obstrucción que recorte la visibilidad dentro de la curva (RTE-INEN-004-2, pág. 15). Como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 73.**

*Distancia de visibilidad.*

Velocidad de diseño (km/h)	Velocidad del vehículo a ser rebasado (km/h)	Velocidad de rebasamiento (km/h)	Distancia de visibilidad mínima (m)
30	29	44	217
40	36	51	285
50	44	59	345
60	51	66	407
70	59	74	482
80	65	80	541
90	73	88	605
100	79	94	670
110	85	100	728
120	91	106	792

**Nota.** Se aprecia la distancia de visibilidad, según la AASHTO para autopistas y calles de acuerdo con la velocidad de diseño de nuestro proyecto 80 km/h. Fuente: (RTE-INEN-004-2, 2011). Elaborado por: Los Autores.

## 8.9. Distancia de rebasamiento mínima

**Tabla 74.**

*Distancia de rebasamiento mínima*

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de rebasamiento mínima (m)
30	80
40	110
50	140
60	180
70	240
80	290
90	350
100	430

**Nota.** Se especifican la distancia de rebasamiento mínima según la velocidad de diseño de nuestro proyecto 80 km/h. Fuente: *(RTE-INEN-004-2, 2011)* Elaborado por: Los Autores.

## 8.10. Ubicación de las señaléticas verticales en el proyecto

Para la ubicación de las señales verticales dentro del proyecto lo realizaremos ya con el diseño geométrico finalizado en civil 3D. Los resultados se muestran en la tabla 75.

**Tabla 75.**

*Ubicación de las señaléticas verticales.*

ESQUEMA DE LAS SEÑALES					
Derecha			Izquierda		
ABS	SEÑAL	SIMB.	ABS	SEÑAL	SIMB.
0+010	Velocidad Máxima		1+250	Velocidad Máxima	
1+297	Curva Abierta Izquierda		0+350	Cruce de peatones	
0+350	Cruce de peatones		0+390	Curva Abierta Derecha	
0+525	Curva Abierta Derecha		0+568	Curva Abierta Izquierda	
0+720	Curva Abierta Izquierda		1+150	Curva Abierta Derecha	
0+113	Curva Abierta Izquierda		1+150	Curva Abierta Derecha	
0+500	Cruce de peatones		0+500	Cruce de peatones	
1+100	Cruce de peatones		1+100	Cruce de peatones	
1+200	Zona de Derumbes		1+300	Zona de Derumbes	

*Nota.* Se detallan las abscisas y la ubicación de cada señalética. Elaborado por: Los Autores.

## **8.11. Materiales para utilizar en la señalización vertical y horizontal**

Las especificaciones técnicas son documentos que establecen las normas, requisitos y procedimientos a seguir en todos los trabajos de construcción. Estos documentos son fundamentales para determinar la calidad general de las obras y, en particular, la de los acabados (MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA 2. , 2008).

### ***8.11.1. Materiales para la señalización vertical***

Para las señalizaciones verticales serán los recomendados por el RTE INEN 004. Los postes serán de tubo de hierro galvanizado cuadrado de 50.8 mm de lado y 2 mm de espesor, fijados de acuerdo con estos requisitos, y los materiales de recubrimiento deberán ser como mínimo de Tipo IV según la ASTM D 4956. Para señales informativas elevadas, el material retrorreflector será del Tipo IX de la ASTM D 4556.

Las placas a las que se adhieren estos materiales deberán ser de aluminio anodizado en tamaños grandes, medianos y pequeños, con un espesor de 2.0 mm, ya que este tipo de material prolonga la vida útil de la señal. Existen pórticos de señalización en la vía que deben ser aprovechados y solo requerirán mantenimiento y pintura de estas estructuras y sus leyendas.

### ***8.11.2. Materiales para la señalización horizontal***

Según la MOP recomienda el uso de pinturas acrílicas perlas de vidrio, debido a su mayor durabilidad y efectividad, ya que la calidad del pavimento permite su correcta aplicación. El RTE INEN (10) establece que el espesor mínimo para su aplicación debe ser de 300 micras en seco en zonas urbanas y 200 micras en seco en zonas rurales. Estas pinturas son generalmente líquidas, con un componente sólido (pigmento con su respectivo dispersante) y un vehículo líquido, y pueden aplicarse en frío, consistiendo en resinas alquídicas, puras o modificadas, u otros productos similares.

## CAPÍTULO IX

### PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

#### 9.1. Antecedentes

El estudio de impacto ambiental del área de estudio de la vía “Línea Férrea” entre los barrios El Madrigal y San José de Monjas, consiste en definir la línea Base de esta, se identificará las áreas de influencia ambiental directa e indirecta para encontrar zonas de vulnerabilidad y realizar un diagnóstico ambiental.

El impacto socioeconómico generado por los proyectos en vías y carreteras a lo largo del país se hace presente desde el momento en el que se empieza la obra, generando plazas de trabajo para la gente que habita cerca del proyecto, un beneficio también es la reducción de los costos en el transporte y menor tiempo en traslados, acceso a mercados para cultivos y productos locales.

Los impactos directos en los proyectos como construcción o restauración de vías y carreteras, resultan en su construcción, operación y mantenimiento, en este contexto los impactos más significativos son aquellos que corresponden a la limpieza, nivelación, pérdida de capa vegetal, rellenos, perforaciones, disposición de usos que se le dará al suelo, cambio en los patrones de drenajes; cambios de elevación en las aguas subterráneas; deslaves, erosión, sedimentación, interferencia con la movilización de animales silvestres, ganado y de los residentes locales.

Muchos de estos impactos pueden surgir no necesariamente en el sitio de la construcción, pueden presentarse en las canteras que fueron seleccionadas, áreas de almacenamiento de materiales, además pueden generar un impacto ambiental como la contaminación del aire y del suelo, por el uso de pesticidas, aceites y la basura generada.

Para este estudio se analizó los impactos ambientales usando la matriz causa-efecto de Leopold, la cual nos permite establecer la valoración de acciones que causaran modificaciones en el medio ambiente.

## **9.2.Evaluación de impactos ambientales**

Es de vital importancia realizar las características en cada proyecto, construcción o actividad planeada traerá consigo cambios o alteraciones en el entorno actual. Si estos cambios representan una perturbación o impacto negativo, es crucial minimizarlos mediante la realización de estudios de Impacto Ambiental.

Para llevar a cabo esta evaluación, emplearemos el método de Leopold, el cual es un enfoque de informe que nos ayuda a comprender la relación entre las causas y los efectos ambientales del proyecto. Su objetivo es garantizar que el proyecto sea evaluado desde una perspectiva ambiental durante su fase de planificación. Para elaborar la matriz de Leopold, hemos aplicado ciertas calificaciones que consideran tanto la magnitud del impacto como su importancia.

## **9.3.Método de Leopold**

Este método básicamente se utiliza para evaluar los efectos de la intervención humana dentro de un área determinada en el medio ambiente. Las matrices de causa-efecto son sobre todo datos de identificación y valoración y podrían ser ajustados en las distintas fases del proyecto a ejecutar, nos arroja datos cuantitativos y cualitativos, y podremos ejercer un criterio para una posible solución.

## **9.4. Descripción del proyecto y situación actual**

En la actualidad el proyecto presenta una significativa presencia de problemas, como son problemas de acumulación de basura, abundante vegetación en los costados de la vía,

taponamiento por sedimentos en las cunetas, así mismo la contaminación del aire es evidente debido a que se encuentra por encima de la Autopista General Rumiñahui.

Luego de analizar los resultados arrojados utilizando la matriz de Leopold, se infiere que los árboles experimentarán el impacto más negativo significativo como resultado de la ejecución de este proyecto, tema que va de la mano con la calidad del aire que se tendrá en el sector.

Sin embargo, se proyecta que la ejecución del proyecto generará muchas plazas de empleo, así también el tema de crecimiento económico en la zona se verá muy marcado.

Figura 34.

Matriz de Leopold

		ACCIONES										AFECTACIONES			IMPACTO DEL AGREGADO
		Modificación del habi	Pavimentación	Ruido y vibraciones	Carreteras y puentes	Corte y Relleno	Automoviles	Camiones	Limpeza de Terreno	+	-	TOTAL			
		vestimiento de canal													
<b>F</b>	Forma del terreno	-2	-6	7	2	7	-5	-3	-4	6	4	5	9	3	
	Calidad de aire	7	1	-5	-1	-1	-1	-6	-6	3	3	6	9	-29	
	Calidad de Agua	5	-4	-4	1	1	6	1	1	5	7	2	9	54	
	Árboles	-6	-1	1	1	1	-5	-1	-1	1	4	5	9	-65	
	Micro flora	-4	-1	-2	-2	-2	-3	4	4	-1	2	7	9	-12	
	Micro fauna	-3	-1	1	1	1	2	2	2	2	7	2	9	14	
	Compactación y asentamientos	-1	-1	5	-5	1	1	1	1	2	6	3	9	5	
	Erosión	-4	-1	-1	1	2	1	2	2	5	6	3	9	21	
	Empleo	4	8	8	6	5	3	6	6	7	9	0	9	202	
			4	5	5	4	4	1	2	2	5				
AFECTACIONES		+	3	2	5	6	7	5	6	6	8	48	33	81	193
		-	6	7	4	3	2	4	3	3	1	33			
		TOTAL	9	9	9	9	9	9	9	9	9	81			
Impacto del agregado			6	-7	43	7	63	-14	4	2	89	193			

Calificación negativa		
Irrelevantes	0	-25
Moderados	-25	-50
Severos	-50	-75
Críticos	>-75	

Calificación positiva		
Poco importante	0	25
Importante	25	50
Muy importante	>50	

PROMEDIO FACTORES
21

PROMEDIO ACCIONES
21

Nota. Análisis de impacto ambiental del proyecto, mediante la matriz de Leopold. Elaborado por: Los autores.

## **9.5. Plan de manejo ambiental**

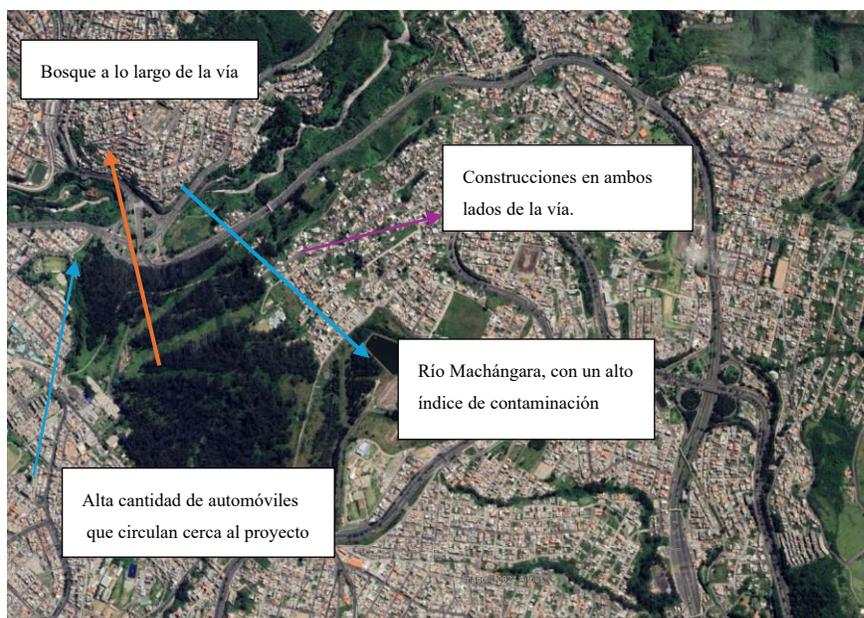
A continuación, se detallan ciertas medidas correctoras para ejecutar el plan de mejoramiento vial puesto que si se aprecia un alto impacto en el tema ambiental.

Según (JUAN DIEGO LEÓN PELÁEZ, 2014) “El plan de manejo ambiental representa el derrotero a seguir para la marcha ambiental del proyecto, ya que con base a la identificación y valoración de los impactos que se puedan generar, propone lineamientos de tipo técnico y operativo para su mitigación y corrección, y los amarra a una escala de tiempo para su cumplimiento e implementación”.

Por lo tanto, podemos decir que, el plan de manejo ambiental debe incluir un diagnóstico exhaustivo del área, identificación de impactos potenciales, medidas de mitigación como reforestación y gestión de residuos, monitoreo continuo, participación comunitaria, educación ambiental, cumplimiento legal y evaluación posterior para mejorar futuros proyectos.

## Figura 35.

*Situación actual del terreno y medio ambiente en el lugar del proyecto.*



*Nota.* Imagen detallando los puntos a tomar en cuenta para emitir un informe del impacto ambiental. Elaborado por: Los autores.

### 9.6. Medidas correctoras a realizarse

A lo largo de la ejecución del proyecto se deberá tomar decisiones para de cierta manera equilibrar la cantidad de impactos negativos que se dará en el perímetro del proyecto.

#### 9.6.1. Medidas de prevención

Se tienen algunas opciones de medidas para prevenir ciertos impactos, se deberá tomar medidas de mitigación, medidas de compensación, las cuales se puede indemnizar o contemplan el pago de ciertos valores por los terrenos o propiedades, todo esto se tratará de dejar el ambiente en condiciones similares de las que se registraban antes del proyecto.

### **9.6.2. Medidas correctoras para el proyecto**

- **Tierra:** el impacto que se tendrá en el suelo será la pérdida en la capa vegetal a lo largo de la vía, también se verá cierta transformación en su morfología, el suelo tendrá contaminación por emisiones líquidas de la maquinaria pesada. Como medidas de compensación en el proyecto se tendrá que reforestar una mayor cantidad de árboles, colocar nuevas capas vegetales a lo largo del proyecto.
- **Agua:** el agua que se tendrá a lo largo del proyecto se deberá manejar de cierta manera que se pueda canalizar y luego aprovechar en algunos cultivos.
- **Atmosfera:** El impacto que se va a ocasionar a la atmósfera es la contaminación por emisiones de CO<sub>2</sub>, así también el ruido, el relleno y la circulación de maquinaria pesada. Para esto se deberá controlar el estado de la maquinaria pesada como en la planta de asfalto, para minimizar las emisiones de gas y ruido de estas.

## **CAPÍTULO X**

### **EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA**

#### **10.1. Introducción**

Realizar un análisis de costos es crucial antes de emprender cualquier actividad en la construcción, ya que la falta de dicho análisis o contar con uno poco fiable podría resultar en una pérdida significativa de recursos y tiempo.

#### **10.2. Cantidades de obra**

Las cantidades de obra para este proyecto serán calculadas en base a las diferentes actividades

El mantenimiento vial consiste en una serie de trabajos destinados a mantener y mejorar nuestras carreteras y caminos, para que sean seguros y cómodos de usar. Esto incluye arreglar baches, repavimentar, limpiar drenajes, colocar señales y mantener puentes y túneles en buen estado. Estas tareas pueden ser preventivas, correctivas o rutinarias, buscando alargar la vida de las vías, reducir los costos de reparaciones grandes y prevenir accidentes. Un buen mantenimiento vial también ayuda a que el tráfico fluya mejor, reduciendo el tiempo de viaje y los costos de transporte. Administrar bien este mantenimiento es crucial para el desarrollo económico y social, ya que tener carreteras en buen estado facilita el comercio, el turismo y el acceso a servicios esenciales. (MOP, NORMA PARA ESTUDIOS DE CARRETERAS Y DISEÑOS VIALES, 2003)

### **10.3. Cantidades de Obra y presupuestos**

El análisis financiero dentro de un proyecto vial es fundamental para determinar la viabilidad económica y la sostenibilidad de la inversión en infraestructura. Este análisis comienza con la identificación y estimación de todos los costos asociados con el proyecto.

El costo de una obra es en resumen la sumatoria de todas las inversiones necesarias para su construcción, en una moneda determinada que para este caso fue en dólares, de manera que se obtenga la correcta ejecución y terminación de la obra establecida.

Se deberá tomar en cuenta todas las actividades a realizarse de principio a fin, el tiempo que se llevará, y la mano de obra que se va a necesitar, todo esto con el fin de saber un presupuesto para la ejecución del trabajo.

### **10.4. Rubros**

Para la evaluación de los valores que tendría nuestro proyecto Mejoramiento vial calle Línea Férrea entre los barrios San José de Monjas y el Madrigal, se tomaron en cuenta los rubros que se detallan a continuación los mismos que fueron obtenidos de las especificaciones para la construcción de puentes y caminos, del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (MOP, 2003).

- Obras preliminares
- Movimiento de tierras
- Calzada
- Drenaje transversal y cunetas
- Señalización vertical
- Señalización horizontal
- Comunicación y señalización ambiental

## **10.5. Precios Unitarios**

Según el Ministerio de Transporte e Infraestructura “Es el valor monetario de una actividad o rubro por unidad de medida escogida, cada uno incluye un costo directo del precio unitario de cada ítem incluye todos los costos en que se incurre para realizar cada actividad mientras que los costos indirectos son aquellos gastos que no son fácilmente cuantificables como para ser cobrados directamente al cliente”. (MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA .. , 2008). Por lo tanto, para nuestro proyecto se realizó el análisis de precios unitarios APUS, para los precios se tomó como referencia los datos por la Cámara de la Construcción de Quito. A continuación, se enlistan los cuadros de análisis de precios unitarios para cada rubro establecido para la vía propuesta.

**Tabla 76.**

*APUS rubro Desbroce, desbosque y limpieza.*

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b>	<b>MEJORAMIENTO VIAL EN 1.3 Km CALLE LÍNEA FÉRREA</b>				
<b>TESIS BAYAS - MASABANDA</b>					
<b>RUBRO:</b>	Desbroce, desbosque y limpieza				<b>UNIDAD:</b> Ha
<b>ESPECIFICACIÓN:</b>	302-1				Hoja 1 de 43
<b>EQUIPOS</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIEN TO</b>	<b>m2</b>
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Motosierra	2.00	1.20	2.40	3.0000	7.20
Herramienta Manual	2.00	0.50	1.00	3.0000	3.00
Cargadora frontal	1.00	23.60	23.60	3.0000	70.80
Volqueta 8 m3	1.00	25.00	25.00	3.0000	75.00
<b>SUBTOTAL E</b>					<b>156.00</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL /HR</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIEN TO</b>	<b>COSTO</b>
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Operador de equipo liviano	3.00	3.62	10.85	3.0000	32.56
Operador de cargadora frontal	1.00	4.00	4.00	3.0000	12.01
Ayudante de Maquinaria	1.00	3.62	3.62	3.0000	10.85
Peón (Estr.Oc E2)	4.00	3.58	14.31	3.0000	42.92
<b>SUBTOTAL O</b>					<b>98.34</b>
<b>MATERIALES</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNITARIO</b>	<b>COSTO</b>	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.00</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>COSTO</b>
			<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>
<b>SUBTOTAL T</b>					<b>0.00</b>
<b>TOTAL, COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					<b>254.34</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					<b>20.00 50.87</b>
<b>ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA OTROS INDIRECTOS:</b>					
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>					<b>305.21</b>

*Nota. Valores calculados para el rubro #1 en el proyecto. Elaborado por: Los autores.*

## 10.6. Presupuesto referencial para la Obra.

Para el presupuesto referencial de la obra se realizará la estimación del costo total del proyecto, esto se utiliza como guía preliminar antes de invertir o iniciar la obra. Este presupuesto se elabora a partir de cotizaciones anteriores, análisis de precios unitarios y experiencias en proyectos similares.

Su principal propósito es ofrecer una idea aproximada de los recursos financieros necesarios, ayudando a los responsables a evaluar la viabilidad del proyecto y a planificar de manera adecuada el financiamiento y la ejecución.

**Tabla 77.**

*Presupuesto del proyecto Mejoramiento Vial en 1.3Km Calle Línea Férrea.*

<b>PRESUPUESTO PROYECTO MEJORAMIENTO VIAL 1.3 KM CALLE LÍNEA FÉRREA ENTRE LOS BARRIOS SAN JOSÉ DE MONJAS Y EL MADRIGAL</b>						
<b>APU</b>	<b>RUBRO No</b>	<b>X</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNITARIO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>		<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>565.41</b>
1	302 - 1	Desbroce, desbosque y limpieza	Ha	1.85	305.21	565.41
<b>2</b>		<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>12918.37</b>
2	303	Excavación en suelo	m3	3427.38	2.70	9255.64
3	304	Transporte de material de excavación hacia escombreras (Transporte libre 500 m.)	m3/Km	3934.45	0.27	1071.08
4	305	Escombreras	m3	2185.81	1.19	2591.65
<b>3</b>		<b>CALZADA</b>				<b>93438.68</b>
5	306	Acabado de la obra básica existente	m2	1852.50	0.69	1284.24
6	307	Transporte de Base (Mina La Esperanza)	m3/Km	206489.04	0.27	56212.65
7	401	Base Clase IV	m3	1285.27	18.95	24356.08
8	402	Asfalto diluido para imprimación MC 30 (1 lt/m2)	lt/m2	771.16	0.84	644.56
9	402-1	Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta de 9.00 cm. de espesor	m2	771.16	14.19	10941.15
<b>4</b>		<b>DRENAJE</b>				<b>391806.02</b>
10	301	Remoción de estructuras de hormigón	m3	50.00	33.01	1650.58
11	307-1	Excavación y relleno de obras de arte menor	m3	154.00	5.92	911.75
12	307-2	Excavación para cunetas laterales	m3	738.20	4.34	3203.05
13	307-3	Excavación para subdrenes longitudinales	m3	3.80	4.34	16.49
14	307-3-1	Excavación y relleno de obras de arte menor	m3	138.44	5.92	819.63
15	606 - 1	Material filtrante para subdrenes longitudinales	m3	2254.16	17.31	39009.92
16	606 - 2	Geotextil para subdrenes longitudinales NT 2000	m2	13149.27	3.48	45744.77
17	602 - (2A)	Suministro y colocación tubería metálica, D=0.50 m E 5mm	m	26.00	271.79	7066.51

18	503 -2	Hormigón estructural, Clase B, f'c=210 kg/cm2	m3	263.64	267.80	70604.03
19	503 -3	Hormigón estructural, Clase C, f'c=210 kg/cm2	m3	826.53	192.66	159235.28
20	503 -2-1	Hormigón estructural, Clase C, f'c=140 kg/cm2	m3	2.80	176.44	494.04
21	504 -1	Acero de refuerzo en barras, fy=4.200 kg/cm2 (Ducto cajón)	kg	12647.39	2.27	28743.98
22	806-1	Cinta de PVC, L=40 cm, con sello de material bituminoso	U	19.34	27.42	530.23
23	503 -3	Hormigón estructural, Clase B, f'c=240 kg/cm2	m3	120.99	279.16	33775.77
<b>5</b>		<b>SEÑALIZACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL</b>				<b>60941.02</b>
24	708 -5	Letreros de 1.80m x 0.60 m.	u	7.00	333.88	2337.17
25	708 -5	Letreros de 0,45m x 0,60m	u	9.00	175.02	1575.15
26	708 -5	Letreros de 0,60m x 0,60m	u	115.00	191.05	21971.15
27	709 - 4	Delineadores de curva horizontal tipo CHEVRON (0.75X0.90) m	u	152.00	199.23	30282.64
28	705 - 1	Marca de pavimento continua (pintura tipo tráfico e=15cm en el eje de la vía, curvas y laterales)	m	4218.31	0.83	3484.87
29	705 - 4b	Marca de pavimento sobresalidas (MPS) cada 12 m. Bidireccionales en el eje	u	228.00	5.66	1290.03
<b>6</b>		<b>COMUNICACIÓN Y SEÑALIZACIÓN AMBIENTAL</b>				<b>1931.02</b>
30	220-1	Afiches y Folletos - (Material impreso con información ambiental)	u	250.00	4.09	1023.05
31	220-2	Charlas de concientización	u	3.00	302.66	907.97
<b>7</b>		<b>REMEDIACIÓN AMBIENTAL</b>				<b>4581.76</b>
32	205-1	Agua para control de polvo	m3	85.47	2.87	245.63
33	206-1	Área Sembrada - (Revegetación)	m2	2280.00	1.68	3822.43
34	206-2	Área Plantada (Árboles y arbustos)	u	268.00	1.92	513.70
<b>8</b>		<b>CONTROL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL</b>				<b>1777.83</b>
35	201-1	Trampa de grasas y aceites	u	2.00	282.73	565.45
36	201-1	Letrina móvil	u	1.00	1212.37	1212.37
<b>9</b>		<b>INDEMNIZACIONES</b>				<b>8400.00</b>
37	E1	Afectaciones a propietarias	Ha	0.70	12000.00	8400.00
			<b>TOTAL:</b>			<b>576360.10</b>

*Nota.* En el presupuesto realizado se ha obtenido un valor total de \$576360.10. Elaborado por:  
Los autores

## 10.7. Cronograma de actividades y cronograma valorado

Un cronograma valorado en obra es similar a un plan minucioso para un proyecto de construcción. Imagina que tienes una lista de actividades, cada una con su fecha de inicio y finalización. A cada actividad se le asigna un costo, lo que te permite saber cuánto dinero se necesita en cada fase. Esta herramienta ayuda a los responsables del proyecto a monitorear el progreso de las tareas y los gastos en tiempo real.

De esta manera, pueden asegurarse de que el proyecto se mantenga dentro del presupuesto y el plazo establecidos. Además, si algo no sale como se espera, pueden tomar decisiones rápidas para corregir la situación.

Tabla 78.

**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES Y PRESUPUESTOS PARA EL PROYECTO MEJORAMIENTO VIAL 1.3 KM CALLE LÍNEA FÉRREA ENTRE LOS BARRIOS SAN JOSÉ DE MONJAS Y EL MADRIGAL**

AP U	RUBRO No	x	UNIDA D	CANTID AD	P. UNITARIO	TOTAL	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1		<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>565.41</b>																	
1	302 - 1	Desbroce, desbosque y limpieza	Ha	1.85	305.21	565.41	113.08	113.08												113.08	113.08	113.08	
2		<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>12918.37</b>																	
2	303	Excavación en suelo	m3	3427.38	2.70	9255.64		4627.82	4627.82														
3	304	Transporte de material de excavación hacia escombreras (Transporte libre 500 m.)	m3/K m	3934.45	0.27	1071.08		357.03	357.03	357.03													
4	305	Escombreras	m3	2185.81	1.19	2591.65			863.88	863.88	863.88												
3		<b>CALZADA</b>				<b>93438.68</b>																	
5	306	Acabado de la obra básica existente	m2	1852.50	0.69	1284.24														321.06	321.06	321.06	321.06
6	307	Transporte de Base (Mina La Esperanza)	m3/K m	206489.04	0.27	56212.65										9368.77	9368.77	9368.77	9368.77	9368.77	9368.77	9368.77	
7	401	Base Clase IV	m3	1285.27	18.95	24356.08									6089.02	6089.02	6089.02	6089.02					
8	402	Asfalto diluido para imprimación MC 30 (1 lt/m2)	lt/m2	771.16	0.84	644.56										107.43	107.43	107.43	107.43	107.43	107.43	107.43	
9	402-1	Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta de 9.00 cm. de espesor	m2	771.16	14.19	10941.15													2735.29	2735.29	2735.29	2735.29	
4		<b>DRENAJE</b>				<b>391806.02</b>																	
10	301	Remoción de estructuras de hormigón	m3	50.00	33.01	1650.58			550.19	550.19	550.19												
11	307-1	Excavación y relleno de obras de arte menor	m3	154.00	5.92	911.75				303.92	303.92	303.92											
12	307-2	Excavación para cunetas laterales	m3	738.20	4.34	3203.05					800.76	800.76	800.76										
13	307-3	Excavación para subdrenes longitudinales	m3	3.80	4.34	16.49					5.50	5.50	5.50										
14	307-3-1	Excavación y relleno de obras de arte menor	m3	138.44	5.92	819.63			409.81	409.81													
15	606 - 1	Material filtrante para subdrenes longitudinales	m3	2254.16	17.31	39009.92								9752.48	9752.48	9752.48	9752.48						
16	606 - 2	Geotextil para subdrenes longitudinales NT 2000	m2	13149.27	3.48	45744.77									11436.19	11436.19	11436.19	11436.19					
17	602 - (2A)	Suministro y colocación tubería metálica, D=0.50 m E 5mm	m	26.00	271.79	7066.51										1413.30	1413.30	1413.30	1413.30	1413.30			
18	503 - 2	Hormigón estructural, Clase B, f'c=210 kg/cm2	m3	263.64	267.80	70604.03								8825.50	8825.50	8825.50	8825.50	8825.50	8825.50	8825.50	8825.50	8825.50	
19	503 - 3	Hormigón estructural, Clase C, f'c=210 kg/cm2	m3	826.53	192.66	159235.28								19904.41	19904.41	19904.41	19904.41	19904.41	19904.41	19904.41	19904.41	19904.41	

20	503 -2-1	Hormigón estructural, Clase C, f'c=140 kg/cm2	m3	2.80	176.44	494.04				44.91	44.91	44.91	44.91	44.91	44.91	44.91	44.91	44.91	44.91			
21	504 -1	Acero de refuerzo en barras, fy=4.200 kg/cm2 (Ducto cajón)	kg	12647.39	2.27	28743.98				2613.09	2613.09	2613.09	2613.09	2613.09	2613.09	2613.09	2613.09	2613.09	2613.09			
22	806-1	Cinta de PVC, L=40 cm, con sello de material bituminoso	U	19.34	27.42	530.23				48.20	48.20	48.20	48.20	48.20	48.20	48.20	48.20	48.20	48.20			
23	503 -3	Hormigón estructural, Clase B, f'c=240 kg/cm2	m3	120.99	279.16	33775.77				3752.86	3752.86	3752.86	3752.86	3752.86	3752.86	3752.86	3752.86	3752.86	3752.86			
5		<b>SEÑALIZACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL</b>				<b>60941.02</b>																
24	708 -5	Letreros de 1.80m x 0.60 m.	u	7.00	333.88	2337.17											467.43	467.43	467.43	467.43	467.43	
25	708 -5	Letreros de 0,45m x 0,60m	u	9.00	175.02	1575.15											262.53	262.53	262.53	262.53	262.53	
26	708 -5	Letreros de 0,60m x 0,60m	u	115.00	191.05	21971.15											3661.86	3661.86	3661.86	3661.86	3661.86	
27	709 -4	Delineadores de curva horizontal tipo CHEVRON (0.75X0.90) m	u	152.00	199.23	30282.64							5047.11	5047.11	5047.11	5047.11	5047.11	5047.11	5047.11	5047.11		
28	705 -1	Marca de pavimento continua (pintura tipo tráfico e=15cm en el eje de la vía, curvas y laterales)	m	4218.31	0.83	3484.87											580.81	580.81	580.81	580.81	580.81	
29	705 -4b	Marca de pavimento sobresalidas (MPS) cada 12 m. Bidireccionales en el eje	u	228.00	5.66	1290.03											215.01	215.01	215.01	215.01	215.01	
6		<b>COMUNICACIÓN Y SEÑALIZACIÓN AMBIENTAL</b>				<b>1931.02</b>																
30	220-1	Afiches y Folletos - (Material impreso con información ambiental)	u	250.00	4.09	1023.05											170.51	170.51	170.51	170.51	170.51	
31	220-2	Charlas de concientización	u	3.00	302.66	907.97											151.33	151.33	151.33	151.33	151.33	
7		<b>REMEDIACIÓN AMBIENTAL</b>				<b>4581.76</b>																
32	205-1	Agua para control de polvo	m3	85.47	2.87	245.63											40.94	40.94	40.94	40.94	40.94	
33	206-1	Área Sembrada - (Revegetación)	m2	2280.00	1.68	3822.43											637.07	637.07	637.07	637.07	637.07	
34	206-2	Área Plantada (Árboles y arbustos)	u	268.00	1.92	513.70											102.74	102.74	102.74	102.74	102.74	
8		<b>CONTROL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL</b>				<b>1777.83</b>																
35	201-1	Trampa de grasas y aceites	u	2.00	282.73	565.45				47.12	47.12	47.12	47.12	47.12	47.12	47.12	47.12	47.12	47.12	47.12	47.12	
36	201-1	Letrina móvil	u	1.00	1212.37	1212.37	75.77	75.77	75.77	75.77	75.77	75.77	75.77	75.77	75.77	75.77	75.77	75.77	75.77	75.77	75.77	
9		<b>INDEMNIZACIONES</b>				<b>8400.00</b>																
37	E1	Afectaciones propietarias	Ha	0.70	12000.00	8400.00				700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	
		<b>TOTAL :</b>				<b>576360.10</b>																
							188.85	5173.70	7631.63	9772.29	9806.21	37122.05	38225.94	47978.42	52224.76	70545.80	84946.23	74350.62	73654.10	27512.06	19758.75	18962.93
							<b>22766.48</b>			<b>133132.62</b>			<b>282067.41</b>			<b>139887.83</b>						
							<b>3.95</b>			<b>23.10</b>			<b>48.94</b>			<b>24.27</b>						

*Nota.* En el proyecto Mejoramiento Vial 1.3 Km calle Línea Férrea podemos observar que el tercer mes será el de más gasto, esto sirve para programar los gastos a lo largo de la ejecución, además decir que se tendrá un plazo de 88 días. Elaborado por: Los autores.

## 10.8. Valor actual neto (VAN)

El Valor Actual Neto (VAN) es una herramienta usada por empresarios, ingenieros, arquitectos etc. que lo usan para ver si una inversión valdrá la pena en un cierto tiempo. Básicamente proyecta cuánto dinero se ganará o perderá en el futuro.

El VAN: toma todos esos futuros flujos de dinero y los compara con lo que se necesita invertir ahora, usando una tasa de interés específica. Si el resultado es positivo, significa que se ganará más de lo que te costó. Esta herramienta es muy útil para los proyectos porque ayuda a decidir si un proyecto es viable y a comparar diferentes opciones de inversión para escoger la mejor.

Se tienen en cuenta algunos parámetros para calificar el VAN:

El proyecto será aprobado siguiendo el siguiente criterio de selección.

- Si el VAN es mayor que 0, el proyecto es conveniente
- Si el VAN es igual a 0, el proyecto es indiferente
- Si el VAN es menor que 0, el proyecto no es conveniente

La fórmula para el cálculo del VAN es la siguiente:

$$V.A.N. = \sum FNE - Inversión$$
$$V.A.N. = \sum \frac{Vt}{(1+k)^t} - lo$$

Dónde:

k = tasa mínima de aceptación (TMAR)

Vt = Representa los flujos de caja en cada periodo t.

lo = Es el valor del desembolso inicial de la inversión.

n = Es el número de periodos considerado.

FNE = Flujo Netos efectivos

### 10.9. Tasa interna de retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es como el medidor de ganancias de una inversión. Imagina que muestra la tasa de interés a la que los ingresos futuros igualan exactamente lo que invertiste inicialmente, haciendo que el Valor Actual Neto (VAN) sea cero. Si la TIR es alta, significa que tu inversión promete ser más lucrativa. Es una herramienta clave cuando evaluamos proyectos, porque nos ayuda a comparar diferentes opciones y elegir la mejor para invertir nuestro dinero de manera inteligente.

$$V.A.N. = 0 = \sum \frac{Vt}{(1 + TIR)^t} - I_0$$

El criterio de decisión para la toma de decisión, indica lo siguiente:

- Si la TIR es mayor que la tasa de descuento “r”, el proyecto es conveniente
- Si la TIR es igual a la tasa de descuento “r”, el proyecto es indiferente
- Si la TIR es menor que la tasa de descuento “r”, el proyecto no es conveniente

**Tabla 79.**

*Tabla de valores con el VAN para el proyecto.*

Tiempo	Ingresos	Egresos	Flujo Neto	Factor (1+k) ^N	Valor Acumulado (VAN)
-	Lo	- 576'360.10 \$US	- 576'360.10 \$US	1	- 576'360.10 \$US
1	170'833.13 \$US	5'005.41 \$US	175'838.54 \$US	1.12	\$156'998.70
2	170'833.13 \$US	5'005.41 \$US	175'838.54 \$US	1.25	\$297'176.11
3	170'833.13 \$US	5'005.41 \$US	175'838.54 \$US	1.40	\$422'334.51
4	170'833.13 \$US	5'005.41 \$US	175'838.54 \$US	1.57	\$534'083.09
5	208'177.26 \$US	5'005.41 \$US	213'182.67 \$US	1.76	\$655'048.66
6	208'177.26 \$US	5'005.41 \$US	213'182.67 \$US	1.97	\$763'053.63
7	208'177.26 \$US	5'005.41 \$US	213'182.67 \$US	2.21	\$859'486.64
8	208'177.26 \$US	5'005.41 \$US	213'182.67 \$US	2.48	\$945'587.55
9	208'177.26 \$US	5'005.41 \$US	213'182.67 \$US	2.77	\$1'022'463.36
10	233'012.80 \$US	5'005.41 \$US	238'018.21 \$US	3.11	\$1'099'098.85
11	233'012.80 \$US	5'005.41 \$US	238'018.21 \$US	3.48	\$1'167'523.40
12	233'012.80 \$US	5'005.41 \$US	238'018.21 \$US	3.90	\$1'228'616.75
13	233'012.80 \$US	5'005.41 \$US	238'018.21 \$US	4.36	\$1'283'164.38
14	233'012.80 \$US	5'005.41 \$US	238'018.21 \$US	4.89	\$1'331'867.62
15	290'893.18 \$US	5'005.41 \$US	295'898.59 \$US	5.47	\$1'385'927.19
16	290'893.18 \$US	5'005.41 \$US	295'898.59 \$US	6.13	\$1'434'194.66
17	290'893.18 \$US	5'005.41 \$US	295'898.59 \$US	6.87	\$1'477'290.61
18	290'893.18 \$US	5'005.41 \$US	295'898.59 \$US	7.69	\$1'515'769.15
19	290'893.18 \$US	5'005.41 \$US	295'898.59 \$US	8.61	\$1'550'124.98
20	324'055.01 \$US	5'705.83 \$US	318'349.18 \$US	9.65	\$1'583'127.21
				VAN	\$2'159'487.31
<b>VAN</b>	<b>\$ 2'159'487.31</b>				
	<b>\$ -174.68</b>				
<b>I.O</b>	<b>\$ -576'360.10</b>				
<b>VAN</b>	<b>\$2'159'487.31</b>				
<b>TIR</b>	<b>61.94%</b>				

*Nota.* El valor estimado del VAN será de \$2159487.31. Elaborado por: Los autores.

### 10.10. Análisis del beneficio/costo que tendrá el proyecto

El análisis costo/beneficio en un proyecto es básicamente hacer un balance detallado de lo que costará y lo que ganaremos. Significa calcular todo lo que gastaremos directa e indirectamente en llevar a cabo y mantener el proyecto, y también qué beneficios reales y no tan evidentes esperamos obtener.

Así podemos ver si lo que vamos a ganar justifica lo que vamos a gastar. Este proceso nos ayuda a decidir con claridad si vale la pena y cuán importante es realmente seguir adelante con nuestros proyectos.

$$B/C = \frac{VAN \text{ INGRESOS}}{VAN \text{ COSTOS/GASTOS BRUTOS}}$$

Dónde:

VAN Ingresos Brutos: Valor actual neto de los ingresos /Beneficios

VAN Costos/gastos brutos: Valor actual neto de los costos/gastos

A partir de la ecuación anterior se establece los siguientes criterios de toma de decisión:

- Si la B/C es mayor a 1, proyecto financieramente favorable
- Si la B/C es igual a 1, proyecto financieramente indiferente
- Si la B/C es menor a 1, proyecto financieramente rechazado

**Tabla 80.**

*Análisis de costo / beneficio proyecto Línea Férrea*

Tiempo	Ingresos	Egresos	Factor (1+k) <sup>N</sup>	Valor actual de ingresos	Valor Actual de Egresos
-	Lo	- \$US	1	-	- 576'360.10 \$US
1	170'833.13 \$US	5'005.41 \$US	1.12	152529.58	4'469.12 \$US
2	170'833.13 \$US	5'005.41 \$US	1.25	136187.13	3'990.28 \$US
3	170'833.13 \$US	5'005.41 \$US	1.40	121595.65	3'562.75 \$US
4	170'833.13 \$US	5'005.41 \$US	1.57	108567.54	3'181.03 \$US
5	208'177.26 \$US	5'005.41 \$US	1.76	118125.37	2'840.20 \$US
6	208'177.26 \$US	5'005.41 \$US	1.97	105469.08	2'535.90 \$US
7	208'177.26 \$US	5'005.41 \$US	2.21	94168.82	2'264.19 \$US
8	208'177.26 \$US	5'005.41 \$US	2.48	84079.30	2'021.60 \$US
9	208'177.26 \$US	5'005.41 \$US	2.77	75070.81	1'805.00 \$US
10	233'012.80 \$US	5'005.41 \$US	3.11	75023.89	1'611.61 \$US
11	233'012.80 \$US	5'005.41 \$US	3.48	66985.61	1'438.94 \$US
12	233'012.80 \$US	5'005.41 \$US	3.90	59808.58	1'284.76 \$US
13	233'012.80 \$US	5'005.41 \$US	4.36	53400.52	1'147.11 \$US
14	233'012.80 \$US	5'005.41 \$US	4.89	47679.04	1'024.21 \$US
15	290'893.18 \$US	5'005.41 \$US	5.47	53145.10	914.47 \$US
16	290'893.18 \$US	5'005.41 \$US	6.13	47450.98	816.49 \$US
17	290'893.18 \$US	5'005.41 \$US	6.87	42366.95	729.01 \$US

<b>18</b>	290'893.18 \$US	5'005.41 \$US	7.69	37827.63	650.90 \$US
<b>19</b>	290'893.18 \$US	5'005.41 \$US	8.61	33774.67	581.16 \$US
<b>20</b>	324'055.01 \$US	5'705.83 \$US	9.65	33593.73	591.50 \$US
			<b>VAN</b>	2159487.31	\$
			<b>BENEFICIO/COSTO</b>		<b>-538'899.86</b>
					<b>2.61</b>

*Nota.* El análisis costo / beneficio nos da como resultados 4.01 nos indica que el proyecto es financieramente favorable Elaborado por: Los Autores.

## CONCLUSIONES

Mediante el levantamiento topográfico determinamos que el proyecto se desarrolla en un terreno ondulado y plano ya que presenta una gradiente máxima del 7.94% y una pendiente longitudinal del 5.95%, pero también encontramos tramos con pendientes longitudinales de 2.97%, vemos que el mayor desface entre cotas es de 2884 m.s.n.m y 2865.14 m.s.n.m.

El tráfico promedio diario anual es de 942 para el año 2024 y con una predicción de incremento en el tránsito para el año 2044 de 2402 vehículos, dando como resultado para un número de ejes equivalentes 2888933.05 dando como resultado que nuestra vía será CLASE II, vía colectora.

Los estudios de suelo realizados determinaron que la vía presenta un CBR aceptable para la ejecución del proyecto, se obtuvo un CBR de diseño de 24%, sin embargo, se optó por aplicar un mejoramiento, el cual será traído desde la Mina La Esperanza en Pintag a 35 km de distancia.

En el diseño geométrico a lo largo de los 1.3 km de la vía muestra una sección transversal de 7.40 metros la cual está constituida de un ancho de calzada de 6.00 metros que comprende dos carriles de 3.00 cada uno, con una pendiente transversal del 2%, y el ancho de las cunetas de corte y relleno de 0.70 metros cada una, además se propone la construcción de cunetas a lo largo de toda la vía.

La escombrera elegida fue El Troje, debido a que esta cuenta con la licencia ambiental y que cumple con las debidas especificaciones técnicas, además se ubica a 11 km de distancia del proyecto.

El espesor de la estructura del pavimento flexible como resultado obtenido por el método de diseño AASHTO 93 para evitar el deterioro por el comportamiento de las cargas a

existir sobre la vía obtenida es de 40 centímetros de los cuales: 9.00 cm es la carpeta asfáltica, 15 centímetros de base y 16 centímetros para la subbase.

La sección de las cunetas de hormigón en el diseño hidráulico longitudinal es triangular solo de una pendiente, con un calado de 40 centímetros, una base de 70 centímetros, la pendiente longitudinal es la misma que del diseño geométrico de la vía, esta sección de cuneta cumple velocidad de 1 menor a máxima y mayor a la mínima permisible.

Para el diseño hidráulico transversal del proyecto contiene 2 alcantarillas las cuales se ubicarán en las cotas menores del proyecto, todas las alcantarillas cumplen con secciones parcialmente llenas menor al 70% diseñada con control de entrada y salida, además cumple velocidad menor a máxima y mayor a la mínima permisible.

El proyecto vial presenta una tasa interna de retorno (TIR) del 61.94 % que comparado con la tasa mínima de aceptación de 11.50% para el mes de evaluación (junio 2024) permite concluir que el cómo factible económica y técnicamente.

El valor actual neto (VAN) es de \$ \$2'159'487.31 positivo, debido a que los flujos efectivos o ingresos proyectados a los 20 años logran cubrir el valor de la inversión por lo que se determina que el proyecto es económicamente rentable.

En el análisis beneficio / costo del proyecto obtuvimos un valor de 2.61 dando como resultado que el proyecto es ejecutable.

Se mantuvo en cuenta la importancia del impacto ambiental ya que es una zona que está en desarrollo, se tomaron en cuenta también las construcciones de los pobladores de la zona.

## RECOMENDACIONES

Es conveniente desde los diseños de la vía, y desde la iniciación de la construcción de la obra, evitar el impacto ambiental negativo y tratar de mitigarlo, ya que, producido el daño, los efectos causados son irreversibles.

En la etapa de construcción se deben preservar las zonas ecológicas y plantear un programa para concientizar a la gente sobre los diferentes daños ecológicos y realizar un plan de mitigación de impactos.

Se debería tener en cuenta para un futuro trabajo en esta vía, el análisis y diseño de sistema de descargas de aguas lluvia que pueda dirigirse directamente hacia el Río Machángara.

Por temas constructivos y de facilidad al momento de realizar la obra se debería tomar el valor 10 y no de 9 centímetros para la capa de rodadura, tomando en cuenta que esto generará cierto incremento en el valor de la obra.

Reubicar en la vía propuesta el volumen de buses que actualmente usan el recorrido. Tener en cuenta que los buses que van a circular por la nueva vía servirán para aquellas personas que se dirigen a los barrios de San José de Monjas y El Madrigal.

Evitar la construcción del proyecto durante la temporada de lluvias, especialmente en los meses de abril y mayo dado que son meses de mayor cantidad de precipitaciones. Este factor puede representar un obstáculo significativo para cumplir con el cronograma establecido.

Es crucial implementar mantenimientos preventivos de manera regular en el proyecto vial para garantizar que la vía se mantenga en condiciones óptimas de uso.

## BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO. (1993). *AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS*. California.
- ASTM D 1557, .. (2006). *Proctor Modificado*. Peru: Primer Taller de Mecánica de Suelos.
- ASTM D 2487 - 03, .. (2006). *ASTM D 2487 - 03, Clasificación de Suelos SUCS*. American Society of Testing Materials : American Society of Testing Materials .
- ASTM D 3282, .. (2006). *Clasificación de Suelos (AASHTO)*. American Society of Testing Materials : American Society of Testing Materials .
- Carlos Hernando Higuera Sandoval, .. (2011). *Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras*. Tunja: Publicaciones de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- INAMHI. (27 de 09 de 2019). *INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec>
- JUAN DIEGO LEÓN PELÁEZ, .. (2014). *Evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo*. LIMA: EDITORIAL UNIVERSITARIA. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/3257/71688714.20021.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- McCorman, J. (2006). *Topografía*. México: Limusa Wiley.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA, .. (2008). *Manual para La Revisión de Costos y Presupuestos*. MANAGUA: MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA.

MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA, 2. (2008). *Manual para La Revisión de Costos y Presupuestos*. Managua : MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA.

Ministerio del Ambiente, .. (2002). *DIVISIÓN HIDROGRAFICA DEL ECUADOR*. QUITO: Unidad de Cambio Climático.

MOP. (2002). *ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION PARA LA CONSTRUCCION DE CAMINOS Y PUENTES DE CAMINOS Y PUENTES*. QUITO: MOP - 001 - F 2002.

MOP. (2003). *NORMA PARA ESTUDIOS DE CARRETERAS Y DISEÑOS VIALES*. Quito.

MOP. (2003). *Normas para diseño geometrico*. Obtenido de [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://sjnavarro.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/08/manual-dedisecc3bllo-de-carretera\\_2003-ecuador.pdf](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://sjnavarro.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/08/manual-dedisecc3bllo-de-carretera_2003-ecuador.pdf)

NEC. (2015). *NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN*. Obtenido de [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/&ved=2ahUKEwjxufnxyoyHAXaFlkFHfKBCX8QFnoECAYQAQ&usg=AOvVaw3FqnHDvjLBKtZ\\_5w3qmr5I](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/&ved=2ahUKEwjxufnxyoyHAXaFlkFHfKBCX8QFnoECAYQAQ&usg=AOvVaw3FqnHDvjLBKtZ_5w3qmr5I)

Pavimentos. (2008). *Manual Centroamericano de Diseño de Pavimentos*. Tegucigalpa.

RTE-INEN-004-2, .. (2011). *SEÑALIZACIÓN VIAL. PARTE 2. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL*. Quito: INEN.

## **ANEXOS**