



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL TRAMO DE VÍA QUE UNE LA
COMUNIDAD “LA COCHA” Y LA VÍA PRINCIPAL ZUMBAHUA CON UNA
LONGITUD DE 1.7 KM, EN LA PARROQUIA ZUMBAHUA, CANTÓN PUJILÍ,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

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

AUTOR: Edwin Paúl Carrera Cárdenas
TUTOR: Byron Iván Altamirano León

Quito Ecuador
2022

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Edwin Paúl Carrera Cárdenas con documento de identificación N° 1726565342 manifestó que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo 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, 01 de agosto del 2022

Atentamente,



Edwin Paúl Carrera Cárdenas
1726565342

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Edwin Paúl Carrera Cárdenas con documento de identificación N° 1726565342; expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autore del Proyecto Técnico: “Propuesta de mejoramiento del Tramo de Vía que une la Comunidad “La Cocha” y la Vía principal Zumbahua con una longitud de 1.7 km, en la Parroquia Zumbahua, Cantón Pujilí, Provincia de Cotopaxi”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Quito, 01 de agosto del 2022

Atentamente,



Edwin Paúl Carrera Cárdenas

1726565342

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: PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL TRAMO DE VÍA QUE UNE LA COMUNIDAD “LA COCHA” Y LA VÍA PRINCIPAL ZUMBAHUA CON UNA LONGITUD DE 1.7 KM, EN LA PARROQUIA ZUMBAHUA, CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI, realizado por Edwin Paúl Carrera Cárdenas con documento de identificación N° 1726565342, 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, 01 de agosto del 2022

Atentamente,



Ing. Byron Iván Altamirano León, MSc.

1709301590

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico a mis padres Carmen y Jorge, por su ejemplo de trabajo y abnegación para poder sacar a sus hijos adelante han sido mi inspiración en cada momento para no darme por vencido durante el camino hacia este objetivo.

A mi hermana Marisol, porque nunca se ha dejado de preocupar por mí, ella es ejemplo de mujer, madre, hija y esposa.

A mi hermano Andrés, por ser muestra de lucha durante las adversidades, él me ha enseñado a batallar siempre por lo que deseas y te hace feliz.

A mi abuelita Mercedes que, aunque ya no están presente, por ser guía en mi vida e inculcarme el ser cada día mejor persona.

“Solo si te esfuerzas podrás descubrir cuán lejos puedes llegar”

Anónimo

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud eterna es para mis padres, mi logro es fruto de su cariño, comprensión y apoyo, ellos han sido quienes me inspiraron siempre a buscar mi objetivo y que la lucha constante trae los mejores resultados, espero que con el tiempo poder devolverles todo lo que ellos han hecho por mí.

A mis hermanos por su apoyo incondicional a cada momento, siempre estuvieron y están al pendiente de mí.

A Jenifer quien llego a mi vida para enseñarme que puedo dar mucho más de lo que soy y que cada día con esfuerzo podría alcanzar a ser una mejor versión de mi si yo quisiese.

A mi tutor de tesis ingeniero Byron Altamirano quien aceptó el reto de ser mi guía durante el desarrollo de mi proyecto de tesis.

A los diferentes técnicos de Obras Públicas del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Cotopaxi que respondieron de forma positiva a colaborar conmigo durante el desarrollo del proyecto.

A los que en cierto punto de la trayectoria para alcanzar este objetivo estuvieron presentes en mi vida, aprendí de todos y siempre me quedo con los mejores recuerdos de cada uno.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES Y GENERALIDADES.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes.....	1
1.3. Problema	2
1.4. Delimitación	2
1.5. Justificación	3
1.6. Objetivos.....	3
1.6.1. Objetivo general.....	3
1.6.2. Objetivos específicos	4
1.7. Evaluación del sistema vial existente	5
1.8. Ubicación geográfica	5
1.8.1. Coordenadas	5
1.8.2. Límites	6
1.9. Área de estudio	7
1.9.1. Población	7
1.9.2. Salud	7
1.9.3. Educación	7
1.9.4. Sistema económico	8
1.9.5. Aspectos naturales	9
1.9.6. Características climáticas.....	9
CAPÍTULO II.....	10
MARCO TEORICO.....	10
2.1. Topografía.....	10
2.2. Cuento de tráfico, y su proyección	11
2.2.1. Clasificación del trafico	11
2.2.2. Trafico promedio diario anual	12
2.3. Clasificación de la vía.....	12
2.4. Estudio Geológico y geotécnico	13
2.4.1. Geología.....	13
2.4.2. Mapa geológico	13
2.4.3. Fallas geológicas.....	13
2.5. Estudio geotécnico preliminar	13
2.6. Los suelos	14
2.7. Clasificación de los suelos.....	14
2.8. Pavimento	14
2.9. Diseño Geométrico de la carretera	15
2.10. Diseño horizontal.....	15
2.11. Diseño vertical	16
CAPÍTULO III	17
METODOLOGIA.....	17

3.1.	Tipo de investigacion.....	17
3.2.	Método.....	17
3.3.	Técnica para recolectar informacion.....	17
3.4.	Proceso Técnico de Ingeniería Civil.....	17
3.4.1.	Estudio topográfico.....	17
3.4.2.	Estudio Geotécnico-Geológico.....	18
3.4.3.	Estudio de tráfico.....	18
3.4.4.	Diseño geométrico y estructural.....	18
3.4.5.	Diseño hidráulico.....	18
CAPÍTULO IV.....		19
ESTUDIO TOPOGRÁFICO.....		19
4.1.	Antecedentes.....	19
4.2.	Sistema de coordenadas.....	19
4.3.	Levantamiento topográfico.....	19
4.3.1.	Levantamiento con dron y ortomosaico.....	22
4.4.	Tipología del terreno.....	23
4.5.	Procesado de datos.....	24
CAPÍTULO V.....		26
ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO.....		26
5.1.	Estudios de suelos.....	26
5.1.1.	Antecedentes.....	26
5.1.2.	Riesgos naturales.....	26
5.1.2.1.	Susceptibilidad sísmica.....	26
5.1.2.2.	Susceptibilidad a peligros volcánicos.....	28
5.1.2.3.	Susceptibilidad a inundaciones.....	29
5.2.	Estudios geotécnicos.....	30
5.2.1.	Trabajos de campo.....	30
5.2.1.1.	Excavación de calicatas.....	30
5.2.1.2.	Cono Dinámico de Penetración DCP.....	31
5.2.2.	Trabajos de laboratorio.....	31
5.2.2.1.	Contenido de humedad.....	31
5.2.2.2.	Granulometría.....	32
5.2.2.3.	Límites de Atterberg.....	32
5.2.2.3.1.	Límite Líquido (LL).....	32
5.2.2.4.	Clasificación de suelos.....	33
5.2.2.4.1.	Clasificación SUCS.....	33
5.2.2.4.2.	Clasificación AASHTO.....	33
5.2.2.5.	Cálculo de la capacidad portante del suelo (California Bearing Ratio) CBR de laboratorio.....	34
5.2.2.6.	Determinación del CBR de diseño.....	34
5.3.	Localización de fuentes de materiales.....	36
5.4.	Análisis de taludes.....	38
CAPÍTULO VI.....		40

ESTUDIO DEL TRÁFICO	40
6.1. Alcance	40
6.2. Metodología.....	40
6.3. Estaciones de conteo	41
6.4. Conteos volumétricos de tráfico	42
6.5. Determinación del Tráfico promedio diario anual –TPDA	43
6.5.1. Factor horario.....	45
6.5.2. Factor diario.....	45
6.5.3. Factor semanal	46
6.5.4. Factor mensual.....	46
6.5.5. Tráfico Generado (TG).....	47
6.5.6. Tráfico Atraído (TAT).....	48
6.5.7. Tráfico por Desarrollo (TD)	48
6.5.8. Tráfico Actual (TA).....	49
6.6. Proyección actual del tráfico.....	49
6.7. Clasificación de la vía según el MOP – 2003.....	50
6.8. Clasificación de tráfico según GAD provincial de Cotopaxi	52
6.9. Cálculo de los ejes equivalentes por AASHTO.....	53
6.10. Factor daño por vehículo comercial- FDV	55
6.11. Factor de equivalencia de carga por eje según AASHTO	56
6.12. Cuantificación del número de ESAL´S	57
CAPÍTULO VII.....	58
DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL	58
7.1. Descripción actual	58
7.2. Criterios de diseño	58
7.3. Velocidad de diseño.....	59
7.4. Velocidad de circulación	61
7.5. Diseño horizontal.....	62
7.5.1. Criterios generales	62
7.5.2. Curvas circulares	63
7.5.2.1. Curvas simples	63
7.5.2.2. Curvas de transición	64
7.5.3. Tangentes.....	64
7.5.4. Peralte de curvas	65
7.5.5. Radio mínimo de curvatura horizontal	66
7.5.6. Transición del peralte	67
7.5.7. Sobre ancho de las curvas.....	69
7.5.8. Factores de seguridad de circulación vehicular.	69
7.6. Diseño vertical	70
7.6.1. Criterios generales	70
7.6.2. Gradientes máximas y mínimas.....	70
7.6.3. Curvas verticales.....	70
7.6.3.1. Curvas verticales convexas	70

7.6.3.2. Curvas verticales cóncavas.....	71
7.7. Movimiento de tierras.....	71
7.7.1. Diagrama de masas.....	71
CAPÍTULO VIII.....	73
DISEÑO DEL PAVIMENTO.....	73
8.1. Tipos de pavimentos.....	73
8.1.1. Pavimentos flexibles.....	73
8.2. Capa de rodadura.....	73
8.3. Diseño estructural.....	74
8.3.1. Metodología de cálculo.....	74
8.3.2. Parámetros de diseño.....	75
8.4. Cálculo de volúmenes de obra.....	78
CAPÍTULO IX.....	82
DISEÑO HIDRÁULICO.....	82
9.1. Información preliminar.....	82
9.2. Funcionalidad de obras de drenaje.....	83
9.3. Parámetros de diseño.....	83
9.3.1. Periodo de retorno.....	87
9.3.2. Tiempo de concentración.....	88
9.3.3. Intensidad de precipitación.....	90
9.3.4. Coeficiente de escorrentía.....	91
9.4. Drenaje longitudinal.....	93
9.5. Drenaje transversal.....	94
9.6. Diseño de estructuras de drenaje.....	98
9.7. Diseño hidráulico.....	99
9.8. Diseño de obras de drenaje.....	100
CAPÍTULO X.....	104
SEÑALIZACIÓN VIAL.....	104
10.1. Señalización vertical.....	104
10.1.1. Clasificación de señales verticales de tránsito.....	104
10.1.2. Características básicas de las señales verticales.....	104
10.1.2.1. Forma.....	104
10.1.2.2. Color.....	106
10.1.2.3. Tipos de letras.....	107
10.2. Señalización horizontal.....	107
10.2.1. Clasificación de señales horizontal de tránsito.....	107
10.2.2. Características básicas de las señales horizontales.....	108
10.2.2.1. Mensaje.....	108
10.2.2.2. Ubicación.....	108
10.2.2.3. Dimensiones.....	108
10.2.2.4. Retrorreflexión.....	109
10.2.2.5. Color.....	109
10.2.2.6. Contraste.....	109

10.2.2.7. Resistencia al deslizamiento.....	110
10.3. Símbolos y leyendas	110
CAPÍTULO XI.....	111
EVALUACIÓN AMBIENTAL	111
11.1. Área de influencia socio económica	111
11.2. Evaluación de Impactos Ambientales.....	111
11.3. Plan de manejo ambiental.....	112
CAPÍTULO XII.....	114
ANÁLISIS FINANCIERO	114
12.1. Presupuesto referencial	114
12.2. Valor actual neto VAN	118
12.3. Tasa interna de retorno TIR	118
12.4. Beneficio/Costo	118
12.4.1. Análisis de precios unitarios, cronograma valorado, cuadrilla tipo y formula polinomial	119
12.5. Especificaciones técnicas.....	119
CONCLUSIONES	120
RECOMENDACIONES	122
REFERENCIAS	123
ANEXOS	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Delimitación de la vía</i>	6
Tabla 2 <i>Clasificación del tráfico</i>	12
Tabla 3 <i>Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado</i>	12
Tabla 4 <i>Monografía de puntos de control</i>	22
Tabla 5 <i>Tipología del terreno</i>	24
Tabla 6 <i>Tipo de terreno encontrado</i>	24
Tabla 7 <i>Valor de “Z” Según zona sísmica</i>	27
Tabla 8 <i>Coordenadas de ubicación de Calicatas</i>	30
Tabla 9 <i>Valor de CBR de diseño, Instituto del Asfalto</i>	34
Tabla 10 <i>Resumen a la profundidad de 1.50m</i>	35
Tabla 11 <i>Cálculo CBR de diseño</i>	35
Tabla 12 <i>Resumen de resultados</i>	36
Tabla 13 <i>Inclinación de los taludes</i>	39
Tabla 14 <i>Resumen final del conteo</i>	44
Tabla 15 <i>Factores de estacionalidad diaria para puntos aforados en la Sierra</i>	45
Tabla 16 <i>Aplicación Factor diario</i>	46
Tabla 17 <i>Factor semanal</i>	46
Tabla 18 <i>Tasa De Crecimiento Vehicular del proyecto</i>	47
Tabla 19 <i>Trafico generado al 20%</i>	48
Tabla 20 <i>Trafico generado al 10%</i>	48
Tabla 21 <i>Tránsito por desarrollo al 5%</i>	49
Tabla 22 <i>Resumen final</i>	49
Tabla 23 <i>Proyección del tráfico para 15 y 20 años</i>	50
Tabla 24 <i>Clasificación de la vía de acuerdo al tráfico</i>	51
Tabla 25 <i>Sección Transversal en función del TPDA</i>	51
Tabla 26 <i>Factor carril</i>	54
Tabla 27 <i>Factor dirección</i>	55
Tabla 28 <i>Formula de factores de daño</i>	56
Tabla 29 <i>Factor de daño</i>	56
Tabla 30 <i>Resultados de cálculo de Ejes equivalentes ESALS</i>	57
Tabla 31 <i>No Ejes Equivalentes 20 Años</i>	57
Tabla 32 <i>IV-I VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)</i>	60
Tabla 33 <i>Cuadro IV.2 de las normas de diseño geométrico 2003</i>	62
Tabla 34 <i>Radios mínimos de curvas en función del peralte</i>	66
Tabla 35 <i>Calculo longitud de aplanamiento</i>	67
Tabla 36 <i>Longitud de Gradiente</i>	67
Tabla 37 <i>Calculo longitud de transición</i>	68
Tabla 38 <i>Calculo longitud de transición TOTAL</i>	68
Tabla 39 <i>Gradiente G para distintas velocidades</i>	69
Tabla 40 <i>Valores de diseño de las pendientes longitudinales máximas</i>	70
Tabla 41 <i>Periodo de diseño para carreteras</i>	75
Tabla 42 <i>Índices de serviciabilidad</i>	76

Tabla 43 <i>Calidad de drenaje por AASHTO 1993</i>	77
Tabla 44 <i>Ecuaciones de coeficiente estructural para diferentes capas estructurales de vía</i>	78
Tabla 45 <i>Resultado de coeficiente estructural</i>	78
Tabla 46 <i>Valores de diseño</i>	79
Tabla 47 <i>Resultados para el cálculo de SN</i>	79
Tabla 48 <i>Propuesta de espesores de pavimento</i>	80
Tabla 49 <i>Datos de estaciones meteorológicas cercanas al proyecto</i>	84
Tabla 50 <i>Tabla de Ecuaciones de Intensidad de la Estación M064.</i>	86
Tabla 51. <i>Datos de Intensidad Máxima en los Diferentes años</i>	86
Tabla 52 <i>Registro histórico de pluviosidad</i>	90
Tabla 53 <i>Método racional.</i>	92
Tabla 54 <i>Datos cuneta</i>	100
Tabla 55 <i>Cuadro resumen de diseño alcantarillas</i>	101
Tabla 56 <i>Cuadros de resumen para cunetas</i>	103
Tabla 57 <i>Cálculo de volúmenes para alcantarillas</i>	103
Tabla 58 <i>Clasificación de señales verticales de tránsito</i>	104
Tabla 59 <i>Calificación de los Impactos Ambientales</i>	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Estado actual de la vía</i>	5
Figura 2 <i>Imagen aérea de la vía</i>	6
Figura 3 <i>Sembríos de avena</i>	8
Figura 4 <i>Levantamiento topográfico con estación total</i>	10
Figura 5 <i>Tipos de ejes</i>	13
Figura 6 <i>Estabilidad del vehículo en las curvas</i>	16
Figura 7 <i>Levantamiento topográfico del estado actual de la vía</i>	20
Figura 8 <i>Cadenero para toma de puntos</i>	21
Figura 9 <i>Levantamiento topográfico con Dron</i>	22
Figura 10 <i>Ubicación de puntos de control</i>	23
Figura 11 <i>Topografía del proyecto</i>	25
Figura 12 <i>Amenaza Sísmica del Proyecto</i>	27
Figura 13 <i>Volcanes aledaños al proyecto</i>	28
Figura 14 <i>Nivel de amenaza volcánica por cantón en el Ecuador</i>	29
Figura 15 <i>Nivel de amenaza por inundaciones por cantón en el Ecuador</i>	29
Figura 16 <i>Ubicación de Calicatas</i>	31
Figura 17 <i>Porcentaje vs CBR INSITU</i>	35
Figura 18 <i>Porcentaje vs CBR LABORATORIO</i>	36
Figura 19 <i>Mina San Mateo</i>	37
Figura 20 <i>Propiedades del material</i>	37
Figura 21 <i>Ubicación de la estación de conteo</i>	42
Figura 22 <i>Resumen conteo manual</i>	43
Figura 23 <i>Distribución por tipo de vehículo</i>	45
Figura 24 <i>Derecho de vía y cuidado de la red vial rural de la provincia de Cotopaxi</i> 52	52
Figura 25 <i>Características para tipo de vehículo</i>	55
Figura 27 <i>Figura IV.2 de las normas de diseño geométrico 2003</i>	61
Figura 28 <i>Elementos de la curva circular simple</i>	63
Figura 29 <i>Estabilidad del vehículo en curvas</i>	65
Figura 33 <i>Distribución de longitud de transición</i>	68
Figura 34 <i>Determinación de m1 y m2</i>	77
Figura 38 <i>Afectación de quebradas y ríos aledaños al proyecto</i>	82
Figura 39 <i>Estaciones meteorológicas cercanas al proyecto</i>	84
Figura 40 <i>Estaciones meteorológicas del cantón Latacunga</i>	85
Figura 41 <i>Grafica de Intensidad Máxima - Duración – Periodo de Retorno</i>	87
Figura 42 <i>Delimitación de las zonas del Ecuador</i>	88
Figura 43 <i>Mapa de intensidades máximas</i>	89
Figura 44 <i>Precipitación media de la estación aeropuerto Cotopaxi</i>	91
Figura 46 <i>Muros de alas</i>	96
Figura 47 <i>Estructura Tipo Cajón</i>	97
Figura 48 <i>Alcantarilla con estructura de cajón y cabezal con muro de alas</i>	98
Figura 49 <i>Estado de la vía actual</i>	98
Figura 50 <i>Tubo metálico ubicado en la abscisa 1+370</i>	99

Figura 51 <i>Distribución de áreas alrededor de la vía</i>	99
Figura 52 <i>Perfil de cuneta</i>	101
Figura 53 <i>Tubería con diámetro 800mm</i>	102
Figura 54 <i>Tubería con diámetro 1200mm</i>	102
Figura 55 <i>Formas por RTE-INEN-004-1</i>	105
Figura 56 <i>Colores señales verticales</i>	106
Figura 57 <i>Distancia de legibilidad</i>	107
Figura 58 <i>Tolerancias máximas en las dimensiones de señalizaciones</i>	109

RESUMEN

La red de vial de la región, se ha ido configurando, a lo largo de muchos años por tanto el tránsito vehicular ha ido aumentando en todas partes del país, según el crecimiento de del lugar, y ese también es el caso de “La Cocha” una comunidad que pertenece a la parroquia de Zumbahua ubicada en la parte centro norte del país. El camino que en este caso une el centro poblado de “La Cocha” con la vía principal Zumbahua tiene una extensión aproximada de 1.70km y su conformación es de tierra.

Entre las prioridades del buen vivir de los pueblos esta la comunicación entre comunidades que sustenta el crecimiento de las mismas en este caso las vías de comunicación constituyen un elemento indispensable y sustancial en el desarrollo social y económico de un pueblo por lo que este proyecto está destinado a realizar el mejoramiento tanto del trazado geométrico como también el estructural de la vía actual. Se cuenta con el apoyo del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Cotopaxi (GADPC) quien busca colaborar de manera conjunta poniendo a disposición documentación y estudios que ellos posean a cambio de la asistencia para elaborar un proyecto similar y que pueda ser implementado a futuro. Se debe tener en cuenta que el estudio de esta vía conlleva a las diferentes áreas de la Ingeniería Civil, como son la Topografía, Geología, Geotecnia, Mecánica de Suelos, Hidrología, Hidráulica entre otras, a más de otras disciplinas Economía, Impacto Ambiental, que permiten realizar los estudios de un proyecto vial. El diseño final obtenido difiere en resultados adoptados por el GADPC pues para el desarrollo de un proyecto real se cuenta con un presupuesto y condiciones limitadas. El diseño del mejoramiento de la vía, se realizó de acuerdo a normas y especificaciones vigentes, para que el proyecto vial se conserve en condiciones óptimas durante la vida útil.

Palabras clave: Ingeniería civil, carreteras, diseño vial, mejoramiento, pavimento

ABSTRACT

The road network of the region has been configured over many years, therefore vehicular traffic has been increasing in all parts of the country, according to the growth of the place, and that is also the case of "La Cocha" a community that belongs to the parish of Zumbahua located in the north-central part of the country. The road that connects the town of "La Cocha" with the main road to Zumbahua is approximately 1.70 km long and is made of dirt.

Among the priorities of the good life of the people is the communication between communities that sustains the growth of the same in this case the roads are an indispensable and substantial element in the social and economic development of a people so this project is intended to make the improvement of both the geometric layout as well as the structural of the current road.

We have the support of the Autonomous Provincial Decentralized Government of Cotopaxi (GADPC) who seeks to collaborate jointly by providing documentation and studies that they have in exchange for assistance to develop a similar project that can be implemented in the future. It should be noted that the study of this road involves different areas of Civil Engineering, such as Topography, Geology, Geotechnics, Soil Mechanics, Hydrology, Hydraulics, among others, in addition to other disciplines such as Economics, Environmental Impact, which allow the studies of a road project.

The final design obtained differs in the results adopted by the GADPC because for the development of a real project there is a limited budget and conditions.

The design of the road improvement was carried out according to current standards and specifications, so that the road project is kept in optimal conditions during its useful life.

Keywords: Civil engineering, roads, road design, improvement, pavement

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1. Introducción

El presente estudio técnico tiene como finalidad el realizar un mejoramiento tanto estructural como geométrico del camino que une la vía principal Zumbahua en la comunidad Pasobullo hasta la comunidad La Cocha, la alternativa a presentar es la de un diseño estructural con capa de rodadura en pavimento flexible (asfalto) al ser la opción en términos económicos, la más factible.

Se llevará a cabo distintos procesos entre los cuales están, estudio topográfico, estudio de tráfico, estudio geológico y geotécnico, diseño geométrico y estructural, estudio hidrológico, señalización y seguridad vial, estudio y análisis de impacto ambiental. Al concluir con el desarrollo de estas actividades se podrá presentar un presupuesto referencial con sus debidas especificaciones técnicas.

La vía actual en cuestión tiene una longitud aproximada de 1.7 km y para su rediseño, se seguirá lo indicado por las Normas de diseño geométrico MOP – 2003 considerando radios de curvaturas recomendados, pendientes y demás directrices que la normativa indica. Por consiguiente, se procurará afectar en el mínimo porcentaje a los predios que colinden con la vía, pero teniendo en cuenta que se debe respetar la normativa.

Con el avance de la tecnología es inevitable darnos las comodidades que nos brindan los distintos programas informáticos, para el presente estudio el principal a usar será el software Civil 3D en su versión de 2022 además del paquete computacional de office (Word, Excel, PowerPoint y Project)

1.2. Antecedentes

Zumbahua es un pueblo mayormente dedicado a la agricultura de alimentos que se han podido adaptar a las condiciones climáticas del lugar. Al estar ubicado

aproximadamente a 3500 metros de altura, son pocos los tipos de plantas que pueden crecer en la zona, entre ellas están la papa, el trigo y la cebolla.

La vía que lleva desde la vía principal hacia la comunidad “La Cocha” es de 6 metros de ancho en su mayor parte, es de tierra y no cuenta con un sistema de drenaje pluvial adecuado. Los moradores de “La Cocha” presentan varios inconvenientes que aumentan en la época invernal.

Se contará con el apoyo por parte del Gobierno Provincial de Cotopaxi para la realización del estudio topográfico, estudios de suelo y cuanto sea necesarios para el diseño final de la vía.

1.3. Problema

La afectación que sufre esta vía en épocas de lluvia ocasiona varios daños, esto debido a que no presenta un adecuado sistema de drenaje, estos daños pueden llegar a ocasionar varias dificultades al libre tránsito.

La vía de estudio además de servir de conexión directa con el centro poblado de la comunidad “La Cocha” beneficia directamente a las familias aledañas a dicha vía, pues se trata de una vía con extensión aproximada de 1.7 km y en dicho tramo existe un promedio de 30 familias dedicadas a la agricultura.

La comunidad “La Cocha” ya ha solicitado con anterioridad atención a este requerimiento, pero no ha sido atendido por las autoridades respectivas.

1.4. Delimitación

El proyecto está dirigido a las personas de las comunidades de “La Cocha” entre otras más quienes son beneficiarios directos de esta vía. Los dueños de vehículos que transitan por esta vía también verán una ayuda económica reflejada en la reducción de costos de mantenimiento que se llevaban a cabo periódicamente por el mal estado de la vía. El proyecto busca dar una rápida atención a las necesidades que presentaba las

comunidades aledañas al sector pues se podrá reducir tiempos de transporte entre las mismas.

1.5. Justificación

Se busca potenciar el desarrollo de la comunidad “La Cocha” y de otras comunidades que serán beneficiadas en primera instancia por este tramo de vía. Por lo tanto, el mejorar esta vía será un gran aporte para que el lugar presente avances en el campo productivo, económico y social. La comunidad que habita este sector es una población dedicada en su mayoría a la agricultura y ganadería con el cultivo de cebada y cría de borregos respectivamente. Por lo tanto, esta vía también servirá para sacar los productos agrícolas de la zona, beneficiando en gran manera la economía de los pobladores al sacar sus productos al comercio por una vía que se encuentre en buen estado.

Este proyecto es factible porque se diseñará siguiendo las normas y delimitaciones técnicas para mejorar la seguridad vial. Se dispone con los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera universitaria. Además, de lo antes ya mencionado que es el apoyo del Gobierno Provincial de Cotopaxi e inclusive se cuenta con el apoyo de las autoridades de la comunidad “La Cocha” y Zumbahua quienes están deseosos de colaborar con el proceso de este proyecto.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Realizar la propuesta de mejoramiento al camino que une la comunidad “La Cocha” y la vía principal Zumbahua, a través del estudio y análisis técnico que seguirá la normativa vigente del país, para establecer la viabilidad técnico – económica en la ejecución de dicho proyecto.

1.6.2. Objetivos específicos

Obtener información primaria que demuestre su factibilidad, con encuestas o el dialogo dirigido a moradores del sector, para poder tener una base fundamentada de la necesidad de la vía.

Realizar todas las inspecciones, visitas y trabajos de campo necesarios, que permitieran determinar el estado actual de la vía, el trazado y las características geométricas de la vía, los servicios con que cuenta y otros datos de interés

Recoger toda la información disponible del sector como: estudios técnicos anteriores, análisis hídricos, geológicos, ambientales, socioeconómicos, y tráfico, mediante el análisis de los documentos que posee el Gobierno Provincial de Cotopaxi y la observación de campo que servirán para un correcto y detallado diseño de la vía.

Realizar la obtención de la topografía del lugar, mediante un levantamiento topográfico con la implementación del equipo correspondiente, para realizar un correcto trazado y rectificación de la vía en estado actual.

Elaborar los estudios técnicos de campo y de laboratorio para garantizar el diseño geométrico de la vía que genere el menor impacto ambiental en el área de influencia del proyecto.

Determinar el TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual).

Estudiar los problemas de drenaje de obras de arte menor.

Realizar los estudios de suelos de la vía, determinar la calidad de la sub-rasante en los sitios identificados en el proyecto.

Realizar el diseño geométrico, estructural y diseño del pavimento de la vía en cuestión con la aplicación de la normativa vigente y las limitantes de la información y resultados obtenidos de los distintos ensayos de laboratorio para concluir en un diseño adecuado final de la vía.

1.7. Evaluación del sistema vial existente

La vía que lleva desde la comunidad Pasubullo hacia la comunidad “La Cocha” tiene un ancho de 6 metros en su mayor parte, la vía actualmente se encuentra construida de tierra y no cuenta con un sistema de drenaje adecuado pues para su diseño no se siguió ningún el criterio o normativa correspondiente. Los moradores de “La Cocha” presentan varios inconvenientes en época invernal al tratarse de una vía de tierra.

Figura 1

Estado actual de la vía



Nota. Camino de tierra con ancho promedio de 6 m y longitud aproximada de 1.7 km

Elaborado por: El autor

1.8. Ubicación geográfica

1.8.1. Coordenadas

La vía se encuentra ubicada a 5km del centro poblado de Zumbahua en Pujilí Cotopaxi. Es un tramo que consta de 1.7 km de longitud aproximada y presenta las siguientes coordenadas UTM WGS 84 en la zona 17S respectivamente.

Inicial: Latitud: 732776.95 m E

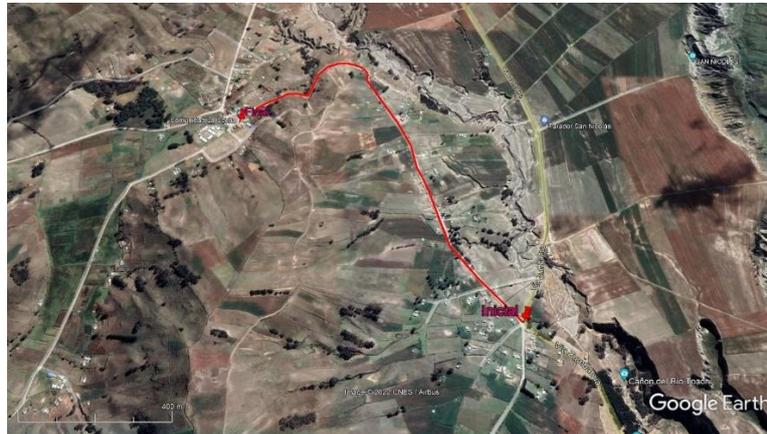
Longitud: 9897537.73 m S

Final: Latitud: 731894.76 m E

Longitud: 9898255.47 m S

Figura 2

Imagen aérea de la vía



Nota. La línea roja representa la extensión de 1.7km del proyecto. Elaborado por: El autor, a través de Google Earth Pro (2021)

1.8.2. Límites

La vía tiene una extensión aproximada de 1.60 km y conecta a dos comunidades, Pasubullo y La Cocha, las dos ubicadas en la parroquia de Zumbahua presentan la siguiente delimitación para el proyecto.

Tabla 1

Delimitación de la vía

Lindero	
Norte	Quebrada Cochás
Sur	Comunidad Pasubullo
Este	Quebrada Cochás
Oeste	Centro poblado La Cocha

Nota. Límites del proyecto . Elaborado por: El autor

1.9. Área de estudio

Esta área será el espacio físico en el cual se desarrollan las actividades económicas y sociales donde se ejecute el proyecto, por tanto el área de estudio abarca principalmente a la comunidad “La Cocha” beneficiario directo del mejoramiento de la vía.

1.9.1. Población

Según el informe técnico de alineamiento del plan de desarrollo y ordenamiento territorial un 98.8% de la población se auto identifica como indígena y en el mismo porcentaje se identifica como pueblo Panzaleo de la etnia Kichwa. Las mujeres visten blusas bordadas, chal triangular, falda plisada y medias gruesas en cambio los hombres acostumbran a llevar camisa blanca, poncho rojo y pantalón de tela, en los dos casos llevan un sombrero con pluma de pavo real.

La comunidad “La Cocha” es catalogada como comunidad rural de la parroquia de Zumbahua. Según afirma la presidenta de la comuna la señora Olga Mejía se estima una población beneficiaria de 700 habitantes.

1.9.2. Salud

Las personas que viven en los sectores aledaños a la vía carecen de un centro para atención de la salud que se ubique en su comunidad, al tratarse de una comunidad rural la atención medica la reciben en el centro poblado de la parroquia de Zumbahua donde se encuentran las siguientes infraestructuras de salud:

- Centro de salud tipo B Zumbahua
- Hospital Claudio Benati

1.9.3. Educación

El porcentaje de analfabetismo en la parroquia rural de Zumbahua alcanza un 40.6% según datos del censo del año 2010 por esto se ubica entre las parroquias con los índices de analfabetismo más altos.

La comuna la cocha cuenta con una institución educativa, el Colegio Bilingüe 24 de Octubre, es la institución que alberga a la mayoría de niños y jóvenes de la zona.

1.9.4. Sistema económico

A nivel parroquial el porcentaje de pobreza en esta parroquia es del 98%, de acuerdo a los resultados del Censo del año 2010, lo que demuestra que la mayoría de la población de la parroquia no tiene los suficientes ingresos económicos ni posee las necesidades básicas. Además, Zumbahua y a su vez La Cocha forman parte del cantón Pujilí el mismo que tiene uno de los índices más altos de pobreza a nivel provincial y nacional.

La agricultura es la actividad económica que sobresale en el área de estudio que influye de forma directa al proyecto. Los principales productos de esta labor son la papa, habas, trigo, actualmente la mayoría de terrenos aledaños a la vía presentan sembríos extensos de avena.

Figura 3

Sembríos de avena



Nota. La avena se ha convertido en el principal producto de producción. Elaborado por: El autor (2022)

1.9.5. Aspectos naturales

La cobertura vegetal es una de las variables fundamentales a considerar, ya que refleja y es consecuencia de las dinámicas y actividades que el ser humano desarrolla en el territorio y el uso que se ha hecho de él.

La presencia del “Volcán Laguna Quilotoa” sobre un territorio de origen glacial ha configurado un particular y diverso paisaje entre montañas, encañonamientos, valles, etc. La vía colinda con una falla geográfica, esta quebrada delimita al proyecto en ciertos aspectos pues se evitará en todo momento dañar la naturaleza de la quebrada esto incluirá no tomarlo como punto para escombrera.

En lo posible el proyecto buscara la preservación de la naturaleza y de todos los elementos que la componen, entre estos elementos se encuentra la vegetación, el suelo, el agua y los derivados de cada uno de ellos.

1.9.6. Características climáticas

El Ecuador se caracteriza por tener un clima principalmente variado dependiendo del lugar donde nos encontremos, esto se debe principalmente a la posición geográfica del país, además en el Ecuador se denota la influencia de dos importantes corrientes marinas como lo es la corriente caliente “El Niño” la corriente fría de "Humboldt".

La temperatura en el lugar donde se desarrollará el proyecto tiene una media de entre 7°C y 16 °C, la temporada con mayor presencia de lluvia es en el lapso de los meses de diciembre a mayo. La presencia de llovizna y neblina puede ser común y se lo debe considerar en un futuro para el desarrollo del proyecto

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. *Topografía*

La topografía es la primera instancia en toda obra civil, es la que se encarga de determinar la configuración de la superficie del terreno en el cual se implantara la obra, se debe tener en cuenta que la topografía en extensiones pequeñas se la denominara planimetría y para extensiones grandes se utilizara el termino geodesia.

Los medios más usados en la actualidad para realizar levantamientos topográficos son mediante estación total y Real Time Kinematic RTK que en el medio se lo suele llamar GPS pero este término es totalmente erróneo.

Levantamiento topográfico con estación total: se lo realiza con dos instrumentos clave que son la estación total y el prisma su mayor desventaja se da cuando existe muchos obstáculos para poder visualizar desde la estación total el prisma.

Figura 4

Levantamiento topográfico con estación total



Nota. Estación total marca south serie N40. Elaborado por: El autor

Levantamiento topográfico con RTK: es comúnmente usado en extensiones de terreno más grande consta de dos antenas la base y el Robert. El mayor problema en este medio para recolectar información del terreno se presenta cuando las antenas presentan dificultades para captar señal. Un problema no muy analizado en nuestro país es el poco número de canales que brindan señal y que es una desventaja respecto a otros países,

2.2. *Conteo de tráfico, y su proyección*

El diseño de un proyecto vial está relacionado de forma directa con el tráfico pues busca proyectar a la capacidad que se diseñara la vía tanto actualmente como también una estimación futura.

Se lo puede realizar de forma manual o automática y consiste en cuantificar el número de vehículos de cualquier denominación que transiten por la vía. El conteo de vehículos se lo realiza por más de 3 días los cuales pueden ser intercalados y se contabilizara en un rango mayor a 12 horas diarias.

2.2.1. *Clasificación del trafico*

Para un correcto diseño de una mezcla asfáltica la clasificación del tráfico ira en función de la cantidad de vehículos pesados que circulen por la vía. Así lo menciona la especiación MOP-001-F 2002:

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. (p. 400)

La clasificación en función de IMDP según la especiación MOP-001-F 2002:

Tabla 2*Clasificación del trafico*

TRAFICO	IMDP
Liviano	Menos de 50
Medio	50 a 200
Pesado	200 a 1000
Muy pesado	Más de 1000

Nota1. Datos tomados de Especificaciones Generales para la construcción de Caminos y Puentes MOP – 001- F 2002 (2002).

2.2.2. Trafico promedio diario anual

Nos indica la intensidad volumétrica de vehículos que circularan en un día en una carretera. Se debe tomar en cuenta factores de variación del TPDA los cuales son el factor horario, diario, semanal y mensual estos valores se los implementara para la corrección del TPDA proyectado al año cero.

2.3. Clasificación de la vía

En el país para realizar un diseño de la vía por recomendación se clasifica a una carretera en un periodo de 15 a 20 años en función esto en función de un pronóstico de tráfico calculado previamente.

Tabla 3*Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado*

Clase de carretera	Trafico proyectado TPDA
R-I o R-II	Mas 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

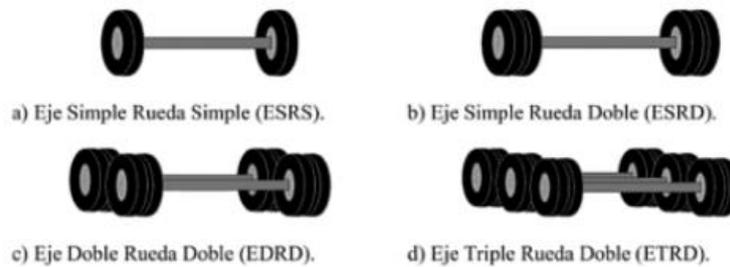
Nota. Datos tomados de Normas de diseño geométrico MOP - 2003 (2003).

Ejes equivalentes

Es un eje formado por un eje simple rueda doble de carga estándar de 8,2Ton, o 18Kips.

Figura 5

Tipos de ejes



Nota1. 4 tipos de ejes Fuente: Gestión de infraestructura vial: Tercera edición (2018)

2.4. Estudio Geológico y geotécnico

2.4.1. Geología

Es la ciencia que estudia el paso del tiempo esto por medio de las rocas en la superficie terrestre, para lograrlo determina las características tanto del suelo como del subsuelo de una zona específica

2.4.2. Mapa geológico

Es el mapa dibujado a diferentes escalas el cual nos indica por medio la zona y el tipo de roca procedente de ese lugar también puede mostrarnos el detalle de la edad de esa roca con lo que se podría analizar el paso del tiempo en edades geológicas.

2.4.3. Fallas geológicas

Es una fractura entre dos bloques de roca, donde se puede dar un desplazamiento de una con respecto a la otra.

2.5. Estudio geotécnico preliminar

Según la Norma Ecuatoriana De La Construcción De Geotecnia Y Cimentaciones (2015):

Las actividades necesarias para aproximarse a las características geotécnicas de un terreno, con el fin de establecer las condiciones que limitan su aprovechamiento, los problemas potenciales que puedan presentarse, los criterios geotécnicos y parámetros generales para la elaboración de un proyecto, (p. 6)

Esto nos indica la importancia del análisis previo que se debe tomar en cuenta para el inicio de cualquier obra civil.

2.6. *Los suelos*

Están presentes en la capa superior de la superficie terrestre “representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves” (Badillo y Rodriguez, 2005, p. 34). Los suelos son el producto de la descomposición de la roca por distintos factores.

2.7. *Clasificación de los suelos*

La clasificación de los suelos puede presentarse en dos sistemas el primero conocido como el método SUCS que proviene de las siglas Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, el segundo método es el método AASHTO el cual es comúnmente usado para el diseño de carreteras. Cada sistema sigue sus propias reglas, pero tienen en común distintos ensayos previos para la obtención de información entre los cuales destacan:

- Granulometría
- Densidad
- Humedad
- Consistencia.

2.8. *Pavimento*

Es la combinación final de una serie de capas que conforman una sola estructura final:

- Subbase
- Base

- Superficie O Rodadura

Estas capas están compuestas por materiales por lo general pétreos que ayudan a soportar las cargas destinadas sobre cada uno de ellas, sabiendo que la capa inferior es la subbase, esta se diseñara para servir de sostén a la siguiente capa que es la base y esta se diseñara para así mismo sostener a su capa superior en este caso la capa de rodadura.

2.9. *Diseño Geométrico de la carretera*

Es el análisis y cálculo del alineamiento vertical y horizontal de carreteras, que tienen como resultado la geometría general de un camino o intersección

Parámetros de diseño

Según Normas de diseño geométrico MOP - 2003 (2003):

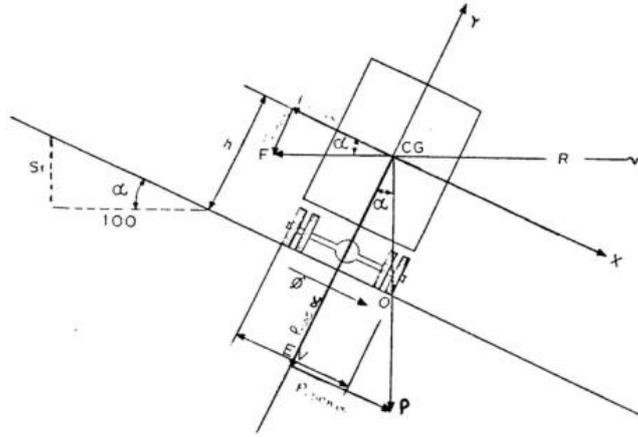
Los parámetros que determinan las características de diseño de una carretera son la velocidad, la visibilidad, el radio de curvatura horizontal, la distancia de parada, el gradiente, la capacidad de flujo y nivel de servicio, las intersecciones, y las facilidades intermedias. (p. 28)

2.10. *Diseño horizontal*

Se trata de la proyección del eje que seguirá el camino esto alineado al eje horizontal. Se implementará distintas curvas que pueden ser solo de transición o también circulares. Esta proyección será una línea recta para poder trazar este diseño horizontal se deberá regir a las características del terreno como: la topografía, hidrología, la subrasante y finalmente de los materiales locales

Figura 6

Estabilidad del vehículo en las curvas



Nota 1. Muestra en perspectiva la forma de estabilizar un vehículo en el diseño horizontal

fuelle: Normas de diseño geométrico MOP – 2003 (2003)

2.11. Diseño vertical

Según Normas de diseño geométrico MOP - 2003 (2003):

El perfil vertical de una carretera es tan importante como el alineamiento horizontal y debe estar en relación directa con la velocidad de diseño, con las curvas horizontales y con las distancias de visibilidad. En ningún caso se debe sacrificar el perfil vertical para obtener buenos alineamientos horizontales.

(p.204)

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

3.1. *Tipo de investigacion*

Para desarrollar el proyecto se plantea el tipo de investigación de estudio de caso, haciendo referencia que dicho estudio solo será aplicable para este proyecto al tratarse de una vía que ya existe, pero se realizará un diseño final definitivo.

3.2. *Método*

Se identificará cada elemento que conforma el trabajo final y se lo estudiará por separado definiendo cada una de sus características, por tanto, se empleará el método analítico. Después de recolectar toda la información tendrá su respectivo análisis y finalmente se empleará el método sintético para unir de manera coherente cada parte estudiada pues para la obtención del resultado final del proyecto planteado se planea hacer antes una serie de estudios y ensayos que servirán para llegar a una conclusión final juntando todas variables obtenidas

3.3. *Técnica para recolectar informacion*

Se realizará encuestas y observación entre otros para la obtención de variables que afectan al funcionamiento y estructuración de la vía, por observación se obtendrá datos del conteo de vehículos para poder determinar el TPDA.

3.4. *Proceso Técnico de Ingeniería Civil*

3.4.1. *Estudio topográfico*

Para el proyecto se debe realizar previamente el levantamiento topográfico, que contendrá la configuración actual de la vía que une la comunidad “La Cocha” con la vía principal Zumbahua, en el presente proyecto se prevé el mejoramiento de la vía existente por lo que se utilizará la estación total o la posible consideración de levantamiento

topográfico por metodología RTK para obtener una faja topográfica con secciones transversales de 40 metros de ancho mínimo y cada 20 metros de avance longitudinal.

3.4.2. Estudio Geotécnico-Geológico

Se debe tomar muestras inalteradas del suelo en forma de calicatas con una profundidad mínima de 1m, las muestras se tomarán aproximadamente a una distancia de 500m y servirán para poder realizar los distintos ensayos de acuerdo a las Especificaciones Generales MOP 2002, dichos ensayos se realizarán en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana.

3.4.3. Estudio de tráfico

Se debe realizar el cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) para lo cual se considerará varios puntos de conteo se considerara los puntos de acceso he intersecciones para poder tener datos reales de la estimación, tomando en cuenta el tipo de vehículos durante 7 días, con la consideración de que los días de más flujo de tránsito son los fines de semanas pues se prevé la llegada de turistas hacia el mirador, se deberá tener en cuenta el factor noche y con los datos tomados se realizará una proyección para el tráfico futuro del sector en el que se ubicará la vía según normativa MOP - 2003.

3.4.4. Diseño geométrico y estructural

Para clasificar el tipo de carretera en función de cómo lo determina la norma MOP - 2003 y tráfico, se determinará la cuantificación de la velocidad y diseño, y mediante Civil 3D determinaremos el alineamiento horizontal con la proyección correspondiente.

3.4.5. Diseño hidráulico

Para este proceso el objetivo es reducir al máximo la cantidad de agua como: pluviales, superficiales y subterráneas, con el fin de garantizar la estabilidad y funcionalidad de una vía mediante el empleo de las normas de diseño 2000 (EPMAPS) sinérgicamente a las normas del Ministerio de Obras Públicas (MOP) 2002.

CAPÍTULO IV

ESTUDIO TOPOGRÁFICO

4.1. Antecedentes

Para iniciar con un proyecto vial se parte con el levantamiento topográfico y su posterior obtención de características de terreno en donde se implantará el proyecto. Para ello se realizará la recolección de la topografía que será lo que forma el relieve del terreno, esto se lo hace en campo y sucesivamente se realiza el procesamiento de los datos obtenidos representados en varios puntos con una longitud, latitud y altitud, finalmente, se realizara el diseño geométrico para el mejoramiento de las características del trazado vial existente

Se tuvo a disposición una topografía inicial otorgada por el GADPC con puntos de control colocados, al considerarse una faja topográfica demasiado angosta se procedió a levantar más topografía para poder tener una faja adecuada y finalmente se realizó un vuelo de dron para poder obtener los productos de una nube de puntos y un orto mosaico georreferenciado del lugar.

4.2. Sistema de coordenadas

El sistema de coordenadas a utilizar es el utilizado a nivel nacional UTM WGS 84 (Universal Transverse Mercator, World Geodetic System 1984), El proyecto se encuentra ubicado en la zona 17 Sur.

4.3. Levantamiento topográfico

Tomando en cuenta que la topografía presentada por el GADPC no presenta un ancho suficiente de faja topografía se realiza un segundo levantamiento topografico para poder extender las dimensiones de la faja topografica.

Por tanto se realizo el levantamiento topográfico de la vía que se pretende mejorar además de un ancho de faja que nos permita poder realizar las correcciones necesarias en

el diseño geométrico, se fijó el sistema de coordenadas propuesto con anterioridad. Y su georreferencia fue realizada con puntos de control prefijados por el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Cotopaxi (GADPC).

Figura 7

Levantamiento topográfico del estado actual de la vía



Nota. Estación total marca south serie N40. Elaborado por: El autor

Para el trabajo en campo se empleó los siguientes equipos topográficos:

- Estación Total South Serie N40 la cual según especificaciones del fabricante cuenta con una precisión de $2 + 2$ ppm. Además se utilizó el trípode correspondiente
- Prismas topográficos con sus respectivos bastones.

El procedimiento fue el siguiente :

Se prepara y nivela el equipo correspondiente sobre algún punto referencial.

Se parte de un punto de referencia geodésico y por medio de la ubicación del norte magnético tendremos el ángulo de referencia.

Se asegura las patas metálicas del trípode firmemente contra la superficie del suelo, se nivela la superficie donde se asentará la estación total, se procura que se ajuste a una altura para la persona que realizará la toma de puntos este cómodo al mirar a través

del lente, para fijar el tripode se presiona las pata fijamente procurando que no se pierda el centro del punto de referencia.

Se procede a nivelar el equipo de medicion (la estación total), esto con la ayuda de las tornillos de ajuste y del nivel que posee el equipo

Se medira la altura del instrumento hasta donde indique el fabricante esto incluye a la estacion y los bastones.

Para poder fijar la direccion corrcta se hubica lo mas ajustado posible en direccion del centro magnetico

Finalmente se procede a la toma de los pntos que sean necesarios. Concideranto que se necesita una faja topografica la recomendación es que mientras sea viable la toma de los puntos se realice en secciones transversales un hancho de 40m.

Figura 8

Cadenero para toma de puntos



Nota, Se observa a un señor perteneciente a la comunidad que ayudo en el trabajo topográfico. Elaborado por: El autor

4.3.1. Levantamiento con dron y ortomosaico

El dron es encargado de capturar datos desde una altura fijada y que servirá para tareas de reconocimiento, fotogrametría, cartografía 3D, levantamientos topográficos, etc.

El vuelo fue sencillo pues su principal finalidad era obtener un ortomosaico, por tanto no se busca perfeccion en su topografía, aunque con una nube de puntos generada se pueda extraer puntos faltantes de ser necesario.

Figura 9

Levantamiento topográfico con Dron



Nota. Vuelo de dron y colocación de marcas en BMs. Elaborado por: El autor

Los puntos de control utilizados fueron:

Tabla 4

Monografía de puntos de control

Nombre	Norte	Este	Elevacion
BM1	9897626.5218	732675.0606	3534.144
BM2	9898504.1044	732179.9838	3569.051
BM3	9898301.3971	731907.1918	3562.680

Nota. Puntos de control existentes en el lugar. Elaborado por: El autor

Figura 10

Ubicación de puntos de control



Nota. La línea roja representa proyecto y los marcadores morados los BMs. Elaborado por: El autor, a través de Google Earth Pro (2022)

4.4. Tipología del terreno

De acuerdo a la normativa vigente en Ecuador se reconoce a tres tipos de terrenos plano, ondulado y montañoso, se podría determinar un tipo más de superficie que el la escarpada pero naturalmente por sus características es muy complicado un correcto diseño geométrico en dicho tipo de superficie, haciendo referencia a dicha norma que nos dice “Un terreno es de topografía llana cuando en el trazado del camino no gobiernan las pendientes. Es de topografía ondulada cuando la pendiente del terreno se identifica, sin excederse, con las pendientes longitudinales que se pueden dar al trazado. Y finalmente, un terreno es de topografía montañosa cuando las pendientes del proyecto gobiernan el trazado” (MTOP,2003,p.4) en la normativa se realiza una subdivisión al tipo montañoso en carácter suave y carácter escarpado, de carácter suave para pendientes menores al 50% y para carácter escarpado pendientes mayores al 50%.

Las características para poder definir el tipo de terreno serían las siguientes:

Tabla 5*Tipología del terreno*

Tipo de terreno	Pendiente máxima media de las líneas de máxima pendiente del terreno (%)	Inclinación transversal al eje de la vía, del terreno (°)
Plano (P)	0-5	0-6
Ondulado (O)	5-25	6-13
Montañoso (M)	25-75	13-40
Escarpado (E)	>75	>40

Nota: Valores utilizados para determinar el tipo de terreno Elaborado: por el autor con información tomada de: Cárdenas Grisales James. Diseño Geométrico de Carreteras. Ecoe Ediciones. Bogotá. 2002.

Después de estas consideraciones y por datos obtenidos de la topografía se determinaría que el terreno por donde actualmente se encuentra implantada la vía presenta las siguientes características:

Tabla 6*Tipo de terreno encontrado*

Abscisa (m)	TIPO DE TERRENO
0+450	Plano
1+250	Ondulado
1+500	Montañoso
1+615	Plano

Nota. Características para cada tramo del proyecto. Elaborado por: El autor

Tomando las debidas consideraciones se estima que el terreno en cuestión es mayormente ondulado, pero para tramos críticos se empleara características de un tipo de terreno montañoso.

4.5. *Procesado de datos*

El proceso post campo se lo realiza en el programa CIVIL 3D con la libreta topográfica obtenida que nos señala las coordenadas norte, este y su altitud. **ANEXO N°**

1: Puntos Levantamiento Topográfico. Se realiza el refinado de los datos para obtener una superficie limpia con una triangulación adecuada.

Para la obtención de el ortomosaico se realiza un procesado en el programa PIX-4D de todas las fotografías obtenidas con el vuelo del dron **ANEXO N° 2: Fotografías de dron.** Finalmente para la nube de puntos se realiza un segundo procesado en el programa RECAP de la familia autodesk este procesado nos devuelve un archivo “.rcp” que corresponde a la nube de puntos **ANEXO N° 3: Nube de puntos.**

Figura 11

Topografía del proyecto



Nota. Planimetría, altimetría, orto mosaico y correcciones con nube de puntos.
Elaborado por: El autor (2022)

CAPÍTULO V

ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO

5.1. *Estudios de suelos*

5.1.1. *Antecedentes*

Determinar las características geotécnicas y clasificación del suelo donde se pretende realizar el proyecto es de suma importancia pues de ello dependerá su comportamiento mecánico durante la ejecución del proyecto.

Se parte con la información otorgada por el GADPC el informe de suelos elaborado en abril de 2022 **ANEXO N° 4: Estudio Geológico.**

Para la obtención de las características geológicas que nos permitan evaluar la litología existente del área en estudio, se procedió a realizar dos fases principales de investigación, una primera fase de oficina, una segunda de campo.

En oficina se recopiló la información geológica y habitante del área en estudio también se modelaron cartas y planos de diferente índole a fin de ubicar el sitio en estudio, en la inspección de campo se realizó el reconocimiento de la litología, geología y geomorfología del área en estudio.

5.1.2. *Riesgos naturales*

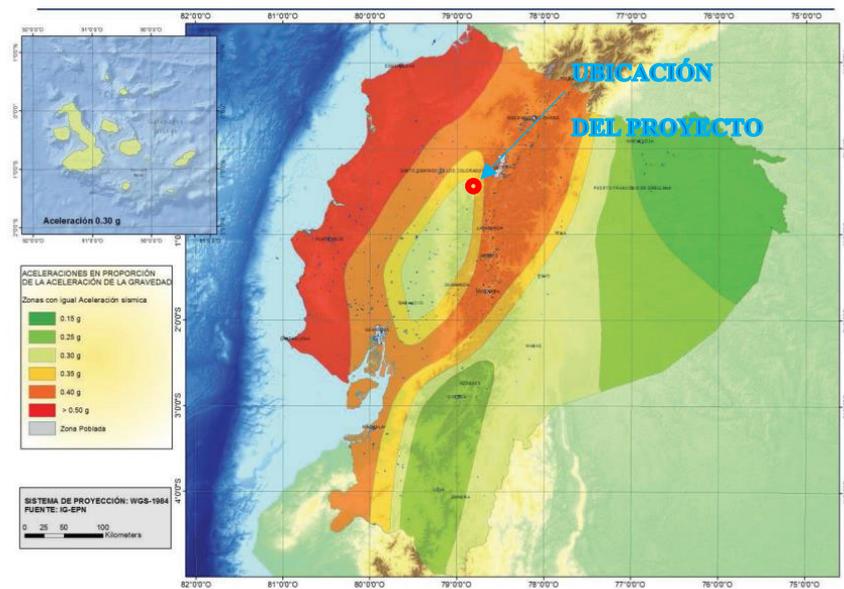
5.1.2.1. *Susceptibilidad sísmica*

Existen varios factores que incrementan la susceptibilidad sísmica y entre ellos está el tipo de topografía de la zona, el proyecto se encuentra en una zona altamente montañosa y además forma parte de la cordillera de los andes La manifestación de una reactivación de fallas regionales de primer orden que atraviesan el sector, se pueden correlacionar con eventos sísmicos suscitados en Pelileo en 1949, Esmeraldas 1976, El Reventador en 1987 y Pujilí en 1996.

Una prueba de la existencia de los sistemas de fallas mencionados anteriormente es la intensa actividad sísmica registrada entre las provincias de Cotopaxi y Tungurahua y monitoreada por el Instituto Geofísico. Lo cual sugiere que la zona de estudio es un sector sísmicamente activo así lo demuestra el Mapa de Actividad Sísmica.

Figura 12

Amenaza Sísmica del Proyecto



Nota: Indica el nivel de peligro en el proyecto. Fuente: Norma Ecuatoriana De La Construcción NEC, 2015

La norma NEC – 2015 indica 6 zonas de riesgo sísmico que en función de la figura antes mencionada su resumen seria de la siguiente manera:

Tabla 7

Valor de “Z” Según zona sísmica

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Nota: valores de Z para cada zona sísmica y su caracterización de peligro sísmico. Fuente: Norma Ecuatoriana De La Construcción NEC, 2015

Guiándose en la tabla 7 y en la ubicación del proyecto en la figura 12 se determina que el peligro sísmico es alto con un valor de Z igual a 0.35

5.1.2.2. *Susceptibilidad a peligros volcánicos*

La vía se encuentra en una zona vulcania, su proximidad a el volcán inactivo Quilotoa es de apenas 6km, pero no es el único además se encuentra próximo el volcán Cotopaxi y el Iliniza que representan mayor peligro sísmico por su naturaleza

Figura 13

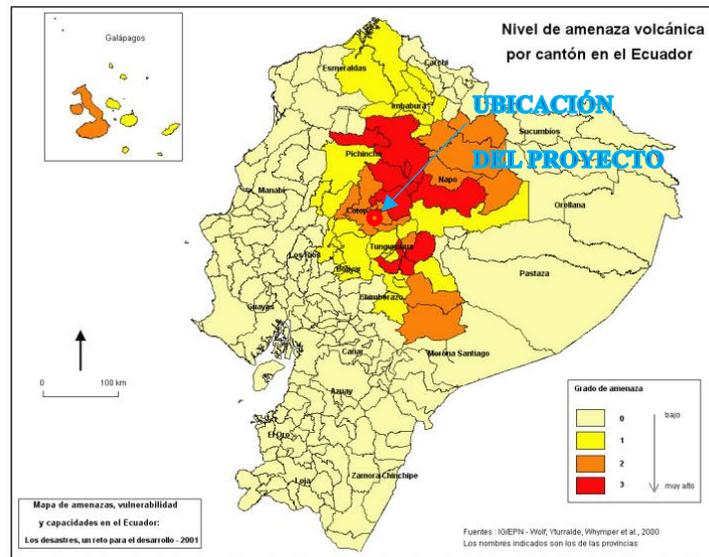
Volcanes aledaños al proyecto



Nota: Ubicación del proyecto y volcanes aledaños Fuente: Instituto Geofísico – EPN

Figura 14

Nivel de amenaza volcánica por cantón en el Ecuador



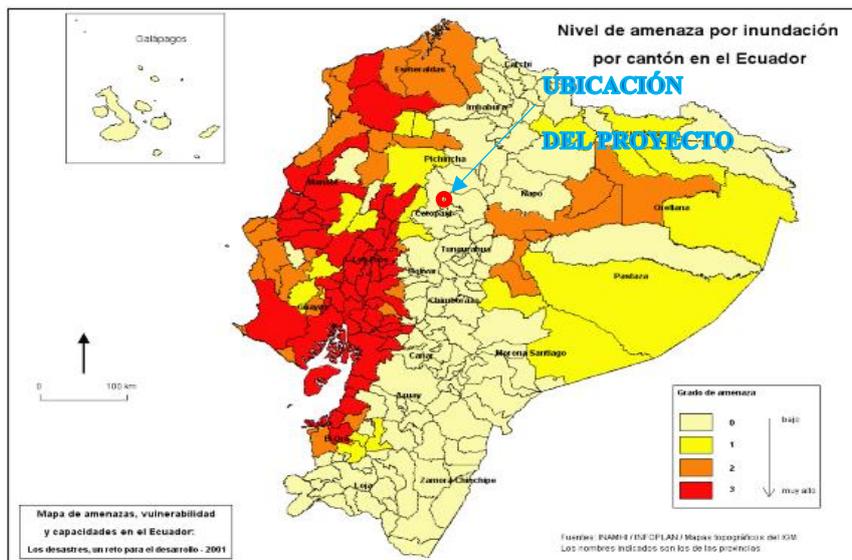
Nota: Nivel de amenaza volcánica para la ubicación del proyecto Fuente: Instituto Geofísico – EPN

5.1.2.3. Susceptibilidad a inundaciones

Al tratarse de un proyecto ubicado en una zona montañosa no presenta riesgo a inundaciones, así lo demuestra la figura siguiente.

Figura 15

Nivel de amenaza por inundaciones por cantón en el Ecuador



Nota: Nivel de amenaza a inundaciones para la ubicación del proyecto Fuente: Instituto Geofísico – EPN

5.2. Estudios geotécnicos

El GADPC hizo la entrega de un informe con el estudio geotécnico en mecánica de suelos en cual se encuentra en el **ANEXO N° 5: estudio geotécnico en mecánica de suelos.**

5.2.1. Trabajos de campo

Los trabajos en campo se inician con la visita al sitio, mediante el uso de navegadores GPS MAP 78S marca GRAMIN serie IC: 1792A-01664 (1WR230763) se procedió con la identificación y ubicación de los sitios donde se precedieron a realizar los respectivos muestreos.

5.2.1.1. Excavación de calicatas

Para la vía en estudio se realizaron muestreos de suelo (calicatas) acorde a la Norma (NTP 339.162 ASTM D420 - para calicatas y trincheras) a una distancia entre estas de 500 m, cada una de estas muestras acorde a lo establecida en normas, fueron tomadas a profundidades de 0.5 - 1.00 y 1.50 con la finalidad de la realización de los respectivos ensayos para clasificación SUCS – AASHTO y determinación de los respectivos valores de CBR para posteriormente el diseño de la estructura de pavimento que se implantará en la vía.

A continuación, se muestra los sitios y coordenadas de ubicación de las calicatas de muestreo.

Tabla 8

Coordenadas de ubicación de Calicatas

Vértice	Este	Norte	Altura	Abscisa
Punto 1	9897547	0732763	3504	0+000
Punto 2	9898039	0732491	3516	0+500
Punto 3	9898483	0732153	3527	1+000
Punto 4	9898308	0731931	3536	1+700

Fuente: **ANEXO 5 ESTUDIO GEOTÉCNICO LDMS CIA. LTDA ABR-2022**

Figura 16

Ubicación de Calicatas



Nota: Ubicación geográfica de los puntos de extracción de las calicatas Fuente: ESTUDIO GEOTÉCNICO LDMS CIA. LTDA ABR-2022

5.2.1.2. *Cono Dinámico de Penetración DCP*

Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia en el sitio de suelos inalterados y/o compactados. La razón de penetración del DCP de 8 kg puede ser usada para estimar el CBR (Razón de Soporte de California) in situ, para identificar espesores de capas, la resistencia al corte de estratos de suelo y otras características de los materiales.

La fórmula utilizada es la siguiente:

$$CBR = \frac{405.3}{I_{Pe}^{1.259}}$$

Donde:

IPe= índice de penetración

5.2.2. *Trabajos de laboratorio*

5.2.2.1. *Contenido de humedad*

Se pretende encontrar un porcentaje de agua (humedad) que se encuentra en las partículas del suelo “Este método de ensayo describe la determinación del contenido de

agua mediante su masa seca, en laboratorio, de un suelo, roca y materiales similares, donde la reducción de la masa por secado es debido a la pérdida de agua”. (Norma ASTM D 2216, 2017)

5.2.2.2. Granulometría

Se trata de la cuantificación en porcentaje y cantidad de los elementos que componen un suelo.

La norma determina cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de suelo además describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta la malla de 74mm (No 200). (ASTM D-422-63, 2009)

Para garantizar una correcta clasificación del suelo se debe regir a los procedimientos de la normativa señalada.

5.2.2.3. Límites de Atterberg

5.2.2.3.1. Límite Líquido (LL)

Este contenido de agua se caracteriza como el contenido de agua en el que un pequeño trozo de suelo colocado en una taza estándar y cortado por una arruga de aspectos estándar fluiría junto a la base de la arruga en una distancia de 13 mm cuando se expone a 25 golpes durante la copa cayendo 10 mm en un dispositivo de punto de ruptura de fluido estándar funcionó a un ritmo de 2 golpes por segundo. “El contenido de agua, en porcentaje, de un suelo en el límite definido arbitrariamente entre los estados semilíquido y plástico.” (ASTM D4318-84, 2009).

Límite Plástico (LP).

El contenido de agua, en porcentaje, de una suiedad en algún lugar entre los estados plástico y débil. El contenido de agua en el que una suiedad no puede desfigurarse adicionalmente plegándola en una hebra de 3,2 mm de ancho sin

desintegrarse. “El contenido de agua, en porcentaje, de un suelo en el límite entre los estados plástico y semisólido.” (ASTM D4318-84, 2009)

5.2.2.4. Clasificación de suelos

Las muestras obtenidas fueron clasificadas de acuerdo con las normas SUCS y AASHTO, según lo indicado por el informe del **ANEXO N° 5**

5.2.2.4.1. Clasificación SUCS

Este marco de agrupación se puede aplicar a la mayoría de los materiales no consolidados y se aborda mediante una imagen de dos letras. Se sigue la normativa reglamentaria que nos indica 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, límite líquido e índice plástico y será usado cuando se requiera una clasificación precisa. (ASTM D 2487 - 03, 2006, p. 1)

Para la construcción de carreteras y vías comúnmente se utiliza el sistema de clasificación AASHTO pero eso no le quita la importancia a la clasificación SUCS.

5.2.2.4.2. Clasificación AASHTO

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, p. 1)

5.2.2.5. *Cálculo de la capacidad portante del suelo (California Bearing Ratio)*

CBR de laboratorio

Con este procedimiento se va a evaluar el soporte que tiene el material (suelo) donde se implantara la estructura del pavimento ósea la base y sub base la guía ASTM nos dice que es

El procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (*California Bearing Ratio*). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno. (ASTM D 1883,2006, p. 1)

Se debe tomar en cuenta que los valores que nos dará el ensayo en laboratorio pueden diferir de los obtenidos en campo con el ensayo DCP por lo que se considerara el que brinde mayor límite de seguridad

5.2.2.6. *Determinación del CBR de diseño*

En el Ecuador el percentil de confiabilidad para el cálculo del CBR es el utilizado en la siguiente tabla:

Tabla 9

Valor de CBR de diseño, Instituto del Asfalto

Clase de Tránsito	Nº de ejes equiv.	% CBR diseño
Pesado	$> 10^6$	60
Mediano	$10^4 - 10^6$	75
Liviano	$\leq 10^4$	87.5

Fuente: Instituto del Asfalto.

Para calcular el CBR de diseño se utilizó los siguientes datos los cuales se encuentran en el anexo 5

Tabla 10

Resumen a la profundidad de 1.50m

ABSCISA	POZO #	HUMEDAD NATURAL (%)	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	HUMEDAD OPTIMA (%)	DENSIDAD (Kg/cm ³)	% CBR	
								INSITU	LAB
0+000	1	35.38	NP	SM	A-2-4	13.96	1639	6.1	9.40
0+500	2	37.41	NP	SM	A-2-4	12.85	1608	5.8	8.80
1+000	3	41.49	2.67	ML-CL	A-4, A-6	15.94	1570	5.5	8.00
1+700	4	40.62	NP	GM	A-1b	11.33	1729	6.5	10.20

Nota Lo que se refiere a las otras profundidades se encuentra en los anexos. Elaborado por: El autor con información tomada de ESTUDIO GEOTÉCNICO LDMS CIA. LTDA ABR-2022

Tabla 11

Cálculo CBR de diseño

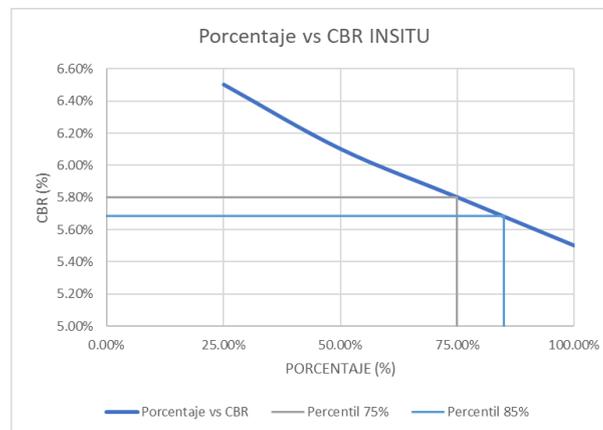
Ordinal	INSITU	LAB	Percentil
1	6.50%	10.20%	25.00%
2	6.10%	9.40%	50.00%
3	5.80%	8.80%	75.00%
4	5.50%	8.00%	100.00%

Nota Percentil de acuerdo a la normativa. Elaborado por: El autor

Se trazará las gráficas correspondientes a los datos tanto insitu como en laboratorio con sus correspondientes percentiles, así se determinará el CBR de diseño

Figura 17

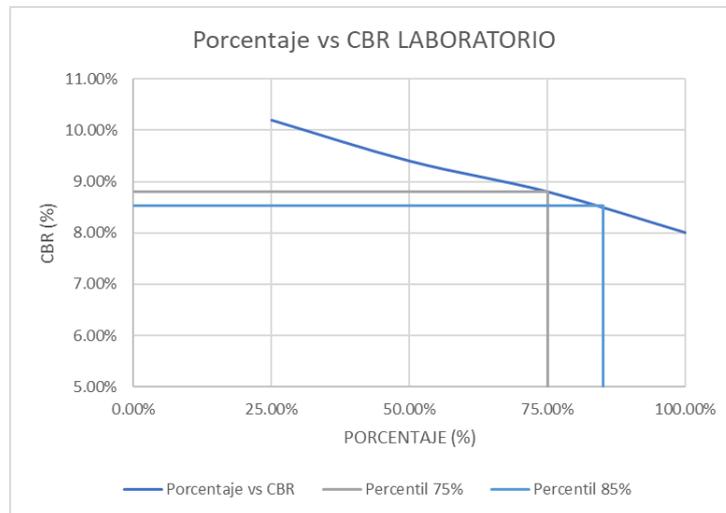
Porcentaje vs CBR INSITU



Nota Comparativa con CBR insitu. Elaborado por: El autor

Figura 18

Porcentaje vs CBR LABORATORIO



Nota, Comparativa con CBR en laboratorio. Elaborado por: El autor

Tabla 12

Resumen de resultados

Percentil	INS	LAB
0.75	5.80%	8.80%
0.85	5.69%	8.53%

Nota El percentil a considerar será e de 75%. Elaborado por: El autor (2022)

5.3. Localización de fuentes de materiales

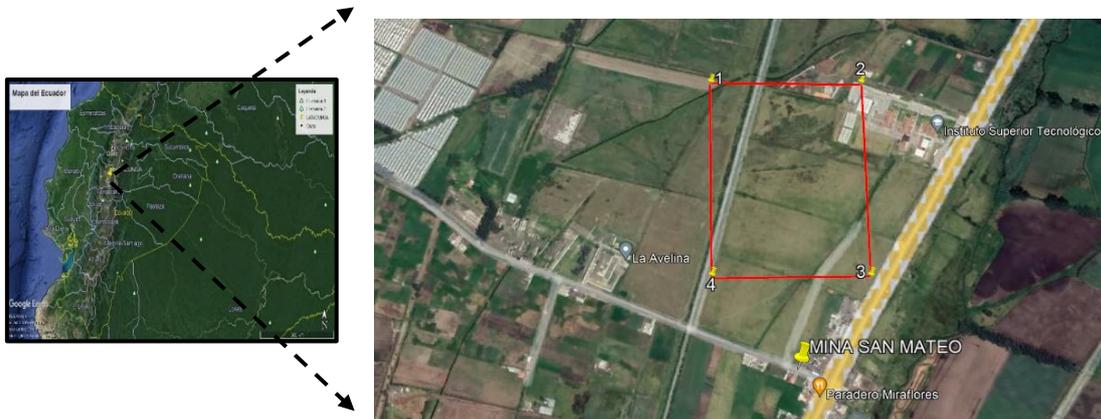
Se busca establecer la Información necesaria: ubicación, aspectos geológicos, geotécnicos, estimación de cantidades que se puede emplear en el proyecto para garantizar la obra civil. Se sugerirá el método de explotación más óptimo para la extracción de material pétreo, de acuerdo a las condiciones geológicas del afloramiento. Para finalizar también se analiza las distancias entre las fuentes de material a ser utilizado y el lugar donde se ejecutará el proyecto vial.

La fuente de material recomendada para la extracción de pétreos es la Hacienda San Mateo – Sector La Avelina. El área de libre aprovechamiento denominada “San

Mateo GADPC”, está ubicada en los predios propiedad del GADPC, en el sector de La Avelina, parroquia Tanicuchi, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi

Figura 19

Mina San Mateo



Nota, Ubicación del area de Libre Aprovechamiento "Mina San Mateo" Elaborado por: El autor (2022)

El método minero empleado consistirá en la excavación desde la superficie en forma de bancos descendentes, mediante la apertura de un hueco inicial, el mismo que será rellenado con el material estéril (matriz volcánica) a medida que avance el frente de explotación.

Las propiedades que presenta la mina son las siguientes descritas en la figura a continuación.

Figura 20

Propiedades del material

CALICATA	ABRASIÓN		SULFATOS	COLORIMETRIA	EQUIVALENTE DE ARENA	TAMIZ Nº 200	CLASIFICACIÓN	ADHERENCIA	PARTICULAS TACHAS Y ALARGADAS	PESO ESPESIFICO	
	GRAVA	ARENA								GRAVA	ARENA
1	31,66%	29,79%	1,56%	2 COLOR	87,94%	2,85%	GP	1 FIGURA	1,85%	2,691	2,516
2	31,50%	30,09%	1,68%	2 COLOR	86,58%	4,65%	GP	1 FIGURA	1,75%	2,672	2,603
3	32,46%	29,92%	1,90%	3 COLOR	84,90%	4,49%	GP	1 FIGURA	1,79%	2,614	2,588
4	30,99%	32,43%	3,76%	1 COLOR	93,75%	1,20%	GP	1 FIGURA	1,50%	2,682	2,599
5	30,59%	30,11%	2,07%	1 COLOR	93,34%	2,09%	GP	1 FIGURA	1,85%	2,577	2,519
6	32,01%	30,08%	2,91%	3 COLOR	77,36%	6,68%	GP	1 FIGURA	1,41%	2,608	2,587
7	30,44%	28,90%	1,25%	4 COLOR	62,34%	6,60%	GP	1 FIGURA	1,84%	2,741	2,595
8	32,84%	30,67%	2,55%	2 COLOR	80,20%	6,41%	GP	1 FIGURA	1,94%	2,636	2,503
9	33,46%	31,75%	4,88%	3 COLOR	73,77%	5,12%	GP	1 FIGURA	1,55%	2,537	2,488

Nota, . Cuadro de valores resumen obtenidos en cada calicata. Fuente. INF-MINA-2020-LDMS-GADPC-0007.

La mina se encuentra a una distancia de **73.5 Km** aproximadamente hasta el Centro de Gravedad (CG).

La Planta Asfáltica, se encuentra a una distancia de 61 Km desde el inicio del proyecto en estudio, se debe considerar la distancia desde el inicio de la obra hasta el Centro de Gravedad (CG). Los **61 km** es un promedio de las plantas asfálticas de la zona disponibles como lo son, planta de Pujilí, planta de Salcedo y la planta de Apangua.

5.4. *Análisis de taludes*

En función de la información geomorfológica, geológica y climática, se establece una zona de riesgo y estabilidad física, esto sirve para determinar las condiciones de riesgo de dicho lugar. Por tanto la estabilidad geomorfológica se defino como la ausencia de aspectos que modifican el terreno como lo es la erosión.

Por lo cual, al definir una estabilidad geomorfológica se esta relacionando directamente si la zona es estable o no.

En el área de estudio, está dominada por la presencia de materiales cuaternarios pertenecientes a los Volcano sedimentos de Quilotoá. Estas áreas presentan un modelado con intensa disección en surcos erosivos, cárcavas y barrancos, con frecuente agrietamiento en superficie.

Prácticamente todos estos taludes están compuestos de volcano sedimentos de Quilotoa.

El informe entregado por GADPC en el anexo 4 indica que se presentan disecciones asociadas principalmente a drenajes dendríticos con densidades de drenaje medias. Las incisiones internas presentan desniveles relativos de 25 a 50 metros, valles con formas en V, vertientes moderadamente largas (de 50 a 250 m) con formas cóncavas y cimas agudas. La pendiente general de estas zonas disectadas está en un rango de 40 a 70%.

Para la inclinación de los taludes en relleno, los cálculos efectuados por el ministerio de Obras Públicas para el proyecto vial han definido los siguientes factores de seguridad en función de la altura e inclinación de los taludes:

Tabla 13

Inclinación de los taludes

Inclinación talud (H:V)	1:1			1:1.5			2:1		
Altura talud (m)	10	20	30	10	20	30	10	20	30
Factor Seguridad	3.5	2.5	2.1	4.3	3.2	2.5	5.0	3.7	3.25

Nota Inclinación de los taludes en relleno. Elaborado por: El autor con información tomada de ministerio de obras publicas

El único talud existente se encuentra en la abscisa 1+050 y su longitud es menor a los 15 metros con una altura máxima de 4.50m por lo cual no se consideró un estudio más detallado sobre la estabilidad de taludes y se asume valores recomendados en el informe de GADPC.

CAPÍTULO VI

ESTUDIO DEL TRÁFICO

6.1. Alcance

Es importante evaluar las características de tráfico que tiene una vía para poder realizar un correcto diseño tanto geométrico como estructural, ya que con el estudio de tráfico podremos determinar parámetros de diseño máximos y mínimos, este estudio debe ser realizado de forma objetiva, puesto que es el que determinara el nivel de importancia que se le dará a la vía que se está estudiando.

En este caso, la vía que une el poblado de “Pasobullo” con “La Cocha” con una longitud de 1.7 km aproximadamente, está ubicada en la parroquia Zumbahua, cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi.

La importancia de este análisis previo también es debido a distintos factores como el crecimiento poblacional o el aspecto económico que con el paso del tiempo pueden llegar a dejar obsoletos un plan vial inicial y también que debido a las condiciones actuales de la vía no brindan comodidades adecuadas para la comunidad.

Debe destacarse el hecho de que la determinación del tráfico, es de vital importancia para el diseño adecuado de la estructura del pavimento y la evaluación del proyecto.

Al culminar el estudio se podrá determinar el tráfico promedio anual que tiene en la actualidad la vía del proyecto, además se ejecutara una proyección a futuro para poder determinar el tráfico de diseño y así contemplar las características de la capa de rodadura.

6.2. Metodología

Al tratarse de una vía que posiblemente no presente un muy alto volumen vehicular, se realizó una metodología de conteo manual que consiste en emplear el recurso humano para la toma de datos, la persona encargada tomara apuntes de cada

vehículo que transite por la vía de estudio con la ayuda de tablas que permitan identificar el tipo de vehículo y el lapso de hora en el que circuló.

La recomendación en las Normas de diseño geométrico de carreteras de "En vías de dos sentidos de circulación, se tomará el volumen de tráfico en las dos direcciones, normalmente, para este tipo de vías, el número de vehículos al final del día es semejante en los dos sentidos de circulación" (MOP, 2003, p. 12), por lo tanto, el conteo se lo realizará en los dos sentidos y se podría no hacer diferencia a si el vehículo ingresa o sale puesto no sería necesario anotar el sentido en el que paso el vehículo, pero si se desea hacer una comprobación final sabiendo que la cantidad de vehículos que ingresaron tendría una semejanza a la cantidad de vehículos que salieron se recomienda anotar el sentido en el que paso el vehículo.

Se debe evitar las distracciones, ya que al ser un conteo que depende totalmente de la persona se podrían presentar errores al contabilizar algún vehículo.

6.3. Estaciones de conteo

La estación de conteo es el punto referencial donde se ubicará el operador para la visualización de los vehículos que pasen por la vía, se debe tener en cuenta condiciones climáticas de sector y las facilidades necesarias para la persona encargada del conteo que en este caso es manual.

La estación de conteo debe estar ubicada de tal forma que se pueda determinar en ese lugar la cantidad total o en su mayoría de vehículos que hacen uso de la vía. Para ello se determinará un sitio estratégico que abarque la visualización del mayor volumen de tráfico de vehículos que hagan empleo de la vía.

Para este proyecto se estableció la estación de conteo en la abscisa 0+000 m, una de las razones es que este punto se considera como la entrada principal hacia la comunidad "La Cocha".

Figura 21

Ubicación de la estación de conteo



Nota. La línea roja representa la extensión de 1.7km del proyecto. Elaborado por: El autor, a través de Google Earth Pro (2022)

6.4. *Conteos volumétricos de tráfico*

Los conteos en campo determinaron en porcentaje que la mayoría de vehículos que transitan por esa vía son livianos, pero que además se tiene un considerable número de motocicletas que circulan en la vía, teniendo eso en consideración se empleara un factor para la corrección del volumen de tráfico aportado por las motocicletas.

Se presentan los siguientes datos que según la normativa nos indica que "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, p. 12), se obtuvo en el conteo realizado durante 7 días continuos por 12 horas diarias. La fecha en la que se ejecutó el conteo es desde el lunes 21 de febrero de 2022 hasta el domingo 27 de febrero de 2022.

El momento de la realización del conteo del día sábado 26 de febrero de 2022 se presentó el caso de una fiesta en el centro poblado de "La Cocha" lo que ocasionó que el volumen de tráfico de ese día sea elevado de forma desproporcionada al conteo de los otros días llegando incluso a triplicar el promedio de vehículos que circularon en los otros días. Si bien la norma lo indica, que el conteo no debería ser afectado por eventos

especiales, en el caso de este estudio se decidió no descartar los datos obtenidos en ese día, pues el flujo de vehículos que puede llegar a presentar esa vía en los fines de semana debido a tradiciones del sector tiende a estar en los mismos números cada fin de semana, el desestimar estos datos podría ser considerada como error pues si en un diseño final se llegara a presentar los mismos datos podrían representar un desgaste temprano a la vía.

6.5. *Determinación del Tráfico promedio diario anual –TPDA*

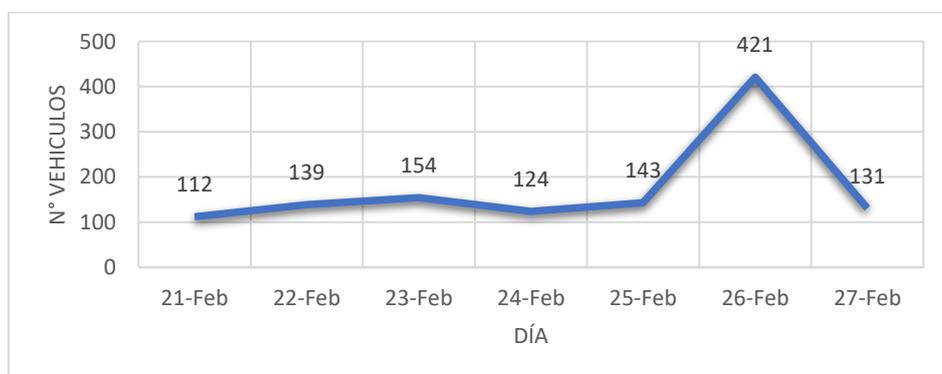
Se realiza una corrección para poder obtener el tráfico promedio anual, ya que este representa el tráfico que se obtendría de un conteo durante todo un año las 24 horas del día.

Los datos obtenidos por medio de un conteo manual por 7 días durante 12 horas diarias se encuentran en el **ANEXO N° 6 CONTEO VEHICULAR MANUAL**

Se presenta una gráfica final resumen donde se puede observar los datos obtenidos para cada día y donde es evidente que el registro correspondiente al día sábado 26 de febrero presenta una variación muy grande. Pero como se aclaró anteriormente no se realizará una corrección o consideración especial pues picos de volumen de tráfico en dicha vía se presentan a menudo.

Figura 22

Resumen conteo manual



Nota. Representa gráficamente el número de vehículos por día en la estación de conteo.

Elaborado por: El autor (2022)

El valor obtenido no representa el valor final que representaría los datos de un año y por no ser viable un estudio que dure tanto tiempo, para obtener el valor representativo para el año que se realiza el estudio se debe realizar ciertas correcciones por variaciones de tráfico como lo indica la norma de diseño geométrico 2003.

Estos factores nos ayudan a encontrar volumen diario promedio, volumen semanal promedio, volumen mensual promedio y finalmente el tráfico promedio diario anual.

$$TPDA = T_0 \times FH \times FD \times FS \times FM$$

Donde:

$T_0 \rightarrow$ Tráfico observado

$FH \rightarrow$ Factor horario

$FD \rightarrow$ Factor diario

$FS \rightarrow$ Factor semanal

$FM \rightarrow$ Factor mensual

Se presenta a continuación una tabla resumen del tráfico observado final en el cual se encuentra separado en 3 principales grupos: livianos, buses y pesados se decide eliminar el conteo de motocicletas por lo cual no serán consideradas para los futuros cálculos:

Tabla 14

Resumen final del conteo

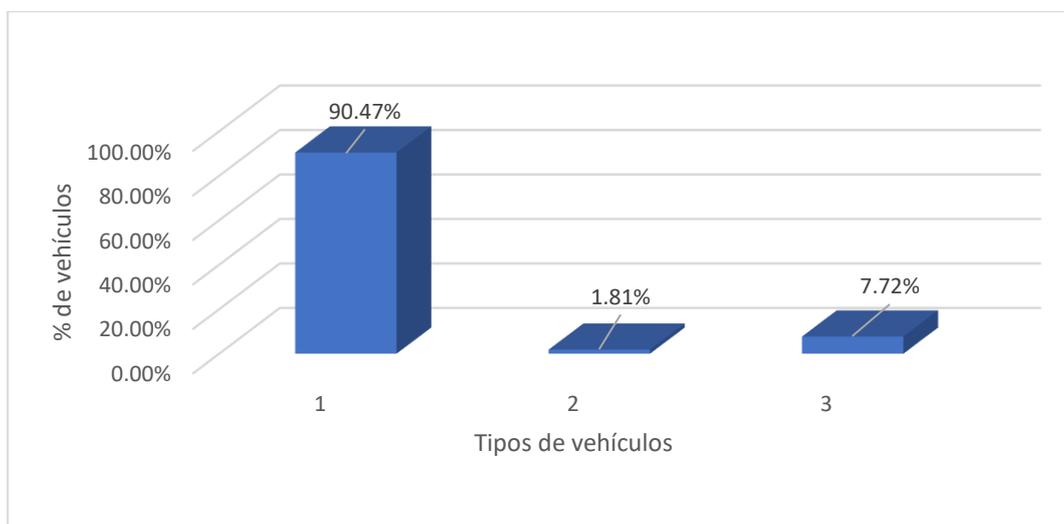
FECHA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	TOTAL
21-feb	77	2	11	90
22-feb	89	0	6	95
23-feb	105	5	11	121
24-feb	86	2	6	94
25-feb	114	4	12	130
26-feb	363	6	30	399
27-feb	115	0	5	120
TOTAL:	949	19	81	1049
COMP:	90.47%	1.81%	7.72%	100.00%

Nota. Representa gráficamente el número de vehículos por día en la estación de conteo.

Elaborado por: El autor (2022)

Figura 23

Distribución por tipo de vehículo



Nota. Representa gráficamente el porcentaje de tipo de vehículos que totales contabilizados. Elaborado por: El autor (2022)

6.5.1. Factor horario

Para el cálculo de variación por factor horario se emplearía la siguiente fórmula ya que el conteo se lo realizó las horas que indica la norma no se corrige por factor horario:

6.5.2. Factor diario

Para el cálculo de variación por factor diario se empleó la siguiente tabla proporcionada por el ministerio de transporte y obras públicas:

Tabla 15

Factores de estacionalidad diaria para puntos aforados en la Sierra

Día	FED
Lunes	1.10073321
Martes	1.08019723
Miércoles	0.99743628
Jueves	1.03050639
Viernes	0.95309663
Sábado	0.98454309
Domingo	1.12307735

Nota. Fuente de los datos: Panavial. Elaborado por: El autor con información tomada de estudio GeoPlaDes (2022)

Tabla 16*Aplicación Factor diario*

FECHA	FD	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	TOTAL
21-feb	1.100733	85	2	12	99
22-feb	1.080197	96	0	6	102
23-feb	0.997436	105	5	11	121
24-feb	1.030506	89	2	6	97
25-feb	0.953097	109	4	11	124
26-feb	0.984543	357	6	30	393
27-feb	1.123077	129	0	6	135
TPDS		970	19	82	1071
Composición:		90.57%	1.77%	7.66%	100.00%

Nota. Resultados tras aplicar el factor diario. Elaborado por: El autor (2022)

6.5.3. Factor semanal

Para el cálculo de variación por factor semanal se empleó la siguiente tabla proporcionada por el ministerio de transporte y obras públicas:

Tabla 17*Factor semanal*

SEMANA	FS
1	0.91862347
2	1.09508832
3	1.04053548
4	1.037940635

Nota. Promedios de flujos vehiculares para cuatro semanas en las estaciones de peajes de Panavial. Elaborado por: El autor con información tomada de GeoPlaDes/ Año: 2011

6.5.4. Factor mensual

Para el cálculo de variación por factor mensual se empleó la siguiente tabla proporcionada por el ministerio de transporte y obras públicas después del estudio por parte de GeoPlaDes donde para el mes de Febrero en la provincia de Cotopaxi nos da los valores de 1.1323147 para vehículos a gasolina y 1.20713217 para transportes a Diesel:

6.5.5. Tráfico Generado (TG)

Es aquel tránsito generado por vehículos comprados por gente gracias a la influencia del nuevo proyecto, se lo puede estimar por encuestas y muestreo a la población en el área de influencia, no se lo proyecta al total diseño y su periodo de proyección a futuro, se recomienda que sea a 2 años. La norma de diseño geométrico aclara que "se establece como límite máximo de incremento por tráfico generado el correspondiente a un 20 por ciento del tráfico normal para el primer año de operación del proyecto" (MOP,2003, p.20), por tanto, asumiendo que el beneficio respecto al ahorro de las personas es un valor máximo también se asume el valor de 20% para el cálculo del tránsito generado.

$$TG = 20\% \times TPDA_{PRIMER AÑO}$$

Para el correspondiente cálculo del primer año de proyecto se asumió los siguientes valores de tasas de crecimiento, correspondientes a la provincia de Cotopaxi.

Tabla 18

Tasa De Crecimiento Vehicular del proyecto

PROVINCIA	PERIODO	LIVIANOS	BUSES	PESADOS
COTOPAXI	2015-2020	2.65	1.99	2.18
	2020-2025	2.39	1.79	1.96
	2025-2030	2.14	1.63	1.78
	2030-2042	2.14	1.63	1.78

Nota. Valor de crecimiento para cada grupo de vehículos. Elaborado por: El autor con información de GADPC (2022)

Respetando este valor se obtuvo los siguientes valores correspondientes a 1.er año y por ende los valores para el tránsito generado correspondiente a:

Tabla 19

Trafico generado al 20%

TIPO DE VEHÍCULO	TPDA actual	TPDA 1er AÑO	TRANSITO GENERADO
LIVIANOS	163	167	33
BUSES	4	4	1
PESADOS	15	15	3
TOTAL		186	37

Nota. Resultados tras cálculo de tráfico generado. Elaborado por: El autor (2022)

6.5.6. Tráfico Atraído (TAT)

A más del tránsito generado pueden darse nuevos viajes que no se determinaron en el conteo, son viajes atraídos al nuevo proyecto “tránsito atraído o inducido” se genera por mejoras a la vía nueva; se estima con encuestas origen destino “OD” periodo de proyección 4 años. Para este caso se estimará con el 10% del TPDA actual.

$$TAT = 10\% \times TPDA_{ACTUAL}$$

Tabla 20

Trafico generado al 10%

TIPO DE VEHÍCULO	TPDA actual	TRÁNSITO ATRAÍDO
LIVIANOS	163	16
BUSES	4	0
PESADOS	15	2
TOTAL		18

Nota. Resultados tras cálculo de tráfico atraído. Elaborado por: El autor (2022)

6.5.7. Tráfico por Desarrollo (TD)

Corresponde al tráfico que se a de generar por el incremento de producción para el sector que sería beneficiado por el proyecto. Estima el avance económico y cualquier medio de producción como lo puede ser el turismo, se puede tener datos históricos para su estimación, pero no es recomendable pues la normativa vigente indica que podría existir variaciones por eventos que no pueden ser previstos.

Para este caso se estimará que el tráfico desarrollado corresponderá al 5% del TPDA actual.

$$TD = 5\% \times TPDA_{ACTUAL}$$

Tabla 21

Tránsito por desarrollo al 5%

TIPO DE VEHÍCULO	TPDA actual	TRÁNSITO DESARROLLO
LIVIANOS	163	8
BUSES	4	0
PESADOS	15	1
TOTAL		9

Nota. Resultados tras cálculo de tráfico desarrollado Elaborado por: El autor (2022)

6.5.8. Tráfico Actual (TA)

Se presenta a continuación el resumen para la obtención del tráfico actual total

Tabla 22

Resumen final

TIPO DE VEHÍCULO	TPD A actual	"i" % 1er año	TPD A 1er AÑO	TRANSITO GENERADO	TRÁNSITO ATRAÍDO	TRÁNSITO DESARROLLO	TRÁNSITO ACTUAL
LIVIANOS	163	2.39 %	167	33	16	8	220
BUSES	4	1.79 %	4	1	0	0	5
PESADOS	15	1.96 %	15	3	2	1	21
TOTAL=							246

Nota. Resultados con todos los factores considerados Elaborado por: El autor (2022)

6.6. Proyección actual del tráfico

Según los términos de referencia y en concordancia con proyectos de este tipo de proyecto el tráfico será proyectado para 15 y 20 años, con el objetivo se proyectará el tráfico actual o tráfico diario inicial, mediante el empleo de tasas de crecimiento vehicular. De esta manera se obtendrá el tráfico proyectado para cada año como se indica a continuación:

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

Donde:

i= tasa de crecimiento vehicular

n=periodo de diseño

Tabla 23

Proyección del tráfico para 15 y 20 años

AÑO	LIVIANOS veh/día	BUSES veh/día	PESADOS veh/día	TOTAL
2022	220	5	21	246
2023	225	5	21	251
2024	231	5	22	258
2025	236	5	22	263
2026	242	5	23	270
2027	245	5	23	273
2028	250	6	23	279
2029	256	6	24	286
2030	261	6	24	291
2031	267	6	25	298
2032	273	6	25	304
2033	279	6	25	310
2034	285	6	26	317
2035	291	6	26	323
2036	297	6	27	330
2037	304	6	27	337
2038	310	6	28	344
2039	317	7	28	352
2040	324	7	29	360
2041	331	7	29	367
2042	338	7	30	375

Nota. Proyección a 15 y 20 años del TPDA Elaborado por: El autor (2022)

6.7. Clasificación de la vía según el MOP – 2003

En la tabla anterior se muestra los resultados del TPDA futura para cada año, mismo que para una proyección de 15 y 20 años habrá un Tráfico Futuro de **337 vehículos/día y 375 vehículos/día** respectivamente. Según el MTOP para el criterio de las bases de la estructura de la red vial del país del nuevo milenio, se presenta la relación entre la función jerárquica y la clasificación de las carreteras.

Tabla 24*Clasificación de la vía de acuerdo al tráfico*

CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS EN FUNCIÓN DEL TRAFICO 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 en función del TPDA Fuente: MOP, Normas De Diseño Geométrico De Carreteras, 2003

Aplicando las clasificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas se tiene que la vía se ubica dentro una carretera de **Nivel III** para el **periodo de diseño de 20 años**, cuya función es la de **Colectora** con un tráfico proyectado de **300 veh/día a 1000veh/día**.

Tabla 25*Sección Transversal en función del TPDA*

Sección Transversal en función del TPDA			
Clase de Carretera	TPDA Esperado	Ancho de la Calzada (m).	
		Recomendado	Absoluto
R-I o R-II	Más de 8000	7.3	7.3
I	De 3000 a 8000	7.3	7.3
II	De 1000 a 3000	7	6.7
III	De 300 a 1000	6.7	6
IV	De 100 a 300	6	6
V	Menos de 100	4	4

Nota. Sección transversal recomendada Fuente: MOP, Normas De Diseño Geométrico De Carreteras, 2003

Los valores recomendados se emplearán cuando el TPDA, es cercano al límite superior de la respectiva categoría de la vía y los valores absolutos se emplearán cuando

el TPDA es cercano al límite inferior de la respectiva categoría de la vía y/o relieve sea difícil o escarpado. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003)

6.8. Clasificación de tráfico según GAD provincial de Cotopaxi

Para el efecto se determina un factor jerarquizado entre niveles; el mismo que es aplicado entre el nivel inferior al superior, incrementándose un margen del 20% al nivel inferior, a fin de obtener los anchos máximos que tendría la red vial rural provincial, sin incorporar el derecho de vía.

El GAD Provincial de Cotopaxi, a finales del año 2019 mediante la ORDENANZA QUE DETERMINA EL ANCHO, DERECHO DE VÍA Y CUIDADO DE LA RED VIAL RURAL DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI, determina que según para los niveles de conectividad se tendría las siguientes consideraciones:

Figura 24

Derecho de vía y cuidado de la red vial rural de la provincia de Cotopaxi

JERARQUIZACION DEL GADPC		PARAMETROS A CONTEMPLAR		ANCHO DE CARRIL (izq + der) (m)	ANCHO DE ESPALDONES A CADA LADO (m)	OBRAS PARA DRENAJE ESTIMADO A CADA LADO (m)	ANCHO MÁXIMO DE VIA TOTAL EN (m)	DERECHO DE VIA MÍNIMO desde el eje de la vía hacia sus lados (m)
NIVEL DE VÍA GADPC	FUNCIÓN	SEGÚN TPDA PROYECTADO	SEGÚN SU CONECTIVIDAD					
Nivel 1	Colectora Clase II	1000 - 3000	1.1 Comunican las cabeceras cantonales entre sí.	6.70	1.5-2.0	1.00	12.70	15.00
			1.2 Comunican las cabeceras cantonales con la red vial estatal					
Nivel 2	Colectora Clase III	300 - 1000	2.1 Comunican las cabeceras parroquiales rurales entre sí o con la cabecera cantonal	6.70	0.5-1.0	1.00	10.70	13.00
			2.2 Comunican cabeceras parroquiales rurales con la red vial estatal					
Nivel 3	Colectora Clase IV	100 - 300	3.1 Comunican las cabeceras parroquias rurales o cantonal con los diferentes asentamientos humanos, sean estos, comunidades o recintos vecinales	6.70	0.00	1.00	8.70	10.00
			3.2 Comunican asentamientos humanos con la red vial estatal					
	Colectora Clase V	Menor a 100	3.3 Comunican asentamientos humanos entre sí.	4.00	0.00	1.00	6.00	7.00

Nota. Normativa que rige por parte del GADPC Elaborado por: El autor con información tomada de ordenanza con registro oficial No. 931

Para la clasificación de la vía se analizó el tráfico promedio diario proyectado (TPDA proyectado) para un periodo de diseño de 20 años, llegando a un total de 373

vehículos/día, por lo que el diseño se debería hacerse para una vía de segundo orden.

Con la información procesada, se obtuvo el tráfico proyectado a 20 años entre 300 a 1000 veh/día, aplicando la clasificación del Ministerio de Transporte y Obras Públicas se tiene que **la vía se ubica en una categoría de CLASE III, cuya función es la de una colector.**

Haciendo referencia a la clasificación del tráfico mediante la ordenanza del GADPC, se encontraría en el nivel 2 según su TPDA y por su conectividad en un nivel 3.1, por lo que el ancho de la vía podría estar entre 7.70 a 9.70 metros incluyendo espaldones y obras de drenaje longitudinal, donde se podría concluir considerando que el ancho de vía actual tiene un promedio de 6.60 metros, por lo que la calzada estaría entre los 6.70 a 8.70 metros incluyendo espaldones, donde existe tramos donde se deberá considerar ensanchamientos, para que exista continuidad con la vía se deberá considerar en el Diseño Geométrico vial la transición vertical y horizontal en el extremo inicial del proyecto con la vía de asfalto existente y al final con el estado de la vía actual (tierra) tomando en cuenta todas estas recomendaciones el ancho de la calzada se lo considerara de 6.1 m con espaldones hasta de 0.60 m o lo que indique la normativa al respecto además para las obras de drenaje se tomara en cuenta 0.8 m a cada lado dando así un total mínimo de 7.8 m y un máximo de 8.40 m aproximadamente.

6.9. *Cálculo de los ejes equivalentes por AASHTO*

A continuación del cálculo para la obtención del Tráfico promedio diario con la proyección de los años señalados por el periodo de diseño corresponde el cálculo de los ejes equivalentes. El pavimento tendrá una proyección tal que resista un numero de cargas durante toda su vida útil, para esto el número de cargas se convertirá en un numero equivalente de ejes tipo que según AASSHTO 1993 (American Association of State

Highway and Transportation Officials) es de 18kips o 80KN. En AASSTHO la ecuación simplificada para este cálculo es la siguiente

$$Nt = N \times Fc \times Fd \times 365 \times \frac{(1 + i)^n - 1}{n}$$

Donde:

Nt= Número de ejes equivalentes.

N= Número de ejes equivalentes al inicio del periodo de diseño.

Fc= Factor Carril.

Fd= Factor dirección.

n= Número de años de proyección

De acuerdo a los estudios de tráfico realizados se procedió a clasificar la vía por el TPDA obtenido que es de 375 veh/día, resultando una vía de clase tipo III de acuerdo a los términos, por tanto se tendrá dos sentidos y un carril por cada sentido.

Los valores de Fc y Fd serán tomados de las tablas de AASHTO Guide for design of pavement structures, 1993

Tabla 26

Factor carril

Número de carriles en una sola dirección	Factor Carril (Fc)
1	1.00
2	0.80 – 1.00
3	0.60 – 0.80
4	0.50 – 0.75

Nota. Indica el factor carril en función a lo aclarado según el diseño. Fuente: AASHTO Guide For Design Of Pavement,1993.

Tabla 27

Factor dirección

Número de carriles en ambas direcciones	Factor dirección (Fd)
2	50
4	45
6 o más	40

Nota. Indica el factor dirección en función a lo aclarado según el diseño. Fuente:

AASHTO Guide For Design Of Pavement,1993.

6.10. Factor daño por vehículo comercial- FDV

Los factores de daño están asociados a un cierto tipo de deterioro en el pavimento producido por la carga de tránsito de determinados tipos de vehículos, a continuación, se presenta un resumen para el del Factor Daño calculado para los distintos tipos de vehículos.

Partimos con la premisa que para los buses se establecerá un tipo de vehículo 2DA según la tabla de características dadas por MOP 2003, a continuación, se muestra los datos para cada tipo de vehículo que se presenta en la vía de estudio.

Figura 25

Características para tipo de vehículo

TABLA NACIONAL DE PESOS Y DIMENSIONES DE VEHÍCULOS DE CARGA PESADA MOTORIZADOS, REMOLQUES Y SEMIRREMOLQUES								
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)				
				Largo	Ancho	Alto		
2DB		 CAMIÓN DE DOS (2) EJES GRANDES	18	12,20	2,60	4,10		
2 D		 CAMIÓN DE DOS (2) EJES PEQUEÑO	7	5,50	2,60	3,00		
2DA		 CAMIÓN DE DOS (2) EJES MEDIANOS	10	7,50	2,60	3,50		
2DB		 CAMIÓN DE DOS (2) EJES GRANDES	18	12,20	2,60	4,10		

Nota. Indica peso y tipo de eje según el tipo de vehículo. Fuente: MOP,2003.

Se deberá determinar el FDVC para cada tipo de vehículo y su fórmula dependerá a su tipo.

Tabla 28

Formula de factores de daño

Tipo de eje	Formula
Eje Simple Rueda Simple (S-RS)	$FDVC = \left[\frac{Carga\ del\ eje}{6.6} \right]^4$
Eje Simple Rueda Doble (S-RD)	$FDVC = \left[\frac{Carga\ del\ eje}{8.2} \right]^4$
Eje Tandem (TAND)	$FDVC = \left[\frac{Carga\ del\ eje}{15} \right]^4$
Eje Tridem (TRID)	$FDVC = \left[\frac{Carga\ del\ eje}{23} \right]^4$

Nota. Factores de daño estandarizados en toneladas para cada tipo de eje. Elaborado por:

El autor. (2022)

Tabla 29

Factor de daño

VEHÍCULO TIPO	TIPO DE EJE	PESO T/EJE	FDVC
2DA	S-RS	3	0.5737
	S-RD	7	
2D	S-RS	3	1.3081
	S-RS	7	
2DA	S-RS	3	0.5737
	S-RD	7	
2DB	S-RS	7	4.5037
	S-RD	11	

Nota. Factores de daño para cada tipo de vehículo. Elaborado por: El autor. (2022)

6.11. Factor de equivalencia de carga por eje según AASHTO

Para cada vehículo se calcula la simetría en ejes equivalentes lo cual se lo detalla en la tabla a continuación

Tabla 30*Factor de daño*

VEHÍCULO TIPO	TPDA	ESAL's	N
2DA	7.00	4.01618	4
2D	11.85	15.50288	16
2D	17.04	15.50288	16
2DB	1.11	5.00406	5

Nota. ESAL'S para cada tipo de vehículo. Elaborado por: El autor. (2022)

6.12. Cuantificación del número de ESAL'S

Finalmente se debe realizar una proyección del número de ESALS para determinar datos de grosor de pavimento, se muestra a continuación una tabla resumen.

Tabla 31

No Ejes Equivalentes 20 Años

Tipo Vehículo	N	Fc	Fd	N2042
2DA	4	1	0.5	17140.34493
2D	16	1	0.5	68561.37973
2DA	10	1	0.5	42850.86233
2DB	5	1	0.5	21425.43117
Total No Ejes Equivalentes 20 Años =				21425.43117

Nota. ESAL'S para cada tipo de vehículo proyectado a 20 años. Elaborado por: El autor.

(2022)

CAPÍTULO VII

DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL

7.1. Descripción actual

Actualmente, la vía de acceso a la comunidad “La Cocha” presenta las siguientes características, una extensión de 1.6 km de longitud y un ancho promedio de 7 m presentando mínimos de 5.80 m y máximos de hasta 8.84 m. de acuerdo al estudio topográfico la vía presenta pendientes variables entre el 2% y el 7% en el sentido longitudinal a la vía existente y en rango de 2% hasta 42% transversales a la vía.

Esta vía en su totalidad es de tierra, al momento de este estudio se pudo observar que hace poco tiempo tubo el trabajo de una motoniveladora la cual delimito de manera más notoria el ancho de la vía y le brindo mayor serviciabilidad, puesto que presentaba daños representativos a causa de las lluvias.

Como primera instancia se intentará realizar el nuevo diseño de tal forma que la nueva vía siga la misma línea que la vía actual, pero se ha de tenerse en cuenta que se procurara respetar la normativa vigente a excepción de casos extraordinarios.

7.2. Criterios de diseño

Los criterios que rigen para el diseño de las vías según la normativa ecuatoriana son principalmente respecto al TPDA y a la tipología del terreno, teniendo en cuenta esos parámetros, se obtuvo el tráfico proyectado a 20 años entre 300 a 1000 veh/día, aplicando la clasificación del Ministerio de Transporte y Obras Públicas se tiene que la vía se ubica en una categoría de CLASE III, cuya función es la de una colectora - vecinal. Y de acuerdo al estudio topográfico se determinó que se trata de un terreno plano y ondulado en la mayor parte de la extensión de la vía, pero en un segmento podría ser tratado como terreno montañoso

7.3. *Velocidad de diseño*

La normativa vigente indica que “Es la velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre un camino cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son favorables.” (MTO,2003, p.26) por ello entonces la velocidad corresponderá a el límite de seguridad para la persona que conduzca un automotor por la vía.

La velocidad estará en función de los criterios ya antes señalados y su determinación servirá para poder continuar con el diseño de el alineamiento vertical y transversal.

Se deberá considerar posibles cambios que si existen cambios de topografía se podría establecer un cambio de velocidad de diseño para determinados tramos teniendo en cuenta que la variación de velocidad no debe superar a 20 km/h.

Es aconsejable usar valores de diseño superiores a los determinados para el diseño.

De acuerdo al cuadro IV-I de las normas de diseño geométrico la velocidad de diseño correspondiente a un proyecto con categoría de vía clase III y relieve ondulado su velocidad está entre 80 Km/h (recomendado) y 60 Km/h (absoluto) y si el terreno fuese montañoso está entre 60 Km/h (recomendado) y 40 Km/h (absoluto).

Los valores recomendables se usan cuando el TPDA es próximo al límite superior de la clase asignada, los valores absolutos que se recomiendan usar teniendo en cuenta que podría incurrir en el costo del desarrollo del proyecto.

Teniendo en cuenta todas estas consideraciones la velocidad de diseño para el presente proyecto será de 60 Km/h para tramo ondulado y 40Km/h para el tramo montañoso.

Tabla 32

CUADRO IV-I VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)

CATEGORÍA DE LA VÍA		TPDA ESPERADO	VELOCIDAD DE DISEÑO KM/H											
			BÁSICA (RELIEVE LLANO)				PERMISIBLE EN TRAMOS DIFÍCILES							
					Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad				Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad				Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad	
			Para el caso de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Para el caso de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Para el caso de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Para el caso de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Para el caso de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Para el caso de los elementos del trazado del perfil longitudinal	
			Recom	Absoluta	Recom	Absoluta	Recom	Absoluta	Recom	Absoluta	Recom	Absoluta	Recom	Absoluta
R-I o R-II	(Tipo)	> 8000	120	110	100	95	110	90	95	85	90	80	90	80
I	Todos	3000 - 8000	110	100	100	90	100	80	90	80	80	60	80	60
II	Todos	1000 - 3000	100	90	90	85	90	80	85	80	70	50	70	50
III	Todos	300 - 1000	90	80	85	80	80	60	80	60	60	40	60	40
	TIPO													
IV	5, 5E, 6 y 7	100 - 300	80	60	80	60	60	35	60	35	50	25	50	25
V	4 y 4E	< 100	60	50	60	50	50	35	50	35	40	25	40	25

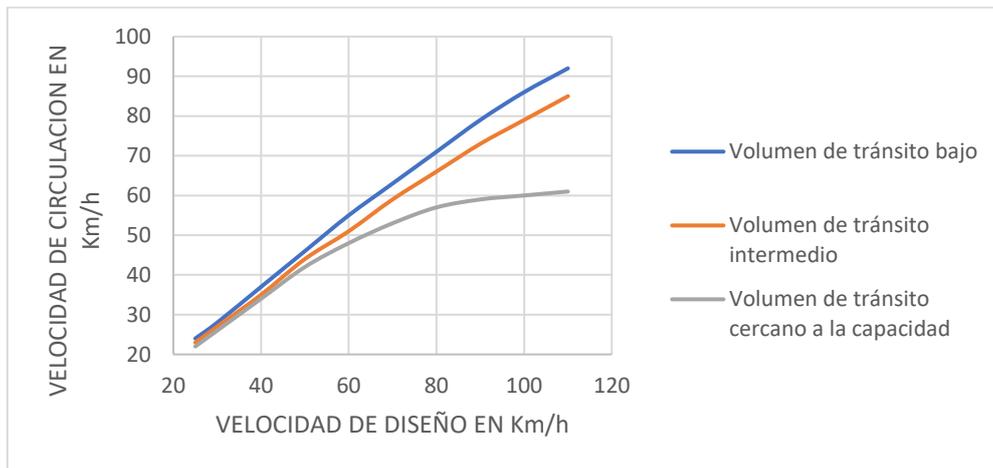
Nota. Cuadro de velocidades de diseño recomendadas Elaborado por: El autor con información tomada de *Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2003*

7.4. Velocidad de circulación

Es la velocidad que relaciona los distintos volúmenes de tránsito que se espera circularían por la vía al momento de terminar el proyecto. Entonces la velocidad de circulación saldrá calculando cuanto tiempo se demoró un vehículo en condiciones normales para circular desde el punto inicial al punto final de la vía. La figura IV.2 y el cuadro IV.2 de las normas de diseño geométrico 2003 nos indica la relación entre velocidades de circulación y velocidades de diseño.

Figura 26

Figura IV.2 de las normas de diseño geométrico 2003



Nota. Figura IV.2 de las normas de diseño geométrico 2003 Elaborado por: El autor con información tomada de *Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2003*

Tabla 33*Cuadro IV.2 de las normas de diseño geométrico 2003*

VELOCIDAD DE DISEÑO EN Km/h	VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN EN Km/h		
	VOLUMEN DE TRANSITO BAJO	VOLUMEN DE TRAN SITO INTERMEDIO	VOLUMEN DE TRANSITO ALTO
25	24	23	22
30	28	27	26
40	37	35	34
50	46	44	42
60	55	51	48
70	63	59	53
80	71	66	57
90	79	73	59
100	86	79	60
110	92	85	61

Nota. Cuadro IV.2 de las normas de diseño geométrico 2003 Elaborado por: El autor con información tomada de *Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2003*

El valor asumido de circulación para este proyecto será **55 Km/h**

7.5. *Diseño horizontal*

El trazado geométrico del presente proyecto al tratarse del mejoramiento y rehabilitación de una vía existente primará en el diseño el mantener en lo posible la alineación de esta vía que ya se encuentra consolidada, sin embargo, el diseño se ajustará a las condiciones topográficas existentes para el mejoramiento del ancho de vía y de los alineamientos tanto horizontal como vertical y una capa de rodadura estable; se usará curvas espirales o circulares según el trazado lo encuentre necesario.

7.5.1. *Criterios generales*

La norma de diseño geométrico 2003 sobre el alineamiento horizontal nos indica que “El alineamiento horizontal es la proyección del eje del camino sobre un plano horizontal. Los elementos que integran esta proyección son las tangentes y las curvas, sean estas circulares o de transición.” (MTO, 2003, p. 36) Se busca encontrar un diseño general que tenga concordancia entre las tangentes y curvas de tal forma que brinde seguridad al conductor y a los peatones.

- PC:** Punto en donde empieza la curva simple
PT: Punto en donde termina la curva simple
 α : Angulo de deflexión de las tangentes
 ΔC : Angulo central de la curva circular
 θ : Angulo de deflexión a un punto sobre la curva circular
GC: Grado de curvatura de la curva circular
RC: Radio de la curva circular
T: Tangente de la curva circular o subtangente
E: External
M: Ordenada media
C: Cuerda
CL: Cuerda larga
l: Longitud de un arco
le: Longitud de la curva circular
- 7.5.2.2. *Curvas de transición***

El Ministerio de transporte y obras públicas (2003) recalca que:

Son las curvas que unen al tramo de tangente con la curva circular en forma gradual, tanto para el desarrollo del peralte como para el del sobreechancho. La característica principal es que, a lo largo de la curva de transición, se efectúa de manera continua, el cambio en el valor del radio de curvatura, desde infinito en la tangente hasta llegar al radio de la curva circular (p. 41)

Esto implica que se contara con una longitud mayor para poder tener la transición de los peraltes.

7.5.3. *Tangentes*

Son las líneas rectas que representan una proyección sobre el plano y que al intersectarse dos de ellas de forma consecutiva forma un punto denominado PI y el ángulo formado entre ellas se lo nombra como alfa (α).

Las tangentes intermedias debes seguir un diseño de tal manera que no se prolonguen en distancias muy largas pues potencialmente pueden ocasionar accidentes

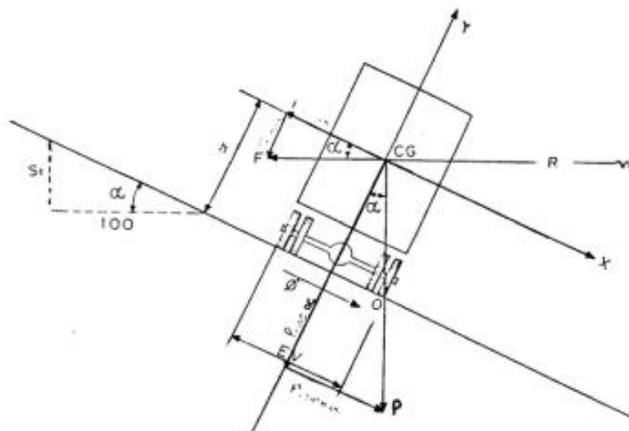
cuando el conductor pierde concentración por la naturaleza de la tangente, tampoco deben ser muy cortas pues limitan la reacción del conductor y el vehículo podría perder tracción al llegar a cambios de dirección muy abruptos.

7.5.4. Peralte de curvas

Se trata del cambio de pendiente en la sección transversal de una vía, esto con el fin de contrarrestar la fuerza ejercida por el automotor que circule por la calzada. La Norma de diseño de carreteras (2003) afirma “Cuando un vehículo recorre una trayectoria circular es empujado hacia afuera por efecto de la fuerza centrífuga “F”. (p. 51) también es actuante de fuerza la fricción ocasionada por las llantas en la superficie de la vía.

Figura 28

Estabilidad del vehículo en curvas



Nota. Muestra el equilibrio de fuerzas esperado Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2003

Los valores recomendados por la normativa de diseño geométrico son de un peralte máximo de 10% para todo tipo de estructura de la vía mientras sea una velocidad de diseño mayor a 50km/h mientras que se deberá mantener un valor máximo de 8% para vías de menor grado de importancia, el caso asumido en este estudio nos indicaría un peralte máximo de 8% al tratarse de un camino de características bajas.

7.5.5. Radio mínimo de curvatura horizontal

Se trataría del radio de menor dimensión calculado para un correcto funcionamiento de la vía capaz de brindar todas las seguridades según el Ministerio de transporte y obras públicas (2003):

El radio mínimo de la curvatura horizontal es el valor más bajo que posibilita la seguridad en el tránsito a una velocidad de diseño dada en función del máximo peralte (e) adoptado y el coeficiente (f) de fricción lateral correspondiente. El empleo de curvas con Radios menores al mínimo establecido exigirá peraltes que sobrepasen los límites prácticos de operación de vehículos. (p. 36)

Para una correcta idealización se apunta los valores ya calculados y que recomienda el MTOP en la siguiente tabla.

Tabla 34

Radios mínimos de curvas en función del peralte

Vd (km/h)	"f Max"	Radio Mínimo Calculado				Radio Mínimo Recomendado			
		e=0.10	e=0.08	e=0.05	e=0.04	e=0.10	e=0.08	e=0.05	e=0.04
20	0.350		7.52	7.55	8.08		15	20	20
25	0.315		12.48	13.12	13.88		20	25	25
30	0.284		10.47	20.5	21.67		25	30	30
35	0.255		25.79	30.52	32.7		30	35	35
40	0.221		41.55	44.65	48.27		42	45	0
45	0.206		55.75	59.94	54.82		58	50	65
50	0.190		72.91	78.74	85.69		55	60	80
60	0.185	106.97	115.7	125.95	138.28	110	120	130	140
70	0.160	164.55	157.75	185.75	203.07	150	170	165	205
80	0.140	209.97	229.05	251.97	27.97	210	230	255	280
90	0.154	272.55	295.04	328.78	385.55	225	300	330	310
100	0.130	342.35	31.95	414.42	483.18	350	375	415	455
110	0.124	475.34	487.04	517.8	580.95	430	470	620	585
120	0.120	515.39	505.92	529.92	708.88	520	570	630	710

Nota. Indica los valores que se debe utilizar con los distintos radios de curvatura Fuente:

Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2003

Con los parámetros planteados se obtiene el radio mínimo de diseño para la vía en cuestión es de 42 en la parte montañosa y de 110 en la parte más llana.

7.5.6. Transición del peralte

La longitud de transición sirve para efectuar la transición de las pendientes transversales entre una sección normal y otra peraltada alrededor del eje de la vía o de uno de sus bordes. El MOP establece lo siguiente para determinar la transición del peralte.

Determinación de la Longitud Tangencial

$$x = \frac{b \times p}{2 \times i}$$

Dónde:

Longitud de aplanamiento (m)

i = Gradiente de borde (%)

b = Ancho de calzada (m)

Pendiente Transversal de calzada (%)

Se presenta a continuación los distintos calculo realizados para dichas longitudes

Tabla 35

Calculo longitud de aplanamiento

Longitud De Aplanamiento (x)				
V (m/s)	b (m)	p (%)	i (%)	x (m)
60	6	2.00%	0.60%	10

Elaborado por: El Autor, (2022)

Tabla 36

Longitud de Gradiente

Vd (km/h)	Valor de (i) %	Máxima Pendiente Equivalente
20	0.800	1 : 125
25	0.775	1 : 129
30	0.750	1 : 133
35	0.725	1 : 138
40	0.700	1 : 143
50	0.650	1 : 154
60	0.600	1 : 167
70	0.550	1 : 182
100	0.430	1 : 213
120	0.370	1 : 270

Nota. Indica los valores que se utiliza para cálculo de longitudes de aplanamiento

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2003

Determinación de la Longitud de Transición

La longitud de transición permitirá realizar el pazo de la inclinación lateral de una fase de bombeo a una descarga única, se muestra los resultados obtenidos.

Tabla 37

Calculo longitud de transición

Longitud De Transición (L)				
V (m/s)	b (m)	e (%)	i (%)	L (m)
60	6	10.00%	0.60%	50

Elaborado por: El Autor, (2022)

Finalmente se establece la longitud total de transición

$$L_T = L + x$$

Tabla 38

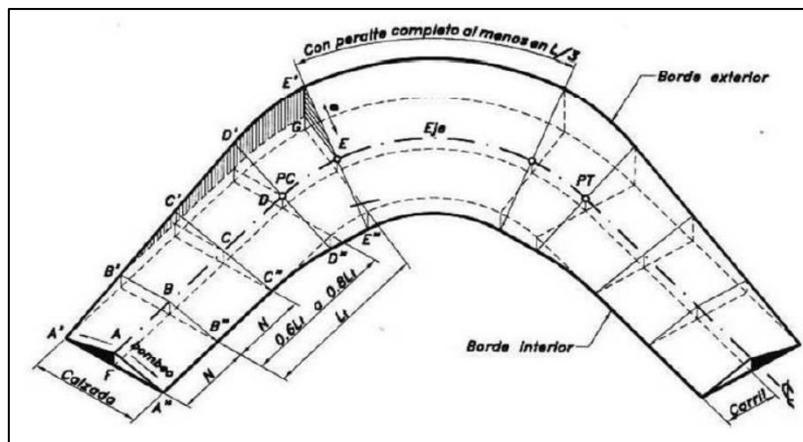
Calculo longitud de transición TOTAL

Longitud total de transición (L _T)			
V (m/s)	x (m)	L (m)	L _T (m)
60	10	50	60

Elaborado por: El Autor, (2022)

Figura 29

Distribución de longitud de transición



Fuente: MOP, Normas De Diseño Geométrico De Carreteras P. 75, 2003

7.5.7. Sobre ancho de las curvas

Es necesario para poder tener seguridad en la vía un espacio extra para garantizar el giro de automotores de mayor longitud a la normal en la normativa de diseño geométrico señala “Cada vez que se pasa de una alineación recta a una curva, se tiene que realizar una transición de una sección transversal, de un estado de sección normal al estado de sección completamente peraltada o viceversa, en una longitud necesaria para efectuar el desarrollo del peralte” (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MTOP, 2003, p. 69)

7.5.8. Factores de seguridad de circulación vehicular.

En una autopista de dos caminos, el abrumador finaliza en el camino donde viajan los vehículos que se aproximan. Por ello, es fundamental que estén accesibles tramos en los que se permita la superación de forma segura, debido a una investigación minuciosa y que relacione las cualidades matemáticas de la calle y las variables del clima de cada localidad.

Se muestra a continuación valores de diseño de las distancias de visibilidad mínimas para parada de un vehículo con correcciones por efecto de la gradiente longitudinal

Tabla 39

Gradiente G para distintas velocidades

Velocidad de Diseño - Vd (kph)	Velocidad de Circulación Asumida Vc (kph)		GRADIENTE "G" %							
		Coefficiente de fricción longitudinal	-12	-9	-6	-3	3	6	9	12
20	20	0.468	13.75	13.70	13.60	13.27	14.34	14.13	14.06	14.02
25	24	0.443	16.47	16.40	16.26	15.78	17.33	17.02	16.91	16.85
30	28	0.423	19.18	19.08	18.89	18.25	20.35	19.93	19.77	19.69
35	33	0.403	22.55	22.42	22.15	21.27	24.18	23.59	23.37	23.26
40	37	0.389	25.23	25.07	24.73	23.63	27.28	26.54	26.27	26.13
45	42	0.375		28.36	27.98	26.52	31.22	30.26	29.91	
50	46	0.365		30.98	30.47	28.78	34.42	33.25	32.83	
60	55	0.345		36.82	35.09	33.71	41.75	40.07	39.47	
70	63	0.332			40.00	37.89	48.44	46.22		

80	71	0.320	40.99	41.90	55.28	52.45
90	79	0.310	45.81	45.73	62.28	58.76
100	86	0.302	50.54	48.93	68.54	
110	92	0.296		51.57	74.00	
120	100	0.286		56.14	84.24	

Nota. Indica los valores que se utiliza para cálculo de longitudes de aplanamiento

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2003

7.6. *Diseño vertical*

La principal indicación que nos da la normativa sobre el perfil vertical es que nos indica que sobre ninguna circunstancia se debe precautelar el diseño vertical sobre el diseño horizontal, pero eso no le quita la importancia que tiene el perfil vertical.

7.6.1. *Criterios generales*

7.6.2. *Gradientes máximas y mínimas*

Las curvas verticales son muy útiles para unir dos tramos de gradientes constantes, de tal forma que la transición de una pendiente a otra en el movimiento vertical de vehículos se suaviza, en el diseño del perfil de una carretera es la parábola simple que se aproxima a una curva circular.

Tabla 40

Valores de diseño de las pendientes longitudinales máximas

Clase de Carretera	TPDA	Recomendable			Absoluto		
		LL	O	M	LL	O	M
R-I o R-II >	8000	2	3	4	3	4	6
I	3000 a 8000	3	4	6	3	5	7
II	1000 a 3000	3	4	7	4	6	8
III	300 a 1000	4	6	7	6	7	9
IV	100 a 300	5	6	8	6	8	12
V <	100	5	6	8	6	8	14

Nota. Valores de diseño de las pendientes longitudinales máximas Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2003

7.6.3. *Curvas verticales*

7.6.3.1. *Curvas verticales convexas*

La longitud mínima de las curvas verticales se determina en base a los requerimientos de la distancia de visibilidad para parada de un vehículo, considerando

una altura del ojo del conductor de 1,15 metros y una altura del objeto que se divisa sobre la carretera igual a 0,15 metros. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 208).

7.6.3.2. *Curvas verticales cóncavas*

Por motivos de seguridad, es necesario que las curvas verticales cóncavas sean lo suficientemente largas, de modo que la longitud de los rayos de luz de los faros de un vehículo sea aproximadamente igual a la distancia de visibilidad necesaria para la parada de un vehículo. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 212). Para determinar la longitud de la curva vertical cóncava utilizaremos la siguiente ecuación establecido por las normas MOP 2003.

7.7. *Movimiento de tierras*

Para los cálculos de volúmenes del movimiento de tierra el método más usado es el de método de los perfiles transversales y está especialmente indicado en obras de desarrollo lineal como caminos, canales, etc.

Para este método los perfiles transversales pueden ser de corte, a media ladera y terraplén además las distintas combinaciones que se puedan realizar entre ellos.

Este es el resultado de la sección tipo ingresada en el proyecto con el fin de llevar la cuantificación de los volúmenes de corte y relleno.

Se presenta a continuación una gráfica resumen para corte y relleno del proyecto además se anexa el reporte respectivo para las secciones trasversales que se genera por medio de un software de diseño de vías.

7.7.1. *Diagrama de masas*

La curva de masa es una grafica dibujada en dos planos con referencia al eje “x” que indica la acumulación del material removido o colocado por acción del corte y relleno durante la ejecución del proyecto

El botadero a utilizarse será ubicado a próximo centro de gravedad del proyecto, este botadero cuenta con la suficiente capacidad para el desalojo de tierras a producirse en el proyecto de estudio.

CAPÍTULO VIII

DISEÑO DEL PAVIMENTO

8.1. Tipos de pavimentos

La definición de la estructura del pavimento se fundamenta en el Método de diseño de la AASHTO 1993, factores de tipo ambiental, básicamente relacionada con los niveles de precipitación, el tráfico, la humedad relativa, estabilidad de las geoformas superficiales y estabilidad de la capa de rodadura ante los agentes atmosféricos y naturales. El pavimento será del tipo flexible, constituido por una Carpeta Asfáltica con mezcla elaborada en caliente, base granular clase 4 y subbase granular clase 3 para la longitud total de la vía. La capa de mejoramiento existente en la vía, no se toma en cuenta en el diseño del pavimento, por cuanto en el diseño vertical se producirán cambios en los que esta capa será retirada. (Auqui & Ramírez, 2019)

8.1.1. Pavimentos flexibles

El asfalto sigue un diseño que descansa sobre la subrasante y que ha sido enmarcado por varias capas: sub-base, base, capa de soporte, asfalto adaptable hecho de materiales granulares, el espesor de estas capas depende del límite de soporte del terreno o llamado también subrasante. Los límites que se deben considerar para la configuración del asfalto es el tráfico medido a futuro.

El proyecto debido a su bajo volumen vehicular se planteo directamente que sea sobre pavimento flexible además de ser una vía poco transitada es de bajo orden y el GADPC no prioriza la construcción en Pavimentos rígidos.

8.2. Capa de rodadura

La capa de rodadura sirve de relleno para la seguridad de la estructura interior, al mismo tiempo que permite un flujo de tráfico satisfactorio por su superficie homogénea

y rugosa para una mejor adherencia de los vehículos. El enfoque del plan combinado para la capa de rodadura dependerá del tipo de capa de rodadura que se utilice, donde el objetivo del plano son las medidas de los materiales.

8.3. *Diseño estructural*

El diseño de la mezcla consiste en determinar la formula maestra de la mezcla (proporciones de los materiales a utilizarse). Las cantidades de cada material determinarán las propiedades que tendrá la mezcla, y, por consiguiente, el desempeño que el tendrá pavimento terminado, el diseño de la mezcla para una capa de rodadura asfáltica en caliente se va realizar por el método Marshall, (Procedimiento normado en ASTM D 1559).

8.3.1. *Metodología de cálculo*

El estudio seguirá el método de diseño normado AASHTO 93, este método está basado en el número estructural de la subrasante (capa de terreno natural) el análisis por cada capa, la base y la sub base además del terreno compactado con el material del lugar ; esto Se buscará incrementar el número estructural que es en el mismo caso la resistencia que tendrá el suelo a soportar cargas.

Para el respectivo calculo se utilizará la siguiente formula

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \cdot S_o + 9,36 \cdot \log_{10}(SN + 1) - 0,2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5}\right)}{0,4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \cdot \log_{10}(M_R) - 8,07$$

Dónde:

ZR = Factor de desviación normal para un nivel de confiabilidad R

MR = Módulo de resiliencia efectivo de la subrasante

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y el final deseado W_{t18} :

So = Desviación estándar

SN = Número estructural

W18 =Tráfico equivalente o ESAL's.

8.3.2. *Parámetros de diseño*

El periodo de diseño se refiere al tiempo en el cual la estructura prestará servicio bajo las condiciones de diseño, ejecución y mantenimiento adecuados, el diseño estructural de una carretera en nuestro País, para tráfico pesado se recomienda de 30 años, a continuación, se presenta los periodos de diseño sugerido en la “Guía para el diseño de pavimentos AASHTO 1993).

Tabla 41

Periodo de diseño para carreteras

Tipo de Carretera	Periodo de Diseño (Años)
Urbana de tránsito elevado	30-50
Interurbana de tránsito elevado	20-50
Pavimentada de baja intensidad de tránsito	15-25
De baja intensidad de tránsito, Pavimentación con grava	10-20

Fuente: (AASHTO Guide for design of pavement structures, 1993, págs. I-62)

La serviciabilidad

Se refiere al resultado final que la vía transmite al conductor, es decir la comodidad y seguridad que este experimenta al conducir en la vía terminada, la cuantificación de dicha característica se determinó como el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI, por sus siglas en inglés “present serviciability index”), dicho índice califica al pavimento en una escala del 0 (pésimas condiciones) al 5 (en perfectas condiciones).

Los valores de serviciabilidad obtenidos de la Carretera Experimental AASHO son:

Tabla 42

Índices de serviciabilidad

Índice De Servicialidad Inicial (Po)	
4.2	Pavimentos flexibles
4.5	Pavimentos rígidos
Índice De Servicialidad Final (Pt)	
2.5 ó 3.0	Carreteras principales
2	Carreteras con clasificación menor
1.5	Carreteras relativamente menores , donde as condiciones económicas determinan que gastos iniciales deben ser mantenidos bajos

Fuente: (AASHTO Guide for design of pavement structures, 1993)

Numero estructural

Es un número que representa la resistencia que requiere la estructura del pavimento para brindar soporte al tráfico de diseño expresado como Ejes equivalentes de carga (ESAL's), el número estructural se define en función del coeficiente estructural de las capas soporte de la estructura, así como el coeficiente de drenaje de cada capa.

La ecuación que define al Número Estructural es la detallada a continuación:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * m_2 * D_2 + a_3 * m_3 * D_3 + a_4 * m_4 * D_4$$

Capa 1: Capa de rodadura de Cemento asfáltico.

Capa 2: Capa de Base granular.

Capa 3: Capa de Sub-base granular.

Capa 4: Capa de mejoramiento con material granular en caso de requerirse.

a1, a2, a3, a4: Son los Coeficientes estructurales o de Capas, adimensionales.

D1, D2, D3, D4: Espesor requerido de la capa correspondiente (Pulg).

m2, m3: Son los Coeficientes de Drenaje de las capas respectivas

Drenaje

Depende de cuánto tiempo estará expuesta la estructura del pavimento a la humedad además de ser un ajuste para cuando las capas granulares no se encuentren

correctamente tratadas. Se fijarán de acuerdo a la calidad del drenaje como lo indica AASHTO 1993 en la siguiente tabla.

Tabla 43

Calidad de drenaje por AASHTO 1993

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% a más
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

Fuente: (AASHTO Guide for design of pavement structures, 1993)

De la tabla se considera los coeficientes de drenaje m_2 y m_3 de las capas granulares base y sub-base igual 1.00 para el cálculo de pavimento.

Figura 30

Determinación de m_1 y m_2

Calidad de Drenaje	Bueno	Bueno	Coef. de Drenaje BG	1.00
Porcentaje de Exposición BG	25%		Coef. de Drenaje SBG	1.00
Porcentaje de Exposición SBG		25%		

FACTOR DE DRENAJE	PARA EL PROYECTO DE ESTUDIO
m_2	1.00
m_3	1.00

Elaborado por: el autor (2022)

Coefficiente estructural

Es el valor que va ligado a cada uno de los componentes de la estructura del pavimento lo que nos indica que a mayor sea la resistencia o estabilidad Marshall

Se tiene una tabla resumen elaborada por Auqui y Ramieres y se utilizara las fórmulas dichas en esa ilustración para poder llegar a valor de diseño con más factor de seguridad

Tabla 44

Ecuaciones de coeficiente estructural para diferentes capas estructurales de vía

CAPA	PROPIEDAD MECÁNICA DE LA CAPA	ECUACIÓN DEL COEFICIENTE DE CAPA
SUB-BASE	CBR (%)	$a_3 = 0.058 * CBR^{0.19}$
BASE	CBR (%)	$a_2 = 0.032 * CBR^{0.32}$
BASE ESTABILIZADAS CON CEMENTO	f'c (PSI) a los 7 días	$a_2 = 1.549 * 10^{-4} * f'c + 9.521 * 10^{-2}$
BASE ESTABILIZADAS CON ASFALTO	f'c (MPa) a los 7 días	$a_2 = 2.246 * 10^{-2} * f'c + 9.521 * 10^{-2}$
	f'c (Kg/cm2) a los 7 días	$a_2 = 2.203 * 10^{-2} * f'c + 9.521 * 10^{-2}$
	ESTABILIDAD MARSHALL (Lb)	$a_2 = 1.155 * 10^{-4} * EM + 1.129 * 10^{-1}$
	ESTABILIDAD MARSHALL (N)	$a_1 = 0.0078 * EM^{0.441}$
CAPA DE RODADURA	ESTABILIDAD MARSHALL (Lb)	$a_1 = 0.01506 * EM^{0.441}$
	MODULO DINÁMICO (MPa)	$a_1 = 0.0052 * E^{0.555}$

Elaborado por: El autor Fuente: Auqui Ramirez en base a (AASHTO Guide for design of pavement structures, 1993)

Por tanto, los valores calculados son los siguientes

Tabla 45

Resultado de coeficiente estructural

Coefficientes estructurales	Formula	Vía Pasobullo – La Cocha
a_1	$a_1 = 0.01506 * EM^{0.441}$	0.08983136
a_2	$a_2 = 0.032 * CBR^{0.32}$	0.13005851
a_3 Existente	$a_3 = 0.058 * CBR^{0.19}$	0.41058223

Nota, Resultados obtenidos al aplicar la formulas antes mencionadas Elaboro: El autor

8.4. Cálculo de volúmenes de obra

Debido a las características y consideraciones en el tiempo que se requiera construir este proyecto de asfaltado se determina las diferencias en los espesores para una proyección de periodo de diseño de 15 y 20 años, como se presenta a continuación:

Para periodo de diseño de 15 años, se tiene la siguiente estructura del pavimento:

Tabla 46*Valores de diseño*

PARÁMETRO	DATO
Periodo de diseño	20 años
Ejes equivalentes (ESAL's)	2.14E+04
Nivel de confianza (R)	85%
Desviación estándar normal (Zr)	-1.037
Desviación estándar tota (So)	0.45
Condiciones de Serviciabilidad	
Condiciones iniciales (Po)	4.2
Condiciones finales (Pf)	2.2
Variación de serviciabilidad (ΔPSI)	2
CBR subrasante	5.8
Módulo resiliente SUBRASANTE	8700
Módulo resiliente Sub-base granular (CBR=40)	27083.78
Módulo resiliente Base granular (CBR=80)	42205.45
a3	0.117
a2	0.130
a1	0.411
m1 y m2	1
log ₁₀ Wt 18	5.132
SN	2.26

Nota, Resultados obtenidos con las distintas consideraciones Elaborado por: El autor

(2022)

Cálculo de SN con el Mr-base, para un periodo de diseño de 20 años

Tabla 47*Resultados para el cálculo de SN*

Resultados	
Número estructural requerido total (SN _{REQ})	2.26
Número estructural carpeta asfáltica (SN _{CA})	1.17
Número estructural base granular (SN _{BG})	0.26
Número estructural sub base (SN _{SB})	0.83

Elaborado por: El autor (2022)

Tabla 48

Propuesta de espesores de pavimento

PROPUESTA:			
	TEÓRICO	PROPUESTO	SN*
Espesor carpeta asfáltica (cm)	7.24 cm	5.00 cm	0.81
Espesor base granular (cm)	5.08 cm	15.00 cm	0.77
Espesor sub base (cm)	18.03 cm	15.00 cm	0.69
Espesor total (cm)	30.35 cm	35.00 cm	2.27

Elaborado por: El autor (2022)

$$SN_{REQ} \leq SN^*$$

$$2.26 \leq 2.27 \rightarrow OK!$$

Calculo de cantidades de obra para diseño estructural

TRANSPORTE

Transporte de material de excavación (transp libre 500m)

L [km]	VOL [m3]	Total [m3-km]
0.7	1,948.05	1363.635

Transporte de materiales pétreos clasificados

Dis. CG [km]	L [m]	B [m]	e [m]	F	VOL [m3]	Total [m3-km]
73.5	1,570.00	7.60	0.15	1.02	1825.596	134181.306
73.5	1,570.00	6.3	0.15	1.02	1513.323	111229.241
TOTAL						245410.547

Transporte de mezcla asfáltica

Dis. CG [km]	L [m]	B [m]	e [m]	F	AREA [m2]	VOL [m3]	Total [m3-km]
61	1,570.00	6.00	5.00	1.02	9608.4	48042	2930562

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

Sub Base Clase 3	1825.60
Base Clase 4	1513.32
Asfaltado RC-250 para Imprimación	13932.18

Asfaltado RC-250 para Imprimación

AREA [m2]	F	Total [lit]
9,608.40	1.45	13932.18

Capa de Rodadura de Hormigón Asfáltico mezclado en planta de 5cm de espesor

L [m]	B [m]	e [m]	F	AREA [m2]
1,570.00	6.00	5.00	1.02	9608.4

CAPÍTULO IX

DISEÑO HIDRÁULICO

9.1. Información preliminar

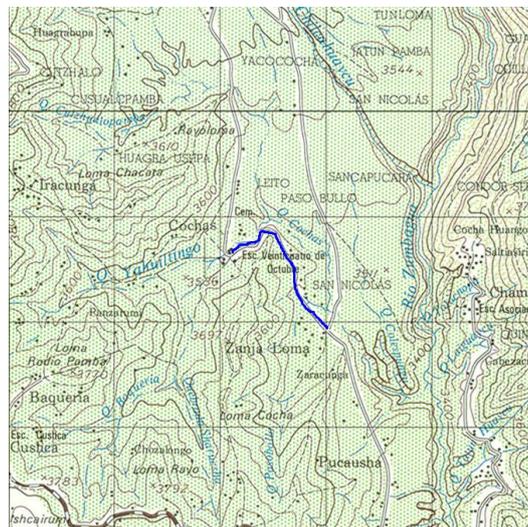
Una cuenca hidrográfica es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.

Es decir, es una especie de “embudo” del territorio por el que escurre el agua desde las partes altas, hasta llegar a un punto en común, de donde sale toda el agua que fluye hacia otro lado.

Cabe señalar que en el área de estudio se encuentran varios recursos hídricos superficiales: Quebrada y río Cochas en sentido Oeste – Este y 2 Km de longitud; Quebrada y río Yahutingo en igual sentido de 3 Km.

Figura 31

Afectación de quebradas y ríos aledaños al proyecto



Nota, La línea azul representa el proyecto Elaborado por: el Autor (2022)

9.2. *Funcionalidad de obras de drenaje*

Las cunetas pueden construirse con diferentes materiales en función de la velocidad de circulación del agua, magnitud que depende directamente de la inclinación longitudinal de la cuneta, que suele coincidir con la adoptada para la vía.

Una velocidad superior a la tolerable (4.5 m/s en hormigón MTOP 2003) causaría arrastres de partículas y erosiones de la superficie de la cuneta, reduciendo la funcionalidad de la cuneta, por lo que en el presente diseño se comprobó que la velocidad del flujo a través de la cuneta no sobrepase dicho valor.

De ser necesario esto se podría revestir con un material hidráulicamente más competente, cuando se presenten factores como:

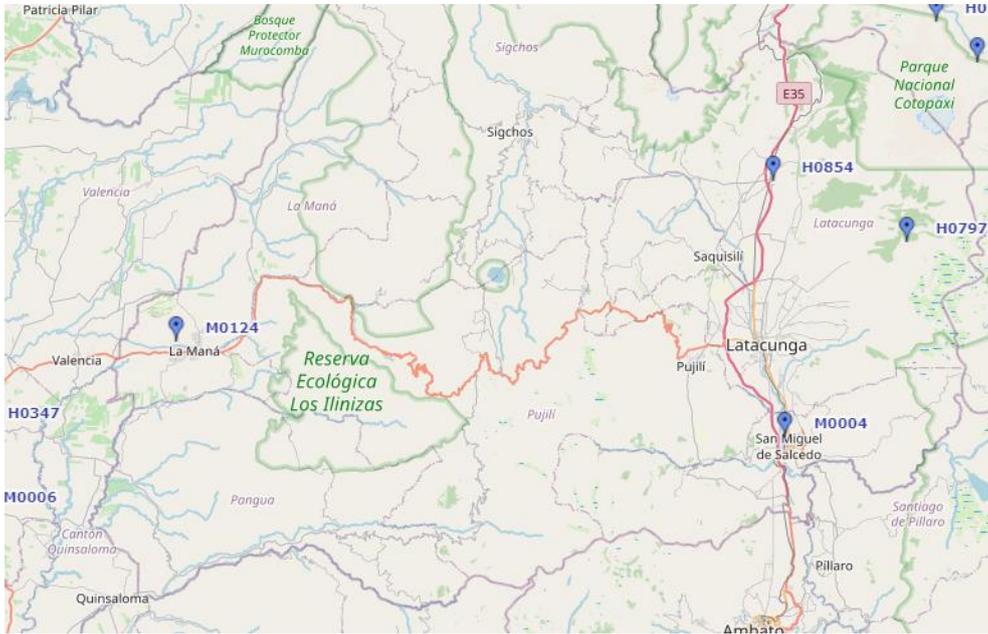
- En zonas de elevada pendiente: donde la velocidad de agua que circula por gravedad es alta.
- Velocidad del agua sea muy baja: produciendo sedimentación de materiales, este fenómeno ocurre en pendientes inferiores al 1%.
- Donde la conservación resulte difícil: generalmente en las vías urbanas.

9.3. *Parámetros de diseño*

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

Figura 32

Estaciones meteorológicas cercanas al proyecto



Elaborado por: el Autor (2022) desde página web de inamhi

Tabla 49

Datos de estaciones meteorológicas cercanas al proyecto

Código	Estación	Latitud	Longitud	Elevación msnm	Institución
H0854	San Juan La Mana	-0.743611	-78.607778	2930	INHAMI
M0004	Rumipamba Salcedo	-1.020000	-78.594600	2685	INHAMI

Elaborado por: el Autor (2022) desde página web de inamhi

Se presenta además la opción de trabajar con la siguiente estación meteorológica del cantón Latacunga esto debido a la cercanía al proyecto por lo que representaría valores mas representativos del lugar. Si bien en la figura mostrada anterior mente no se encuentra la estación con la que se realizara el estudio este si se encuentra en el estudio de lluvias intensas del año 2019 y como base de información de el GADPC

- Aeropuerto “Cotopaxi” Latacunga.
 - Código: M0064

Figura 33

Estaciones meteorológicas del cantón Latacunga



Fuente: Departamento de obras publicas del GADPC

De acuerdo a la disponibilidad de ecuaciones proporcionadas por el INAMHI, tenemos también la estación del Aeropuerto de “COTOPAXI”, esta estación es de tipo aeronáutica y actualmente se encuentra en actividad.

- Código de Identificación: M0064.
- Tipo: Aeronáutica.
- Zona: 3
- Coordenadas:
 - Este: 765133 m.
 - Norte: 9898593 m.
- Altitud: 2785 msnm.

De acuerdo al servicio meteorológico para la determinación de la intensidad máxima se establecerá de la siguiente manera, tal como lo expresan las siguientes ecuaciones.

Tabla 50*Tabla de Ecuaciones de Intensidad de la Estación M064*

ZONA	CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	DURACIÓN	ECUACIÓN
31	M0064	LATACUNGA AEROPUERTO	5 Min < 45.7 Min	$I_{TR} = 135.67 * Id_{TR} * t^{-0.471}$ $R^2 = 0.9967$
			45.7 Min < 1440 Min	$I_{TR} = 718.11 * Id_{TR} * t^{-0.907}$ $R^2 = 0.9997$

Fuente: INAMHI.

En el presente estudio se prioriza la determinación de estas intensidades críticas en base a los registros de precipitaciones máximas diarias de la estación Aeropuerto Cotopaxi (M064), cuyo valor anual es de 54.4 mm, registrado en el año 2014.

Puesto que el análisis estadístico en este caso corresponde a eventos críticos, se toma todo el período con disponibilidad de datos consistente en donde se incluye además la transformación logarítmica, para el correspondiente análisis estadístico probabilístico, con el fin de obtener las intensidades máximas de 24 horas con período de retorno asociado.

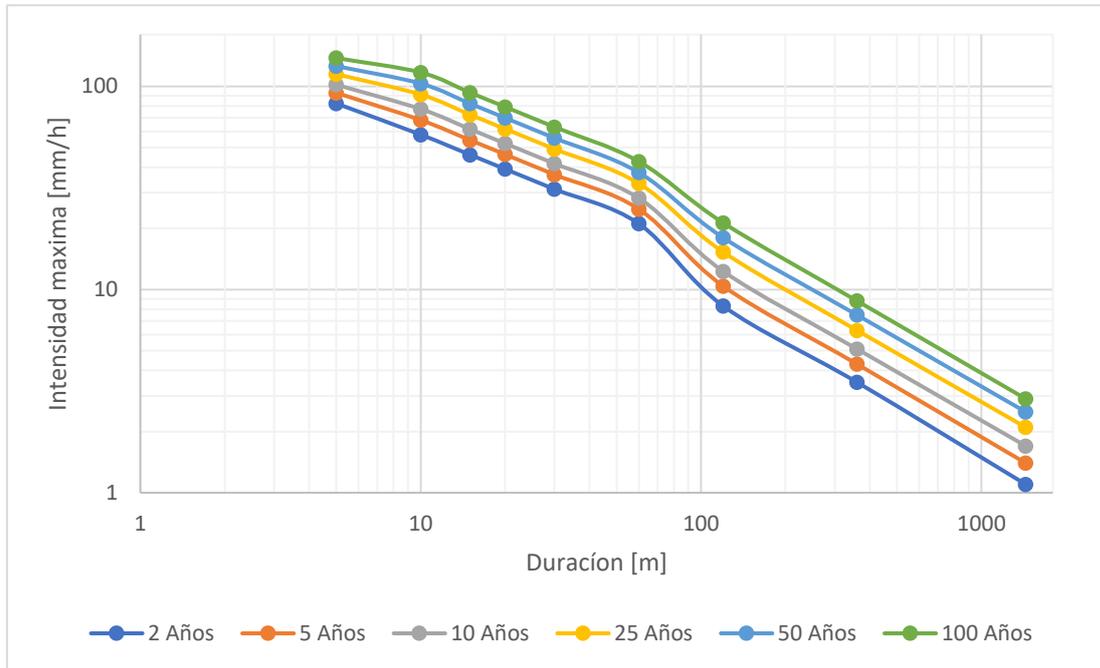
Tabla 51.*. Datos de Intensidad Máxima en los Diferentes años*

Tiempo (min)	PERIODO DE RETORNO T (años)					
	2	5	10	25	50	100
5	82,4	93	101,9	114,9	125,9	138
10	57,9	68,3	77,4	91,2	103,3	117,1
15	46,1	54,4	61,6	72,6	82,3	93,2
20	39,2	46,3	52,4	61,8	70	79,3
30	31,2	36,8	41,7	49,2	55,7	63,1
60	21,1	24,9	28,2	33,3	37,7	42,7
120	8,3	10,4	12,3	15,3	18	21,3
360	3,5	4,3	5,1	6,3	7,5	8,8
1440	1,1	1,4	1,7	2,1	2,5	2,9

Elaboración por: el Autor (2022)

Figura 34

Grafica de Intensidad Máxima - Duración – Periodo de Retorno



Elaborado por el Autor. (2022)

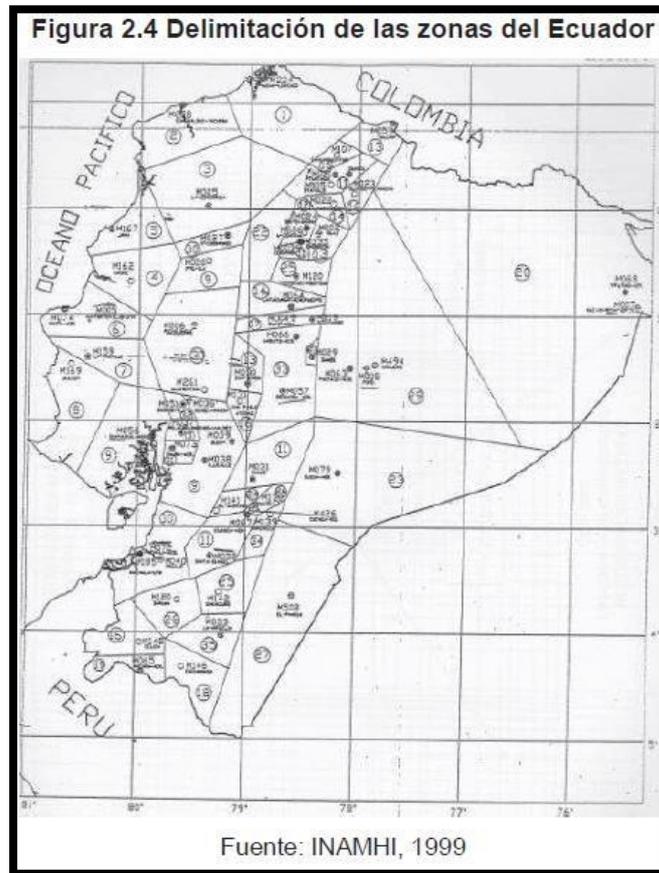
Las intensidades máximas nos permiten determinar los caudales máximos, mediante la utilización de modelos precipitación – caudal.

9.3.1. Periodo de retorno

De acuerdo a la información geográfica y localización del sitio de interés se establece que, en la zonificación de intensidades propuesta por el INAMHI, corresponde a la zona 31. Para un periodo de retorno de 25 años, de acuerdo al INAMHI, en el año 1999, es el siguiente mapa detallado a continuación:

Figura 35

Delimitación de las zonas del Ecuador



Fuente: Inamhi (1999)

9.3.2. *Tiempo de concentración*

El tiempo de concentración de la cuenca (t_c) se estima con la siguiente ecuación de Kirpich:

$$t_c = 3.957 (L^{0.77}) / (S^{-0.385})$$

Donde:

t_c : tiempo de concentración, (min);

L: Longitud del cauce principal, (km); y,

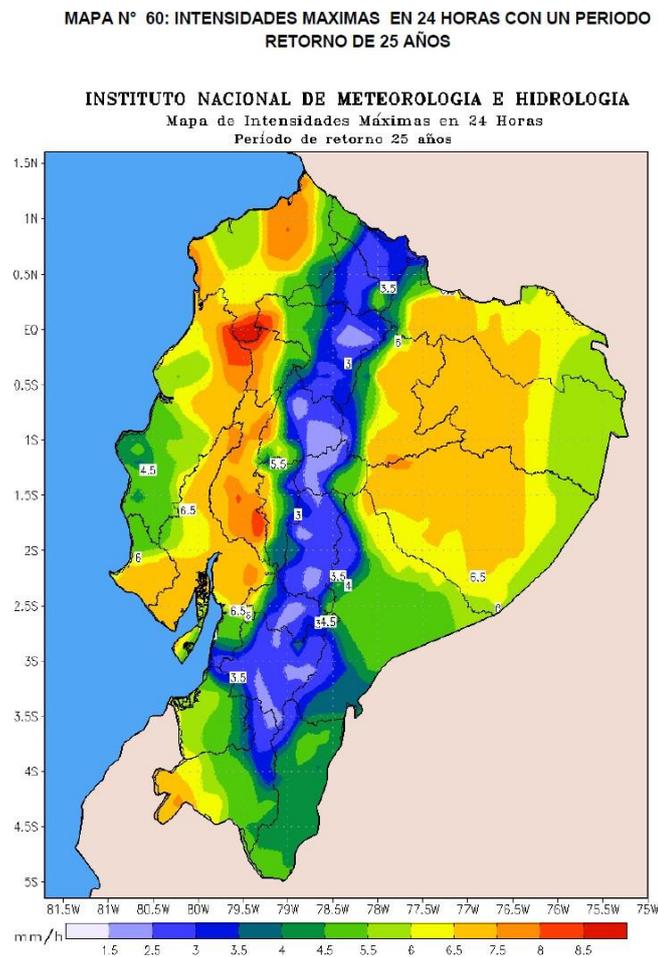
S: Pendiente media del cauce principal, (m/m).

La duración de la precipitación se asume aproximadamente igual al tiempo de concentración, con lo que se asegura que toda la cuenca contribuya simultáneamente a la formación del caudal pico

El INAMHI, también propone el siguiente mapa de intensidades máximas en 24 horas con un periodo de retorno de 25 años, en la cual se podrá determinar la intensidad máxima para un periodo de retorno estipulado de acuerdo a la ubicación de este.

Figura 36

Mapa de intensidades máximas



Nota. Muestra un mapa con intensidades máximas en 24 horas con un periodo de retorno de 25 años Fuente: INAMHI. (2015)

Se estima el valor de Id_{TR} para la zona 31, estación cercana al área de estudio, por lo que el valor estimado de $Id_{TR} = 3.5$ mm/h como valor promedio. Siendo este un dato necesario para la determinación del caudal.

9.3.3. *Intensidad de precipitación*

La intensidad (i) se define como el volumen de precipitación por unidad de tiempo, se expresa en mm/h.

La precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo. La precipitación pluvial se mide en mm. Mismo que vendría a ser el espesor de la lámina de agua que se formaría, a causa de la precipitación, sobre la superficie plana e impermeable y que equivale a litros de agua por metro cuadrado. Registros históricos de pluviosidad en mm, en el cantón Latacunga, proporcionada por la Dirección General de Aviación Civil 2015, se registran los siguientes datos:

Tabla 52

Registro histórico de pluviosidad

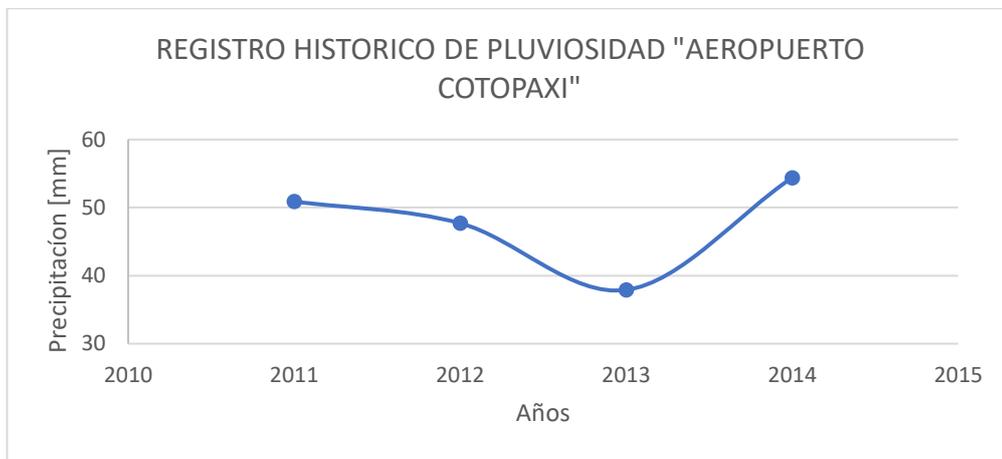
Registro histórico de pluviosidad en mm AEROPUERTO "COTOPAXI" LATACUNGA			
AÑO	PROMEDIO	MÁXIMO	MÍNIMO
2011	50.9	107.4	9.9
2012	47.7	136.4	1.8
2013	37.9	94.1	2.3
2014	54.4	154.8	3.6

Elaborado por: El autor en base a la información de INAMHI. (2015)

En un breve análisis de la siguiente tabla, podemos observar que la mayor pluviosidad que se ha registrado en los últimos cuatro años ha sido la del año 2014 con un promedio de 54.4 mm y una menor en el año 2013, con 37.9 mm según la información de la Dirección General de Aviación

Figura 37

Precipitación media de la estación aeropuerto Cotopaxi



. Fuente: *Elaboración Autor (2022)*

9.3.4. Coeficiente de escorrentía

El Coeficiente de Escorrentía es uno de los parámetros fundamentales de la Hidrología superficial, pues representa la porción de la precipitación que se convierte en caudal, es decir, la relación entre el volumen de Escorrentía superficial y el de precipitación total sobre un área (cuenca) determinada.

Una forma de visualizar el significado del Coeficiente de Escorrentía es tratarlo en términos de porcentaje de lluvia. Por ejemplo, un Coeficiente de Escorrentía de 0,85 conduciría a pensar en una escorrentía que representa el 85% de la lluvia total asociada. O, dicho de otra forma, por cada 100 litros por metro cuadrado precipitados en una cuenca hidrográfica, 85 litros por metro cuadrado se convertirán en flujo superficial.

El Coeficiente de Escorrentía no es un factor constante, pues varía de acuerdo a la magnitud de la lluvia y particularmente con las condiciones fisiográficas de la Cuenca Hidrográfica (Cobertura vegetal, pendientes, tipo de suelo), por lo que su determinación es aproximada.

La determinación del coeficiente de escorrentía se realiza con ayuda de tablas o ecuaciones empíricas, siendo las más utilizadas, en cuanto a tablas, las de Raws, la de Molchanov y la de Prevert; en cuanto a las ecuaciones, destacan la relación la ecuación de Nadal y la fórmula de Keler.

Tabla 53

Método racional

COBERTURA DEL SUELO	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DE TERRENO PRONUNCIADA	PENDIENTE DE TERRENO ALTA	PENDIENTE DE TERRENO MEDIA	PENDIENTE DE TERRENO SUAVE	PENDIENTE DE TERRENO CON PENDIENTES DESPRECIABLES
		> 50	20-50	5-20	1-5	0-1
Sin Vegetación	Impermeable	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6
	Semipermeable	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
	Semipermeable	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
	Semipermeable	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
	Semipermeable	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
	Semipermeable	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25
	Permeable	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05

Nota. Cálculo del Coeficiente de Escorrentía por el Método Racional. Fuente: Benítez et. Al.

1980

El Coeficiente de Escorrentía no es un factor constante, pues varía de acuerdo a la magnitud de la lluvia y particularmente con las condiciones fisiográficas de la Cuenca Hidrográfica (Cobertura vegetal, pendientes, tipo de suelo), por lo que su determinación es aproximada.

- **Suelo Impermeable:** Rocas, arcillas, limos arcillosos.
 - **Suelo Semipermeable:** Arenas limosas o arcillosas, gravas finas con alto contenido de arcillas.
 - **Suelo permeable:** Arenas, gravas, en general suelos de alto contenido arenoso.
- **MÉTODO RACIONAL PONDERADO.**

En general las cuencas receptoras presentarán variedad de suelos, con coberturas, pendientes y permeabilidades variables.

En estos casos se recomienda determinar el Coeficiente de Escorrentía mediante un promedio ponderado de los coeficientes parciales de cada zona. Para ello, se dividirá la cuenca en zonas con características homogéneas de tipo de suelo, cobertura vegetal y pendiente, a las cuales se les asignará el respectivo Coeficiente “parcial”, de acuerdo a la tabla anterior.

$$C_{ponderado} = \frac{\sum(C_i \times A_i)}{\sum A_i}$$

CALCULO POR EL MÉTODO RACIONAL

Tomando en cuenta los parámetros básicos como edafología del suelo, pendientes, tipo de vegetación y otros aspectos puntuales para cada caso, el valor del coeficiente de escorrentía es determinado de acuerdo al siguiente cuadro

Este método se utiliza cuando la superficie de la cuenca analizada es pequeña, menores a 81 hectáreas y en estos casos se ha comprobado que los resultados son confiables.

9.4. Drenaje longitudinal

El drenaje longitudinal comprende las obras de captación y defensa, cuya ubicación será necesario establecer, calculando el área hidráulica requerida, sección, longitud, pendiente y nivelación del fondo, y seleccionando el tipo de proyecto constructivo:

Toda agua que fluye a lo largo de la superficie de la calzada de una vía, tanto como el agua pluvial que circula a través de la calzada, debe ser encausada y evacuada de tal manera que no produzca daños a la estructura de la vía, ni afecte su transitabilidad.

Las cunetas son canales o zanjas longitudinales revestidas o sin revestir, abiertas en el terreno que se construyen a ambos lados o a un solo lado de la vía, con el propósito de recibir y conducir el agua pluvial que se escurre por la calzada, el agua que escurre por los taludes de cortes y a veces la que escurre por pequeñas áreas adyacentes.

- **Sección Hidráulica Apropriada:** Para la evacuación del caudal máximo previsto en el área de estudio.
- **Garantizar Seguridad:** Se debe evitar secciones con pendientes abruptas y puntos angulosos, ya que, estos podrían provocar el vuelco del vehículo por lo que estos podrían caer en las cunetas por algún tipo de razón.
- **Durabilidad:** La infraestructura debe ser elaborada con materiales adecuados y procurando un cuidado en la ejecución de forma que se mantenga operativa con los mínimos costos de mantenimiento y reparación.
- **Simplicidad:** De forma que su ejecución sea rápida, barata y eficaz.

9.5. Drenaje transversal

Las obras de drenaje transversal deberán perturbar lo menos posible la circulación del agua por el cauce natural, sin excesivas sobreelevaciones del nivel del agua por posibles aterramientos, ni aumentos de velocidad debido a erosiones potenciales aguas abajo.

Para vadear estos cauces naturales, se dispone de dos opciones: mediante pequeños puentes y pasarelas (losa sobre estribos) o mediante obras de fábrica (Tuberías de diferentes materiales y marcos de hormigón prefabricado). Comparando ambas opciones, se puede afirmar que la primera de ellas es la más costosa y constructivamente la más complicada, aunque también ofrece soluciones más estéticas que las obras de fábrica.

Por lo general, los pequeños puentes se colocarán sobre cauces de agua más o menos permanentes y con poca sección.

Alcantarillas

Son conductos cerrados de forma variada, que se instalan o construyen transversales y por debajo del nivel de la subrasante de una carretera, para conducir hacia cauces naturales el agua lluvia que proviene de pequeñas cuencas hidrográficas, arroyos, canales de riego, cunetas o del escurrimiento superficial de la carretera. Sus dimensiones deben ser correctamente establecidas y en ocasiones se requiere brindar una protección contra la socavación.

En base a las condiciones topográficas del corredor de la carretera, se considera que una alcantarilla sirve para drenar zonas inundables, cuencas pequeñas definidas o para coleccionar el agua proveniente de las cunetas. Constan principalmente del ducto, los cabezales, muros de alas a la entrada y salida.

En base a la forma de la sección transversal del ducto, la alcantarilla puede ser circular, rectangular (cajón), elíptica o de bóveda. El material del ducto está limitado también por condiciones de temperatura y humedad en el sitio de instalación.

La información relevante respecto a la zona de influencia del sitio de cruce que considera el MTOP 2003, son las siguientes:

- **Topografía:** Para obtener datos de localización de la alcantarilla proporcionando a la corriente una entrada y salida directas.
- **Cuenca de Drenaje:** Para considerar el área que va a contribuir al escurrimiento, en base a las condiciones físicas del sitio y un estudio hidrológico.
- **Características del Cauce:** Para su representación precisa se deberá disponer de secciones transversales en el sitio probable de cruce, de un perfil longitudinal y de un alineamiento horizontal. El tipo de suelo y la cobertura vegetal son factores

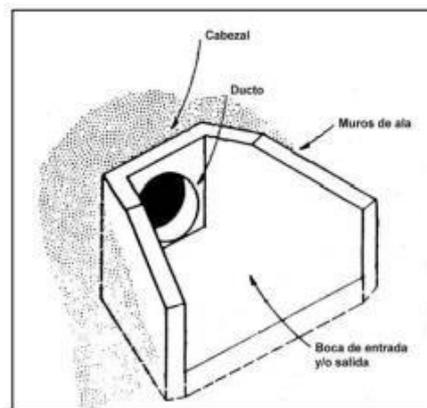
a considerar ya que podrían influir en el dimensionamiento y durabilidad del material de la alcantarilla.

Entre los elementos que constituyen las estructuras de entrada y salida de una alcantarilla, se destacan:

- **Para estructuras de Entrada y/o Salida:** Se refiere específicamente a la construcción de cabezales que aumenten la eficiencia y ayuden a retener el talud del terraplén, contemplados con muros de alas para encauzar el agua hacia la alcantarilla.

Figura 38

Muros de alas



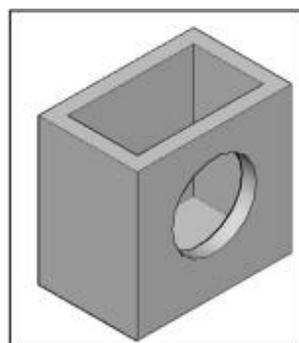
Fuente: (MTO, 2003)

- **Cabezales:** Son muros que retienen el material del terraplén, protegiéndolo de la erosión y dando estabilidad al extremo de la tubería, al actuar como un contrapeso ante la presencia de fuerzas de presión. Además, guían la corriente y le proporcionan un mayor ancho a la vía, ofreciendo seguridad al conductor. Para que su funcionamiento sea adecuado y se garantice una mayor vida útil, se recomienda considerar los siguientes aspectos. (Cooperación Guatemala – Alemania, 2001):
 - Las dimensiones de los cabezales deben impedir el deslizamiento de los taludes inmediatos hacia el canal de la corriente.

- La excavación requerida debe quedar prevista durante la colocación de las alcantarillas.
 - Pueden ser contruidos de concreto reforzado, de mampostería o de hormigón ciclópeo.
 - Su construcción se realizará inmediatamente después de colocada la alcantarilla, para evitar un desacomodo de la tubería.
- **Muros de Alas:** Mejoran el desempeño hidráulico de la alcantarilla, ayudando a guiar el flujo hacia ella. Deben tener una longitud y una orientación que asegure la entrada del flujo al conducto.
 - **Ducto:** Su fin es garantizar la conducción del flujo de un lado a otro de la vía, evitando infiltraciones que vayan a afectar a la estructura del pavimento. Hormigón Armado, Acero Corrugado, PVC, son los materiales mas recomendados para su utilización
 - **Para Estructuras de Entrada:** Otra estructura que se usa generalmente a la entrada de una alcantarilla es un cajón, sobre todo cuando se esta ante la presencia de un talud con pendiente pronunciada, al ingreso que de llegar a producir un deslizamiento de material ocasionaría obstrucciones considerables en la boca de entrada del cabezal y alteración en la libre circulación del flujo.

Figura 39

Estructura Tipo Cajón

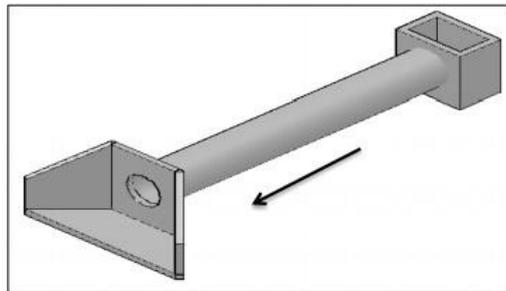


Fuente: (MTO, 2003)

La siguiente figura une las combinaciones de las estructuras cajón – cabezal con muro de alas, que protegen la entrada y salida de una alcantarilla.

Figura 40

Alcantarilla con estructura de cajón y cabezal con muro de alas



Fuente: (MTO, 2003)

9.6. Diseño de estructuras de drenaje

La vía no cuenta con todos los servicios básicos, solo dispone de agua potable y alumbrado público; en la socialización los dueños de los predios aledaños a la vía no pusieron ningún impedimento a ceder terreno por lo que se tuvo libertad al momento de el diseño de cunes, procurando también la menor afectación posible a los moradores sin dejar de lado la normativa. En la abscisa 1+370 se encuentra una alcantarilla con un diámetro de 1000mm que podría ser utilizada o removida dependiendo de su estado.

Figura 41

Estado de la vía actual



Elaborado por: El autor (2022)

Figura 42

Tubo metálico ubicado en la abscisa 1+370



Elaborado por: El autor (2022)

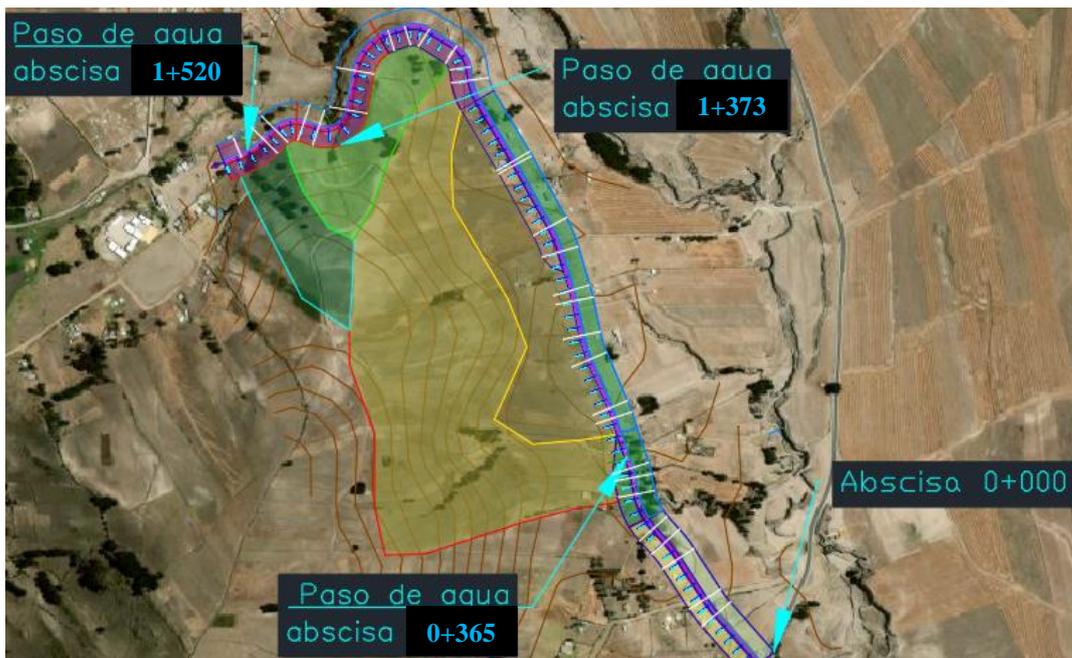
9.7. Diseño hidráulico

Se plantea la colocación de 3 pasos de agua

Para lo cual se obtiene los datos de Áreas de aportación (A), pendiente media (S), coeficiente de escorrentía (C):

Figura 43

Distribución de áreas alrededor de la vía



Elaborado por: El autor (2022)

9.8. *Diseño de obras de drenaje*

Con los datos obtenidos mediante software de diseño de vías y el cálculo de t_c [min], I_{TR} y Q_a [m^3/s] se procede a realizar el diseño de las cunetas respectivas.

Se planteará una sección tipo para todo el proyecto. Las dimensiones de la cuneta tipo son:

Tabla 54

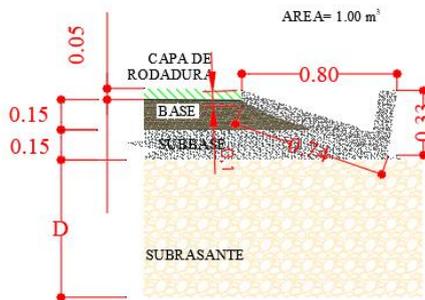
Datos cuneta

Datos cuneta	
n	= 0.012
y	= 0.2 m
bl	= 0 m (borde libre)
z1	= 3
z2	= 0.33
a	= 0.75 m
H	= 0.2 m
A	= 0.07 m^2
PM	= 0.84 m
R	= 0.08 m

Elaborado por: El autor (2022)

Figura 44

Perfil de cuneta



Elaborado por: El autor (2022)

Para el paso de aguas se obtuvo el siguiente cuadro resumen:

Tabla 55

Cuadro resumen de diseño alcantarillas

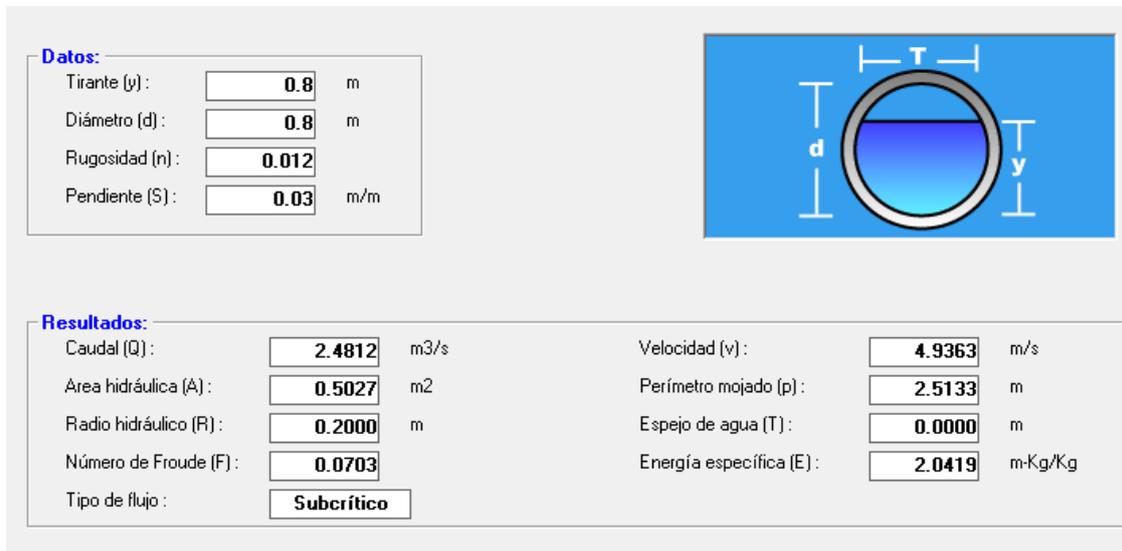
ABSCISA	CAUDALES			DATOS HIDRÁULICOS			TUBERÍA LLENA		Qp/Q
	CUENCA (m ³ /s)	CUNETA (m/s)	DISEÑO (l/s)	D (mm)	i (%)	RUGOSIDAD n	V (m/s)	Q (l/s)	
0+365	4.85	0.25	5097.11	1200	3.00	0.012	6.47	7315.53	0.70
1+373	0.52	0.16	676.89	800	3.00	0.012	4.94	2481.24	0.27
1+520	0.49	0.08	569.61	800	3.00	0.012	4.94	2481.24	0.23

Elaborado por: El autor (2022)

Mediante el software libre H-Canales, se calcula el diámetro de diseño, para el paso de agua correspondiente: Ingresamos el caudal requerido, en el software con la finalidad de obtener el tirante normal

Figura 45

Tubería con diámetro 800mm



Elaborado por: El autor, a través de H-Canales (2022)

Figura 46

Tubería con diámetro 1200mm



Elaborado por: El autor, a través de H-Canales (2022)

Tabla 56*Cuadros de resumen para cunetas*

CANTIDADES DE EXCAVACIONES Y HORMIGONES						
ABSCISA		UBICACIÓN	LONGITUD (m)	VOLUMEN		OBSERVACIONES
INICIO	FIN			EXCAV (m3)	H.S (m3)	
0+000	1+570.00	Dos Lados	3140.00	502.40	314.00	

Elaborado por: El autor, (2022)

Se considerara diametro minimo de 1200mm por efectos de limpieza y mantenimiento a futuro.

Tabla 57*Cálculo de volúmenes para alcantarillas*

CALCULO VOLUMEN ALCANTARILLAS				
ABSCISA	DIÁMETRO (mm)	LONGITUD (m)	REPLANTEO (m2)	EXCAV (m3)
1+365.000	1200.000	9.000	16.200	34.020
1+373.000	1200.000	9.000	16.200	34.020
1+520.000	1200.000	9.000	16.200	34.020

Elaborado por: El autor, (2022)

CAPÍTULO X

SEÑALIZACIÓN VIAL

10.1. Señalización vertical

Estas señales en su mayoría son postes fijados a una estructura que sostienen una placa metálica con distintos tipos de leyendas y símbolos. Son las encargadas de indicar los posibles peligros a lo largo de la vía, además de las reglamentaciones que existen mientras se transita por la misma.

10.1.1. Clasificación de señales verticales de tránsito

Se muestra a continuación una tabla resumen de la normativa dedicada a de la señalización vertical RTE-INEN-004-1.

Tabla 58

Clasificación de señales verticales de tránsito

Señal	Código	Característica
Regulatoria	P	Advertir sobre situaciones inesperadas o peligrosas
Preventiva	R	Regular la movilidad en la vía e indica la aplicación legal sobre infracciones
Información	I	Informar características de tránsito del lugar
Delineadoras	D	Delinear sobre cambios bruscos y obstrucciones sobre la vía
Para trabajos en la vía y propósitos especiales	T	Guiar para un tránsito seguro

Nota. Indica un resumen de la clasificación mostrada por la norma RTE-INEN-004-1

Elaborado por: El autor (2022)

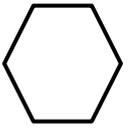
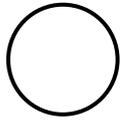
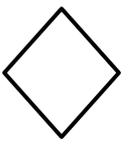
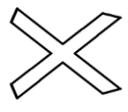
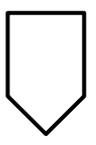
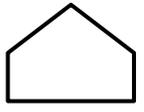
10.1.2. Características básicas de las señales verticales

Se pretende una uniformidad en forma, color y mensaje haciendo que sea más fácil ser identificado por parte del usuario de la vía.

10.1.2.1. Forma

Figura 47

Formas por RTE-INEN-004-1

	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, así como placas complementarias para señales regulatorias y preventivas.
	El escudo se usa para señalar las rutas
	El pentágono se usa para señales en zona escolar

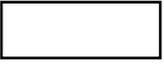
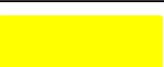
Fuente: INEN. (2011) Reglamento Técnico Ecuatoriano. Señalización Vial. Parte 1.
Señalización Vertical.

10.1.2.2. Color

Además del cumplimiento de la norma INEN para señalización vertical cumplirán con la norma ASTM D 4956, se muestra a continuación un cuadro resumen de colores

Figura 48

Colores señales verticales

COLOR	USO
 ROJO	Para señales de movimientos de flujo prohibidos y reducción de velocidad.
 NEGRO	Símbolos, leyenda y flechas para las señales.
 BLANCO	Fondo para la mayoría de señales regulatorias.
 AMARILLO	Para señales preventivas
 NARANJA	Para señales de trabajos temporales.
 VERDE	Señales informativas de destino.
 AZUL	señales informativas de servicio
 CAFÉ	Señales informativas turísticas y ambientales.
 VERDE LIMÓN	Para Zona Escolar

Fuente: INEN. (2011) Reglamento Técnico Ecuatoriano. Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical.

10.1.2.3. Tipos de letras

Todas las letras deben tener buena legibilidad de tal forma que pueda ser leído a una distancia determinada para ello el tamaño de las letras se fija de la siguiente manera

Figura 49

Distancia de legibilidad

SERIE DE LETRAS	DISTANCIA DE LEGIBILIDAD EN METROS POR 10 mm DE TAMAÑO DE LETRA
C	5 m
D	6 m
E	7 m
E modificada	7,5 m*

Fuente: INEN. (2011) Reglamento Técnico Ecuatoriano. Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical.

Como indica la norma INEN que “Las letras minúsculas se deben utilizar en las señales informativas de dirección, de distancias y para abreviaciones tales como m (metro), km (kilómetros) y t (toneladas).” (2011)

10.2. Señalización horizontal

Se relaciona con el uso de marcas viales, compuestas por líneas, imágenes y letras que se pintan sobre el asfalto, los cuadros y diseños de las calzadas o contiguas a ellas, así como los elementos que se ponen en circulación. superficie en movimiento, para dirigir, canalizar el tráfico o mostrar la presencia de enganches.

La señalización se compone de marcas de calles y delineadores cuya capacidad es complementar las pautas o datos de otros dispositivos de tráfico o comunicar mensajes.

10.2.1. Clasificación de señales horizontal de tránsito

La principal clasificación de las señales horizontales está dada por su forma y se divide en tres grupos:

- Las líneas longitudinales “Se emplean para determinar carriles y calzadas; para indicar zonas con o sin prohibición de adelantar; zonas con prohibición de estacionar; y, para carriles de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos.”

(INEN,2011, p. 5)

- Las líneas transversales “Se emplean fundamentalmente en cruces para indicar el lugar antes del cual los vehículos deben detenerse y para señalar sendas destinadas al cruce de peatones o de bicicletas.” (INEN,2011, p. 5)
- Los símbolos y leyendas “Se emplean tanto para guiar y advertir al usuario como para regular la circulación.” (INEN,2011, p. 5)

10.2.2. Características básicas de las señales horizontales

Toda señalización de tránsito debe satisfacer las siguientes condiciones mínimas para cumplir su objetivo:

- ✓ Debe ser necesaria.
- ✓ Debe ser visible y llamar la atención.
- ✓ Debe ser legible y fácil de entender.
- ✓ Debe dar tiempo suficiente al usuario para responder adecuadamente.
- ✓ Debe infundir respeto.
- ✓ Debe ser creíble.

Las características básicas para las señales horizontales son

10.2.2.1. Mensaje

Debe estar instalado en el lugar donde conductores y peatones tengan un alto nivel de concentración y atención hacia la señal para que así no se desvíe la atención de la misma.

10.2.2.2. Ubicación

Se debe garantizar que el conductor al estar transitando a la velocidad máxima pueda reaccionar de manera adecuada a la indicación de la señal en cuestión.

10.2.2.3. Dimensiones

Dependerán de la velocidad de diseño máxima de la vía aunque pudiese ser cambiadas las dimensiones de así ser necesario pero en primera instancia cumplirán con las siguientes tolerancias máximas indicadas en la normativa INEN.

Figura 50

Tolerancias máximas en las dimensiones de señalizaciones

Dimensión	Tolerancia Permitida
Ancho de una línea	± 3 %
Largo de una línea segmentada	± 5 %
Dimensiones de símbolos y letras	± 5 %
Separación entre líneas adyacentes	± 5 %

Fuente: INEN. (2011) Reglamento Técnico Ecuatoriano. Señalización Vial. Parte 2. Señalización Horizontal.

10.2.2.4. *Retroreflexión*

Nos indicara la capacidad mínima que deberían tener las señales para poder reflejar la luz hacia la fuente de luz que en este caso sería las luces del automotor.

La normativa INEN indica que:

Las señalizaciones deben ser visibles en cualquier período del día y bajo toda condición climática, por ello se construirán con materiales apropiados, como micro-esferas de vidrio, y deben someterse a procedimientos que aseguren su retroreflexión. Esta propiedad permite que sean más visibles en la noche al ser iluminadas por las luces de los vehículos, ya que una parte significativa de la luz que reflejan retorna hacia la fuente luminosa. (INEN, 2011, p. 8)

10.2.2.5. *Color*

Se debe colocar de manera uniforme el color a usarse. En la mayoría de casos los colores son blanco y amarillo y se debe coincidir el cuerpo del elemento con el color de la línea.

10.2.2.6. *Contraste*

Se procurará una adecuada visibilidad diurna por lo que debería la señal destacar en la vía por lo que se debe tener en cuenta que el desgaste del pavimento provocaría un cambio de color en la capa de rodadura.

10.2.2.7. Resistencia al deslizamiento

Las señales horizontales deberán al igual que el pavimento tener un grado de resistencia al deslizamiento por tanto se deberá cumplir que esta resistencia sea igual a 0.40 en vías urbanas y 0.45 en vías rurales

10.3. Símbolos y leyendas

En el país se utiliza más los mensajes con símbolos que remplazan a los textos y esto se debe a la comprensión que se llega a tener pues un símbolo es más fácil de recordar

CAPÍTULO XI

EVALUACIÓN AMBIENTAL

11.1. Área de influencia socio económica

En la actualidad, en el sector Pasobullo Hasta La Plaza De La Comunidad La Cocha del cantón Pujilí Provincia de Cotopaxi, permanecen problemas de un buen acceso vehicular, peatonal a las viviendas, efectos generados por la falta de terminados de las vías de ingreso y por la necesidad de vías nuevas (asfaltado y cunetas). Esta situación de falta de terminado de las vías de acceso, produce malestar e inconvenientes en la población que dependiendo del clima deben soportar principalmente deslizamiento de taludes en la vía, pantano, polvo lo que acrecienta riesgos de infección respiratoria, vientos con polvo fino que afectan a viviendas y negocios.

Al estar colaborando con el GADPC esta institución se encargó realizar el trámite respectivo para el permiso ambiental que debería tener la vía, sin embargo, no se conoce a detalle lo que conlleva la obtención de dicho permiso por lo que se procedió a realizar un estudio paralelo a ello, no obstante, se adjunta como **ANEXO No 7 permiso ambiental**

11.2. Evaluación de Impactos Ambientales

Con el método de la matriz de Leopold que es una estrategia que se diseñó para las evaluaciones de efectos ecológicos, este marco depende de una red en la que las secciones en los segmentos son actividades que pueden cambiar el clima por la actividad humana y los pasajes en las líneas son factores condiciones que pueden modificarse, haciendo cooperaciones existentes.

Se valorará en primera instancia su intensidad, extensión, duración, reversibilidad, probabilidad y riesgo esto en una escala de 1 al 3 siendo de carácter más alto el número

Tabla 59*Calificación de los Impactos Ambientales*

	Intensidad	Extensión	Duración	Reversibilidad	Probabilidad	Riesgo	Magnitud	Importancia
Alteración de la cubierta terrestre (tala y desbroce)	1	1	1	1	2	1	1	10
Alteración de la hidrología (cortes y desvíos de cursos de agua)	1	2	1	1	2	1	1.35	12
Pavimentaciones o recubrimientos de superficie	1	3	3	3	3	1	2.2	19
Ruidos y vibraciones	1	2	2	1	1	1	1.6	12
Apertura de cajas de pretamo	1	1	1	1	2	1	1	10
Caza y pesca indiscriminada	1	1	1	1	1	1	1	9
Carreteras y caminos	2	2	3	3	3	1	2.25	20
Cortes de taludes	2	2	2	3	2	2	2	19
Operación de maquinaria, parque automotor	1	2	2	1	1	1	1.6	12
Generación de residuos efluentes de la construcción	2	3	3	3	2	2	2.6	22
Polvo	2	1	2	1	2	2	1.65	15
Atropellos	1	1	2	3	1	2	1.25	13
Derrame de hidrocarburos	3	2	1	2	2	2	2.15	20

Elaborado por: el Autor (2022)

Análisis de resultados

Posee una magnitud en promedio baja (1.00 -1.60) y una importancia en promedio también baja con valores máximos de 20 y mínimos de 9, por tanto, el impacto generado es de nivel Bajo

11.3. Plan de manejo ambiental**Fase de operación****Mantenimiento vial, y manejo de residuos**

El encargado en primera instancia de realizarse la obra sería el GADPC calidad de proponente se deberá comprometer a realizará las diferentes actividades de mantenimiento de la vía, entre las principales actividades esta la limpieza de vegetación en cunetas y alrededores de la vía además del bacheo que se produzcan en la capa de rodadura de la misma como también el mantenimiento a la señalética colocada previamente y que por necesidad de la misma tocarse aumentar.

En el caso de generar escombros durante el mantenimiento vial estos residuos serán dispuestos a la escombrera definida.

Fase de cierre

Comprende las actividades al término de la etapa constructiva, respecto al cierre definitivo de la construcción se espera que la planeación se de a medida de largo plazo y que se cumpla con el tiempo para el cual se diseña la vía.

CAPÍTULO XII

ANÁLISIS FINANCIERO

12.1. Presupuesto referencial

Los valores obtenidos hacen referencia a los valores reales que se debe alcanzar pues al ser un proyecto que si se lo va a desarrollar se debe hacer otro tipo de estimaciones como lo es obra civil, reajuste estimado y el valor del IVA

Los valores referenciales tomados tanto de materiales como de maquinaria están dados por parte del GADPC quien fijo estos valores en concordancia con el lugar de desarrollo del proyecto y la disponibilidad del mismo.

PRESUPUESTO REFERENCIAL

RUBRO	CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
		REPLANTEO Y NIVELACION				
1	100-2(a)	Replanteo y nivelación (Eq. Topográfico)	km	1.57	408.96	642.07
2	100-2	Replanteo y nivelación para estructuras menores (Eq. Topográfico)	m2	96.60	0.66	63.76
		OBRAS PRELIMINARES				
3	302	Desbroce, desbosque y limpieza (incluye desalojo)	Ha	0.31	304.33	94.34
4	301-3(1)	Remoción de Hormigón (Incluye Transporte a escombreras)	m3	1.63	17.08	27.84
5	301-2.06	Remoción de alcantarilla metálica	m	12.00	14.03	168.36
		MOVIMIENTO DE TIERRAS				
6	303-2(1)	Excavación en suelo sin clasificar a maquina	m3	5,508.45	2.08	11,457.58
7	307-3(1)c	Excavación para cunetas y encauzamientos a maquina	m3	329.95	2.09	689.60
8	303-2(1)	Excavación en suelo sin clasificar a mano	m3	2.40	5.01	12.02
9	307-2(1)	Excavación y relleno para estructuras	m3	149.87	5.77	864.75
10	307-3(1)	Relleno compactado con material de excavación (incl. transporte)	m3	3,560.40	3.89	13,849.96
		ESCOBRERAS				
11	310-(1)	Control y re conformación de materiales excedentes en escombreras	m3	1,948.05	0.62	1,207.79
		ACABADO DE OBRA BASICA				
12	308-281)	Acabado de la Obra Básica existente	m2	12,051.31	0.71	8,556.43
		TRANSPORTE				
13	309-2(2)	Transporte de material de excavación (transp libre 500m)	m3-km	1,363.64	0.26	354.55
14	309-2(2)1	Transporte de materiales pétreos clasificados	m3-km	245,410.55	0.26	63,806.74
15	309-(6)4	Transporte de mezcla asfáltica	m3-km	29,305.62	0.28	8,205.57
		ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO				
16	403-1	Sub Base Clase 3	m3	1,825.60	7.31	13,345.14
17	404-1	Base Clase 4	m3	1,513.32	7.33	11,092.64
18	405-1(1)	Asfaltado RC-250 para Imprimación	l	13,932.18	0.70	9,752.53
19	405-5	Capa de Rodadura de Hormigón Asfáltico mezclado en planta de 5cm de espesor	m2	9,608.40	7.72	74,176.85

ESTRUCTURAS Y DRENAJE							
20	503(2)	Hormigón Simple Cemento Portland Clase B f'c=210 kg/cm2. cabezales, muros de ala, muros de contención y alcant). Incluye encofrado	m3	21.64	181.33	3,923.98	
21	504-1	Acero de refuerzo en Barras Fy=4200 Kg/cm2 (incluye transporte)	Kg	1,807.00	2.08	3,758.56	
22	503(3)	Hormigón Simple Cemento Portland Clase B f'c= 180 kg/cm2. Cunetas).Incl. Encofrado	m3	317.14	145.82	46,245.35	
23	503-4	Hormigón cemento portland clase c, f'c= 180 kg/cm2.replantillo. incl encof	m3	2.95	137.35	405.18	
24	602-(2A)	Suministro e instalación de alcantarilla metálica d=1200mm, e=2.0mm tipo PM-100	m	27.00	270.97	7,316.19	
25	604-(2A)	Sum. y reparación de tubería pvc agua potable 1/2" a presión	m	6.00	3.21	19.26	
INSTALACIONES PARA CONTROL DE TRANSITO Y USO DE LA ZONA DEL CAMINO							
26	703-(1)	Sum. e inst. de Guarda caminos metálicos dobles incluye gemas reflectivas y terminales	m	228.00	113.84	25,955.52	
27	705-(1)	Marcas de pavimento (pintura sintética reflectiva franjas de 12 cm de ancho blanco-amarillo)	m	4,710.00	0.69	3,249.90	
28	705-(4)	Marcas sobresalidas del pavimento - Tachas Reflectivas bidireccionales	u	393.00	5.72	2,247.96	
29	710-01	Suministro e Instalación de Letrero Preventivo reflectivo de carretera: amarillo-negro (0.75 m x 0.75 m)	u	6.00	153.60	921.60	
30	708-5(1)2	Suministro e Instalación de Letrero Reglamentario reflectivo de carretera: rojo-blanco (d=0.75 m)	u	5.00	154.83	774.15	
31	708-5(1)3	Suministro e Instalación de Letrero Informativo reflectivo de carretera: verde-blanco (0.60 m x 1.20 m), doble poste cuadrado galvanizado 2"	u	2.00	185.85	371.70	
32	711-01	Suministro e Instalación de Delineador de curva Bidireccional (0,60x0,75m) amarillo-negro reflectiva	u	10.00	203.18	2,031.80	
MEDIDAS AMBIENTALES							
33	200-(5)	Charlas de concientización a los usuarios y moradores	u	1.00	170.91	170.91	
34	205-1	Agua para control de Polvos	m3	59.92	3.89	233.09	

35	708-5	Suministro e Instalación de Letrero Ambiental de carretera: café-blanco (0.60m x 1.20 m), doble poste cuadrado galvanizado 2"	U	2.00	206.09	412.18
						OBRA CIVIL
						316,405.85
						REAJUSTE ESTIMATIVO
						9,622.05
						12% IVA
						39,642.86
						TASAS AMBIENTALES
						TOTAL
						365,670.76

12.2. Valor actual neto VAN

Mediante la estimación de los movimientos de caja se llega a determinar la viabilidad de un proyecto indicando si es positiva o negativa la inversión

Detalla el material exacto que se utilizara para la construcción de la vía

Para el cálculo se utilizará la fórmula:

$$VAN = Co + \frac{C1}{1+r} + \frac{C2}{1+r} \dots \frac{Cn}{1+r}$$

Donde:

Ct= representa un flujo de dinero neto en cada periodo.

Co= es el valor del desembolso inicial de la inversión.

r= Tasa de descuento

12.3. Tasa interna de retorno TIR

Se trata de un porcentaje de la pérdida o beneficio al ejecutar un proyecto y para ello se sigue la siguiente formula:

$$TIR = R + (R2 + R1) \times \frac{VAN}{VAN(+)-VAN(-)}$$

Donde:

R= tasa inicial de descuento

R1= tasa de descuento que origina VAN(+)

R2= Tasa de descuento que origina van (-)

VAN (+) = Valor actual neto positivo

VAN (-) = Valor actual neto negativo

12.4. Beneficio/Costo

Se utilizará para saber si un proyecto a desarrollar es rentable o no se lo evalúa respecto a:

>1 el proyecto es rentable pues el beneficio es mayor al costo

=1 no existirá una ganancia al igualarse los valores de beneficio y costo

<1 no es rentable, el costo supera al beneficio

12.4.1. Análisis de precios unitarios, cronograma valorado, cuadrilla tipo y formula polinomial

Estos análisis se lo realizo en PUNISH, software adquirido por el GADPC se planteó un porcentaje de costos indirectos del 23% y el detalle de cada APU se encuentra en **ANEXO N°8: Presupuesto**

12.5. Especificaciones técnicas

Indicaran el proceso constructivo para realizar los distintos rubros del proyecto, estas especificaciones se encuentran en el **ANEXO N9°: - Análisis de Precios Unitarios**

CONCLUSIONES

Lo primordial del diseño de pavimentos, es contar con una estructura sostenible y económica que permita la circulación de los vehículos de una manera cómoda y segura, durante un periodo fijado por las condiciones de desarrollo, tomando en cuenta todas y cada una de las variables que se consideran en el diseño del mismo, de acuerdo a las características del sitio.

Se provee mejorar los tiempos de recorrido del total de la vía pues en la actualidad el estado deplorable ocasionado por la época invernal ocasiona que la velocidad de circulación máxima sea máxima de 25km/h

Para la clasificación de la vía se analizó el tráfico promedio diario proyectado (TPDA proyectado) para un periodo de diseño de 20 años, llegando a un total de 373 vehículos/día, por lo que el diseño se debería hacerse para una vía de segundo orden.

Con la información procesada, se obtuvo el tráfico proyectado a 20 años entre 300 a 1000 veh/día, aplicando la clasificación del Ministerio de Transporte y Obras Públicas se tiene que la vía se ubica en una categoría de CLASE III, cuya función es la de una colector.

Se considero varios puntos importantes en el diseño geométrico entre los cuales están, respetar en la medida de lo posible el trazado actual, las limitaciones de terreno en topografía, también se recalca que en el área de desarrollo de proyecto según las indicaciones del GADPC no se realizan indemnizaciones por afectaciones a terrenos por lo tanto se buscara en la medida afectar lo menos posible a los terrenos colindantes de la vía.

Haciendo referencia a la clasificación del tráfico mediante la ordenanza del GADPC, se encontraría en el nivel 2 según su TPDA y por su conectividad en un nivel

3.1, por lo que el ancho de la vía podría estar entre 7.70 a 9.70 metros incluyendo espaldones y obras de drenaje longitudinal

Existe tramos donde se deberá considerar ensanchamientos o rellenos, para que exista continuidad, en el Diseño Geométrico vial durante la transición vertical y horizontal en el extremo inicial del proyecto con la vía de asfalto existente y al final con el estado de la vía actual (tierra) tomando en cuenta todas estas recomendaciones el ancho de la calzada se lo considerara de 6.00 m sin espaldones pero se consideró el sobre ancho que señale la normativa al respecto además para las obras de drenaje se tomara en cuenta 0.8 m a cada lado dando así un total mínimo de 7.20 m.

Se utilizo diámetro de alcantarilla mínimos de 1200mm pues al ser una vía con mantenimiento vial en largos lapsos de tiempo se precautela el correcto funcionamiento en los pasos de agua.

La ejecución de este proyecto brindara mejores condiciones de vida para los beneficiarios la accesibilidad es primordial en el desarrollo de un buen vivir y es lo que se busca al realizar esta vía, mejorar las condiciones socio económicas del área de influencia siendo este un potencial turístico.

El costo de construcción de esta vía está ligado en mayor parte a la distancia que se encuentran las minas de aprovechamiento pues representan una distancia muy grande con respecto a la ubicación del proyecto

Se realizo únicamente un análisis técnico y económico solo para una capa de rodadura tipo flexible pues por recomendación de GADPC es el económicamente más rentable.

RECOMENDACIONES

Las visitas técnicas al lugar de desarrollo del proyecto son primordiales pues el poder conocer a detalle las características que presenta la vía en estado actual es el punto de partida para el correcto diseño de la vía.

Uno de los parámetros más importantes para la determinación del tráfico es realizar el conteo vehicular los días de mayor circulación, pues a partir de los datos obtenidos se proyectará a un tiempo de diseño especificado y se obtendrán los resultados.

El correcto desarrollo de los estudios iniciales como la topografía del terreno y el estudio de tráfico deberán tomar todas las precauciones para poder tener resultados claros, sabiendo que estos estudios implican mayor costo al tener que ser desarrollados en campo.

La ejecución de un correcto tratamiento en los materiales en la escombrera es primordial pues una correcta compactación garantizará que no exista afectaciones ambientales a futuro

Se recomienda que el tramo consecutivo a el proyecto actual se pueda también realizar pues el alcance del lugar como zona turística es un factor económico potencial para los moradores de la comunidad la cocha, además que si se cubre mas tramos llega a lugares de importancia de la zona como lo es la iglesia, el cementerio, la unidad educativa y la casa comunal todos estos destinos a pocos metros de la abscisa final del proyecto.

REFERENCIAS

- AASHTO. (1993). Guide For Design Of Pavement Structures AASHTO 1993. Perú:Sociedad Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transportes. <https://habib00ugm.files.wordpress.com/2010/05/aashto1993.pdf>
- American association of state highway and transportation officials. (2001). *AASHTO GUIDE FOR Design of Pavement Structures*
- ASTM D - 1883, .. (2006). *California bearing ratio (CBR). Peru: Primer taller de mecanica de suelos.*
- ASTM D 1557, .. (2006). *Proctor modificado. Peru: Primer taller de mecanica 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.*
- ASTM D-422-63, 2. (2009). *Método de Análisis del Tamaño de las Partuculas del Suelo. American Society of Testing Materials: American Society of Testing Materials.*
- ASTM D4318-84, 2. (2009). *Límite Líquido, Límite de plástico, y el índice de plasticidad de los suelos1,. American Society of Testing Materials: American Society of Testing Materials.*
- Auqui, J. y Ramírez, D. (2018). *Elaboración de una guía práctica para el diseño estructural de carreteras* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. DSpace. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16966>
- Cárdenas Grisales,J. (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras*, 2da Edición.
- Cepeda Farias, P. (2019). *Estudio de la vía “Mulligua – san juan siles” ubicado en la parroquia de el corazón cantón Pangua provincia de Cotopaxi de longitud 3.0 km*

para su rehabilitación y mejoramiento. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17428>

Juarez B. (2013). *Mecánica De Suelos* Editorial Limusa

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). Señalización Vial. Parte 1. Señalización vertical. En Reglamento técnico ecuatoriano. Recuperado de URL: https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/LOTAIP2015_reglamento-tecnico-ecuatorianorte-inen-004-1-2011.pdf

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). Señalización Vial. Parte 2. Señalización Horizontal. En Reglamento técnico ecuatoriano. Recuperado de URL: https://www.obraspublicas.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2015/03/LOTAIP2015_reglamento_tecnico_se+%C2%A6alizaci+%C2%A6n_horizontal.pdf

INAMHI. (2019). Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2, 282. http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO_DE_INTENSIDADES_V_FINAL.pdf

Mariño M. (2021). *Manual de prácticas de topografía básica y aplicada de la Universidad Politécnica Salesiana* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. DSpace. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19883>

Ministerio de Obras Públicas. (2003). Normas de diseño geométrico de carreteras. Recuperado de URL: https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/manualdedisec3b1o-de-carretera_2003-ecuador.pdf

Republica Del Ecuador Ministerio De Obras Publicas Y Comunicaciones. (2002).

Especificaciones generales especificaciones generales para la construcción para la construcción de caminos y puentes Ministerio De Obras Publicas

ANEXOS

ANEXO No 1 Puntos Levantamiento Topográfico

ANEXO No 2 Fotografías de dron

ANEXO No 3 Nube de puntos

ANEXO No 4 Estudio Geológico

ANEXO No 5 Estudio geotécnico en mecánica de suelos

ANEXO No 6 Conteo vehicular manual

ANEXO No 7 permiso ambiental

ANEXO No 8 Presupuesto

ANEXO No 9 Análisis de precios unitarios

ANEXO No 10 Cronograma Valorado del Proyecto

ANEXO No 11 Especificaciones Técnicas del Proyecto

ANEXO No 12 Cuadrilla tipo

ANEXO No 13 Formula polinómica

ANEXO No 14 Faja topográfica

ANEXO No 15 Planos de diseño vial

ANEXO No 16 Secciones Transversales

ANEXO No 17 Diagrama de masas

ANEXO No 18 Planos De Drenaje Vial

ANEXO No 19 Planos de señalización vial

ANEXO No 20 Registro fotográfico