



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DE LA VÍA SAN
CRISTÓBAL-MALIMA DE LA ABSCISA 11+600 HASTA LA ABSCISA 14+500 KM,
PERTENECIENTE AL CANTÓN PAUTE PROVINCIA DEL AZUAY**

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

AUTORES: JAIME PATRICIO MORA BARROS

EDGAR FABIAN TAIPE ORELLANA

TUTOR: ING. IVÁN ALEJANDRO MEJÍA REGALADO, MSc.

Cuenca - Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Jaime Patricio Mora Barros con documento de identificación N° 0106840598 y Edgar Fabian Taipe Orellana con documento de identificación N° 0150231041; manifestamos que:

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

Cuenca, 23 de enero del 2024

Atentamente,



Jaime Patricio Mora Barros

0106840598



Edgar Fabian Taipe Orellana

0150231041

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

Nosotros, Jaime Patricio Mora Barros con documento de identificación N° 0106840598 y Edgar Fabian Taipe Orellana con documento de identificación N° 0150231041, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Diseño geométrico y estructural del pavimento de la vía San Cristóbal-Malima de la abscisa 11+600 hasta la abscisa 14+500 Km, perteneciente al cantón Paute provincia del Azuay”, 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, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 23 de enero del 2024

Atentamente,



Jaime Patricio Mora Barros

0106840598



Edgar Fabian Taipe Orellana

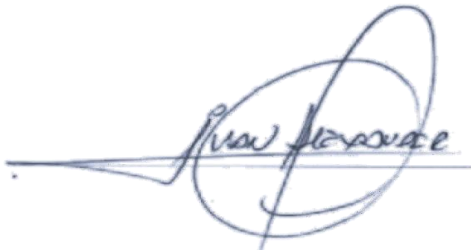
0150231041

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Iván Alejandro Mejía Regalado con documento de identificación N° 0101883841, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DE LA VÍA SAN CRISTÓBAL-MALIMA DE LA ABSCISA 11+600 HASTA LA ABSCISA 14+500 KM, PERTENECIENTE AL CANTÓN PAUTE PROVINCIA DEL AZUAY, realizado por Jaime Patricio Mora Barros con documento de identificación N° 0106840598 y por Edgar Fabian Taipe Orellana con documento de identificación N° 0150231041, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 23 de enero del 2024

Atentamente,



Ing. Iván Alejandro Mejía Regalado, MSc.

0101883841

DEDICATORIA

Para empezar, dedicó este trabajo a Dios quien me ha dado la salud y la sabiduría para alcanzar este objetivo que he buscado desde hace muchos años, por el he dado pasos de gigante y hoy puedo terminar otra etapa de mi vida que ha estado llena de alegrías, además de ser una de las etapas que podré recordar con más cariño en mi vida.

A mis padres Jaime y Sofía que siempre han estado pendientes de cada uno de los pasos y metas que me he propuesto durante mi vida, siempre alentándome a no rendirme y sacrificando muchas cosas con tal de conseguir que mi hermano y yo logremos nuestros sueños, y podamos convertirnos en personas útiles para la sociedad.

A mi hermano Mateo para que nunca se rinda y le sirva de inspiración a seguir adelante con sus sueños y estudios, por apoyarme siempre y saber esperar, además de apoyarme en los momentos en los que me encuentro ocupado o con alguno problema.

A una de las personas más importantes de mi vida, mi novia Yadi, que ha sido apoyo incondicional a cada momento, por su paciencia, por escucharme, aconsejarme y brindarme todo su amor en los momentos en donde más lo necesitaba, hoy solo podremos decir que lo hemos conseguido y desear que el futuro nos sorprenda.

Jaime Patricio

Dedico mi logro a Dios, ya que gracias a sus bendiciones he fortalecido mis conocimientos y cada paso que doy día a día, como este de haber culminado mi carrera universitaria. Hoy, después de haber culminado una de mis etapas importantes de mi vida, deseo dedicar este logro a cada uno de ustedes, que han sido mi mayor fortaleza y el motivo de mi dedicación.

A mí, mama y papa que les agradezco por estar siempre apoyándome en todo este largo camino del estudio, sus palabras de aliento, amor, apoyo y sobre todo su paciencia que han sido parte fundamental en los momentos más desafiantes que he tenido, y gracias por creer en mí, por ser el apoyo que necesitaba, esta tesis es para ustedes.

A ti Yasnady y Lenin, que son mis hermanos que me han ayudado, con su apoyo con su paciencia, les agradezco por comprenderme en los momentos que estuve ocupado y tuvieron la paciencia de sentarse conmigo ayudarme a entender las cosas, y espero que el mismo logro lo lleguen a cumplir ustedes.

Edgar Fabian

AGRADECIMIENTOS

Agradecer de manera muy especial a la Universidad Politécnica Salesiana por darme la oportunidad de cumplir esta meta propuesta en mi vida, una de las que siempre soñé y que está a punto de hacerse realidad.

Al ingeniero Iván Mejía por haber aceptado el ser nuestro director de tesis, además de compartir con nosotros todos sus conocimientos para que podamos realizar cada cosa de manera satisfactoria.

A cada uno de los docentes que han sido parte de este camino que inicio hace ya más de cuatro años, cada uno con su sapiencia y sabiduría nos han sabido guiar y brindar conocimientos importantes para salir a la vida laboral.

No me olvidaré de amigos únicos e inigualables que me dio la vida, Fernando, Rogelio, Fernanda, Carolina, Gabriela, Elián y Edgar quién se terminó convirtiendo en mi compañero de fórmula para realizar este proyecto, gracias por tantas alegrías, desveladas y recuerdos inolvidables.

Jaime Patricio

A Edgar y Norma, mis papas que con su apoyo su presencia y respaldo día a día eh podido salir delante. A mis abuelos, tías gracias por el cariño incondicional que me han brindado en esta trayectoria siendo mis motivos e inspiración para salir adelante, este logro también es de ustedes.

A mis amigos Jairo, Marjorie, Fernanda, Carolina, Patricio, Bryam y David, por ser un pilar fundamental en esto proceso que me han apoyado de manera incondicional y por compartirme sus conocimientos y permitirme día a día superarme en este proceso.

A Estefanía S. gracias por estar conmigo apoyándome, ayudándome en todo momento de este proceso, eres una de mis mejores amigas desde la escuela y espero que sigas siendo por toda la vida, tu apoyo y cariño ha sido muy importante en esta etapa y te lo agradezco.

Edgar Fabián

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS	VI
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII
INTRODUCCIÓN	1
PROBLEMA DE ESTUDIO	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Importancia y alcances	4
1.3.1. Población	4
1.3.2. Economía	4
1.4. Justificación	6
1.5. Estado del arte	8
1.6. Delimitación	9
OBJETIVOS	12
Objetivo general	12
Objetivos específicos	12
CAPITULO 2	12
2. MARCO TEÓRICO	12
2.1. Coordenadas geográficas	12
2.2. Topografía	13
2.2.1. Curvas de Nivel	14
2.3. Carreteras	15
2.3.1. Clasificación de carreteras de acuerdo con el TPDA	16
2.3.2. Clasificación por pendiente generada	16
2.3.3. Clasificación de acuerdo con la jerarquía de carreteras	17

2.4.	Tráfico	18
2.4.1.	Tráfico promedio diario anual (TPDA).....	18
2.4.2.	Volumen de tránsito.....	20
2.4.3.	Transito moderno.....	20
2.4.5.	Tránsito inducido en carretera	23
2.4.6.	Tránsito en desarrollo de vía.....	23
2.4.7.	Determinación de número de ejes equivalentes	24
2.5.	Señalización	24
2.5.1.	Colores	24
2.5.2.	Distancia para lectura de señales.....	25
2.5.3.	Señales Regulatorias	26
2.6.	Diseño Geométrico	31
2.6.1.	Velocidad de diseño.....	32
2.6.2.	Radio mínimo de curvatura horizontal.....	33
2.6.3.	Alineamiento horizontal	34
2.6.4.	Alineamiento vertical.....	37
2.6.5.	Peralte.....	41
2.6.6.	Sobreechancho	42
2.6.7.	Distancia de visibilidad.....	43
2.7.	Drenaje	48
2.7.1.	Drenaje de tipo superficial	48
2.7.2.	Drenaje de tipo subterráneo.....	49
2.7.3.	Precipitaciones	49
2.7.4.	Interpretación de datos por precipitación.....	51
2.7.5.	Distribución de precipitaciones.....	52
2.8.	Cunetas	54
2.8.1.	Localización para pendiente y velocidad	55
2.8.2.	Forma de la sección en cuneta	56
2.8.3.	Escorrentía superficial	60
2.8.4.	Alcantarillas	62
2.9.	Suelos para fundición y subrasante	63
2.9.1.	Definición de suelo y roca.....	64
2.9.2.	Etapas de un estudio de suelo	64

2.9.3.	Trabajos de campo.....	65
2.9.4.	Ensayos de laboratorio	65
2.10.	Pavimentos.....	67
2.10.1.	Clasificación de los pavimentos	68
2.10.2.	Metodología AASHTO en el diseño de pavimentos flexibles	69
CAPÍTULO 3		78
3.	METODOLOGÍA	78
3.1.	Materiales y equipos	78
3.1.1.	Radio de comunicación	79
3.1.2.	Medición en tiempo real (RTK)	79
3.1.3.	Flexómetro.....	80
3.1.4.	Cinta métrica	80
3.1.5.	Computador	80
3.2.	Recolección de datos	81
3.2.1.	Análisis de información	81
3.2.2.	Composición parroquial	81
3.2.3.	Determinación del flujo vehicular	82
3.2.4.	Diseño de pavimento.....	84
3.2.5.	Análisis hidráulico de alcantarillas.....	84
3.2.6.	Definición y evaluación final	85
CAPÍTULO 4		85
4.	CÁLCULOS	85
4.1.	Desarrollo de información recopilada	85
4.1.1.	Conteo vehicular de la vía	86
4.1.2.	Cálculo de TPDA	89
4.1.3.	Cálculo del tráfico futuro	90
4.1.4.	Cálculo de número de ejes equivalentes (ESALS)	94
4.1.5.	Diseño de pavimento flexible.....	94
4.1.6.	Levantamiento topográfico	107
4.1.7.	Diseño geométrico.....	108
CAPÍTULO 5		123
5.	PRESUPUESTO REFERENCIAL	123
CAPÍTULO 6		124

6. EVALUACIÓN DEL PROYECTO	124
6.1. Evaluación del tramo de estudio	124
6.2. Conclusiones	125
6.3. Recomendaciones	126
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	126
8. ANEXOS.....	129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación según el TPDA	16
Tabla 2. Clasificación de carreteras	16
Tabla 3. Clasificación de carretera por TPDA	17
Tabla 4. Distancia para legibilidad de señales	26
Tabla 5. Velocidades de circulación vehicular	33
Tabla 6. Elementos en una curva circular	35
Tabla 7. Valores que puede tomar el coeficiente K para curvas convexas.....	39
Tabla 8. Valores que puede tomar el coeficiente K para curvas cóncavas.....	40
Tabla 9. Dimensiones para el cálculo de sobreebanco en vehículos rígidos	42
Tabla 10. Coeficientes de fricción lateral máximos	46
Tabla 11. Valores para coeficiente a, b, c y d	54
Tabla 12. Velocidad para erosión de material	56
Tabla 13. Valores promedios de Manning “n”	59
Tabla 14. Valor del coeficiente de escorrentía urbano	61
Tabla 15. Clasificación del suelo a través de CBR	67
Tabla 16. Nivel de generación para Confiabilidad “R”	69
Tabla 17. Nivel de servicio en S_o	70
Tabla 18. Índices de servicio con relación al TPDA	70
Tabla 19. Calidad de drenaje de acuerdo con la humedad.....	75
Tabla 20. Coordenadas inicio y fin proyecto	82
Tabla 21. Resumen vehicular.....	86
Tabla 22. Resumen día de más afluencia	87
Tabla 23. Cálculo de factor semanal	88
Tabla 24. Consumo de combustibles año 2022 en el Azuay	89
Tabla 25. Resumen de tráfico	90
Tabla 26. Corrección de tráfico	90
Tabla 27. Tasa de crecimiento vehicular	92
Tabla 28. Resumen de tráfico futuro.....	93
Tabla 29. Periodos de diseño recomendados por norma.....	95
Tabla 30. Rango de aproximación para capa de mejoramiento.....	95
Tabla 31. Nivel porcentual de suelo.....	96

Tabla 32. Ensayo de laboratorio y determinación del CBR	96
Tabla 33. Sugerencias de confiabilidad	97
Tabla 34. Desviación estándar (Zr)	97
Tabla 35. Error combinado normal (So).....	98
Tabla 36. Servicio inicial (Po)	98
Tabla 37. Servicio final (Pt)	99
Tabla 38. Calidad del drenaje.....	100
Tabla 39. Índices recomendados para coeficientes de ambiente y de drenaje (mi).....	100
Tabla 40. Coeficiente de drenaje de capas granulares (mi)	101
Tabla 41. Módulo de Elasticidad	102
Tabla 42. Rangos para espesor mínimo de asfalto y base	104
Tabla 43. Resumen de datos para pavimento flexible.....	104
Tabla 44. Resumen de pavimento por capas de aplicación.....	107
Tabla 45. Coeficiente K para curvas convexas	114
Tabla 46. Coeficiente K para curvas cóncavas	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Índices rurales ocupacionales.....	5
Figura 2. Índices de muerte por enfermedades respiratorias	6
Figura 3. Ubicación del proyecto San Cristóbal - Malima	10
Figura 4. Ubicación específica del proyecto zonal	11
Figura 5. Latitud y longitud de acuerdo con un punto.....	13
Figura 6. Equipos topográficos	14
Figura 7. Curvas de nivel.....	15
Figura 8. Señal de Pare (R1-1)	27
Figura 9. Señal de Ceda el paso.....	27
Figura 10. Señal de una vía a la izquierda y una vía a la derecha	28
Figura 11. Señal de doble vía.....	28
Figura 12. Señal de ceda el paso a los peatones.....	29
Figura 13. Señal de no entre	29
Figura 14. Señal de no pesados.....	30
Figura 15. Señal de no buses.....	30
Figura 16. Señal de límite máximo de velocidad	31
Figura 17. Señal iluminada del límite de velocidad	31
Figura 18. Partes del diseño geométrico	32
Figura 19. Elementos de una curva básica	34
Figura 20. Casos de curva convexa	38
Figura 21. Casos de curva cóncava	40
Figura 22. Estabilidad de motorizados en curva.....	41
Figura 23. Representación distancia de parada	44
Figura 24. Visibilidad para curvas horizontales	45
Figura 25. Distancia de visibilidad lateral.....	46
Figura 26. Representación de hietograma	51
Figura 27. Representación de pluviograma.....	51
Figura 28. Curvas de intensidad típica, duración, frecuencia (IDF)	53
Figura 29. Drenaje Rectangular	57
Figura 30. Drenaje Trapezoidal.....	57
Figura 31. Drenaje Triangular	58

Figura 32. Sección de cuneta a escoger	59
Figura 33. Composición de alcantarilla	62
Figura 34. Canal de tipo circular	63
Figura 35. Determinación de módulo de resiliente por capa asfáltica	73
Figura 36. Determinación de número estructural para base	74
Figura 37. Determinación de número estructural para subbase	74
Figura 38. Composición de un pavimento	76
Figura 39. Radios de comunicación	79
Figura 40. Planteo del RTK	80
Figura 41. Ubicación espacial del proyecto	81
Figura 42. Estaciones de conteo	82
Figura 43. Modelo de conteo vehicular	83
Figura 44. ArcGIS para evaluación de alcantarillas	84
Figura 45. Recopilación de datos hidráulicos	85
Figura 46. Ábaco para el numero estructural (a1).....	102
Figura 47. Ábaco para el numero estructural (a2).....	103
Figura 48. Ábaco para el numero estructural (a3).....	103
Figura 49. Comprobación de aplicación de fórmula.....	105
Figura 50. Espesores por pavimento	106
Figura 51. Curva circular simple	111
Figura 52. Visual de diseño vertical	113
Figura 53. Sección cuneta y vía	118
Figura 54. Sección cuneta	118
Figura 55. Imagen de estudio de alcantarilla en la vía	120

ÍNDICE DE ANEXOS

Registro Fotográfico

Anexo A 1. Reconocimiento de vía a realizar el estudio.....	129
Anexo A 2. Colocación de eje lineal desde donde se inicia el estudio	129
Anexo A 3. Construcción de hitos cada 500 m.....	130
Anexo A 4. Plantado de un punto estático del RTK	130
Anexo A 5. Levantamiento topográfico.....	131
Anexo A 6. Colocación de cámara para conteo vehicular.....	131
Anexo A 7. Procesamiento de datos.....	132
Anexo A 8. Revisión y evaluación de alcantarillas	132

Estudio de suelo

Anexo B 9. Estudio y CBR de calicata 1	133
Anexo B 10. Estudio y CBR de calicata 2	134
Anexo B 11. Estudio y CBR de calicata 3	135

Tráfico y diseño geométrico

Anexo C 12. Proyección tráfico	136
Anexo C 13. Cálculo de W18	138
Anexo C 14. Cálculo de capas del pavimento flexible.....	139
Anexo C 15. Diseño de curvas verticales	140
Anexo C 16. Diseño de curvas simples horizontales	143
Anexo C 17. Diseño de cunetas para la vía	144

Presupuestación

Anexo D 18. Cronograma valorado	145
Anexo D 19. Función Polinómica	146
Anexo D 20. Ruta crítica del proyecto	147

Alcantarillas y fichas informativas

Anexo E 21. Evaluación de alcantarillas en la vía.....	148
Anexo E 22. Fichas de alcantarillas con datos encontrados	150

Planos

Anexo F 23. Planos del proyecto.....	160
--------------------------------------	-----

RESUMEN

En la actualidad, el tema vial ha cobrado gran relevancia debido a su capacidad para establecer canales de comunicación que impulsan el progreso económico, social y en otros aspectos, beneficiando a una ciudad o región al proporcionar ventajas y avances. Este enfoque ha llevado a la generación de diversas soluciones sostenibles, como la mejora de las comunicaciones, el desarrollo sostenible de la zona y la creación de entornos de vida de calidad. En este contexto, se evidencia que satisfacer estas necesidades se vuelve crucial para cualquier área. Por lo tanto, el proyecto presentado como parte de la obtención del título de Ingenieros Civiles tiene como objetivo diseñar tanto la geometría como la estructura del pavimento de la vía que conecta la Parroquia San Cristóbal con Malima o la vía rápida de acceso al cantón Paute. Esto permitirá lograr con mayor facilidad cada uno de los criterios de desarrollo, siempre cumpliendo con las normas y parámetros de diseño vigentes en nuestro país.

Con el propósito de comprender la necesidad del proyecto, se llevaron a cabo múltiples visitas a la vía correspondiente. Estas visitas tuvieron como objetivo explorar la situación actual de la zona, evaluar el flujo de tráfico, examinar el estado de la vía y analizar las características del terreno en el que se encuentra la obra. Además de centrarse en el diseño geométrico, se buscó determinar la viabilidad de implementar mejoras o expansiones en el futuro.

Es importante destacar que el diseño se lleva a cabo siguiendo las normativas ASSHTO 93 y MTOP, ya que ambas regulan en Ecuador: la primera aborda el diseño geométrico, mientras que la segunda se enfoca en el diseño de pavimentos. Esta adhesión a dichas normativas garantiza una mejora significativa en la circulación y una vía en óptimas condiciones, cumpliendo con estándares de calidad.

Palabras Clave: Diseño geométrico, diseño pavimentos, conteo vehicular, TPDA, ESALS, evaluación hidráulica, proyecciones.

ABSTRACT

Nowadays, the road issue has gained great relevance due to its ability to establish communication channels that drive economic, social and other aspects of progress, benefiting a city or region by providing advantages and advances. This approach has led to the generation of various sustainable solutions, such as improved communications, sustainable development of the area and the creation of quality living environments. In this context, it is evident that meeting these needs becomes crucial for any area. Therefore, the project presented as part of obtaining the degree of Civil Engineers aims to design both the geometry and the structure of the pavement of the road that connects the San Cristobal Parish with Malima or the fast access road to the canton Paute. This will make it easier to achieve each of the development criteria, always complying with the design standards and parameters in force in our country.

To understand the need for the project, multiple visits were made to the corresponding road. The purpose of these visits was to explore the current situation in the area, evaluate traffic flow, examine the condition of the roadway, and analyze the characteristics of the terrain on which the site is located. In addition to focusing on the geometric design, we sought to determine the feasibility of implementing improvements or expansions in the future.

It's important to note that the design is carried out following the ASSHTO 93 and MTOP regulations, since both regulate in Ecuador: the former addresses geometric design, while the latter focuses on pavement design. This adherence to these regulations guarantees a significant improvement in traffic flow and a roadway in optimal conditions, meeting quality standards.

Key words: Geometric design, pavement design, vehicle count, TPDA, ESALS, hydraulic evaluation, projections.

INTRODUCCIÓN

Las vías o carreteras se han convertido en una de las obras más importantes para la movilización y comunicación que existe entre zonas, las vías son espacios que posibilitan el acceso a cualquier lugar, es por eso que el objetivo que tienen estas es que exista una buena circulación ya sea de transeúntes o vehículos que pasen por esta, eso sí se debe conocer que las vías tienen su clasificación la cual se rige a partir de varios ámbitos como pueden ser la cantidad de vehículos, las necesidades viales, el tiempo de duración, entre otras, eso sí se busca que siempre se cumpla con seguridad y comodidad pues son normas básicas en este tipo de obras.

Se puede decir que las bases de un proyecto vial se dan a partir de parámetros geométricos, es decir que existen dimensiones básicas que se deben cumplir dentro de un diseño de una vía, eso sí dependiendo exclusivamente del tráfico que esta genera, es necesario que las vías cumplan con estándares de calidad que ayuden a un tráfico fluido, seguro, funcional y que presente soluciones.

El proyectar una vía se debe dar en base a la economía y factibilidad, condiciones que posee el terreno, un objetivo claro de esta, y por supuesto que logre general alternativas sustentables para los beneficiarios de esta, cumpliendo cada uno de estos parámetros es posible conseguir una obra de calidad (Chocontá, 2008).

PROBLEMA DE ESTUDIO

1.1. Planteamiento del problema

La parroquia de San Cristóbal cuenta con una vía la cual permite que la población de su zona pueda moverse, esta vía que conecta a toda esta parroquia con la zona de

Malima o vía rápida de ingreso a la ciudad de Paute. La vía con la que se cuenta presenta alta producción en polvo pues la misma nada más cuenta con capas de lastre, y en ciertas zonas por las lluvias que se produce que esta haya sido muy afectada y se generen baches de tamaño considerable, esto complementado a que la vía no cuenta con un diseño geométrico correcto, muchas veces esto genera un caos, pues en la parroquia es muy normal que transiten buses y camiones de dos ejes que hace difícil el tránsito, además de representar un peligro e incomodidad para los transeúntes de esta.

La vía que se encuentra en la zona al ya tener las características mencionadas se la presenta con la obligación de mejorarla, de lograr que la misma cumpla con los distintos parámetros calidad que una de estas puede tener, que mejore la circulación vehicular y que ayude al desarrollo poblacional de la zona en cuestión.

1.2. Antecedentes

A nivel mundial las vías representan un avance en cada uno de los aspectos sean económicos, demográficos, sociales y de salud pues una mejor calidad de vida se basa en el contar con buenas vías que permitan la conexión entre varios lugares, ya sea grandes tramos o pequeños tramos, se puede decir que estas representan una inversión, que con el tiempo se va compensando con un desarrollo sostenible de la zona beneficiada.

En el Ecuador, según López y Parra (2019), en los últimos años se ha hecho mucho énfasis en el desarrollo vial y con el mismo ha llegado la construcción de varias carreteras, muchas otras han sido solo mejoradas, pero esto representa un avance relevante que permite conectar a varias zonas importantes de nuestro país, eso sí se ha enfocado en que los usuarios contemos con carreteras cómodas y las cuales tengan unas buenas condiciones.

El ministerio de transporte y obras públicas es el responsable en el estado vial en el Ecuador, el cual cuenta con una red vial de 42.670 km, en donde contabilizamos un 52% de la red nacional que se proyectó a pavimentar en los próximos años, la mayor parte de estas vías son de tipo terciario, es decir no están dentro de las prioridades, pero se busca una mejora para las mismas, consiguiendo así que estas cumplan con estándares de calidad y por supuesto sean transitables para los beneficiarios(CAF, 2020).

La provincia del Azuay, cuenta con varias vías que proporcionan conexión ya sea interna o externa con otras provincias del país, las cuales cumplen con las dimensiones geométricas necesarias y permiten una movilidad cómoda, al mismo tiempo el problema para nuestra provincia radica en que gran parte de la red vial de la provincia no cuenta con un mantenimiento ni un pavimento adecuado para las necesidades que se deben satisfacer, de acuerdo con periódico El Universo (2023), varias de las vías de la provincia se encuentran saturadas por las fuertes lluvias que atraviesa la provincia, además del bajo mantenimiento que se les ha proporcionado, y donde se ha alzado un reclamo al Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOPE), en busca de soluciones óptimas que permitan corregir estos problemas con la brevedad posible.

En la parroquia de San Cristóbal se propone llevar a cabo un análisis exhaustivo para poder desarrollar el diseño geométrico y estructural del pavimento de la carretera que conecta esta parroquia con la vía principal que se dirige al centro cantonal. Esta zona, caracterizada por una población dedicada principalmente a la agricultura y ganadería, destaca además por sus diversos atractivos turísticos a lo largo de todas sus comunidades, la visión es mejorar la calidad de vida de la población local mediante estas mejoras en la infraestructura vial y promover el acceso a los encantos turísticos que ofrece la parroquia.

El diseño o rediseño de una vía se basa en tres parámetros muy importantes que se deben cumplir, el primero es la comodidad, pues es necesario que los beneficiarios de la misma sientan la seguridad de transitar la misma, el segundo la estética que se basa en generar visuales agradables para los que transitan y por último económica a esto hace referencia a realizar una vía pobre en construcción sino a lograr que la misma tenga lo menos posible en intervenciones u mantenimiento (Cárdenas, 2013).

1.3. Importancia y alcances

1.3.1. Población

La cantidad de habitantes de la parroquia San Cristóbal, según el último censo que se realizó en el año 2022 (INEC) nos indica que esta cuenta con un total de 2410 habitantes, y según el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos, la cantidad total de habitantes de la zona se distribuye en un 48% de población varonil con un total de 1157 personas y un 52% de población femenina con un total de 1253 personas (INEC, 2022).

1.3.2. Economía

La parroquia de San Cristóbal es una de las zonas rurales de más influencia económica del cantón Paute, ya que el 9.5% de la población total se encuentra en esta zona pues en la misma la mayoría de gente cuenta con campos de sembrío (agricultura), que representa una de las actividades más fuertes en el cantón con un 45% de la totalidad de personas activas económicamente, muchas otras se dedican a la generación de artesanías, así como bordados o elaboraciones de sombreros de paja toquilla, y en un pequeño porcentaje encontramos profesionales dedicados a otras ramas económicas.

Figura 1. Índices rurales ocupacionales

N°	RAMA DE ACTIVIDAD	PEA OCUPADA	%
1	Agricultura, ganadería y silvicultura	4,865	46.4
2	Comercio al por mayor y menor	1,065	10.2
3	Industrias manufactureras	971	9.3
4	Construcción	934	8.9
5	no declarado	431	4.1
6	Transporte y almacenamiento	410	3.9
7	Administración pública y defensa	322	3.1
8	Actividades de los hogares como empleadores	306	2.9
9	Actividades de alojamiento y servicio de comidas	279	2.7
10	Enseñanza	244	2.3
11	Otras actividades de servicios	138	1.3
12	Explotación de minas y canteras	109	1.0
13	Actividades de la atención de la salud humana	90	0.9
14	Actividades de servicios administrativos	84	0.8
15	Actividades profesionales, científicas y técnicas	75	0.7
16	Información y comunicación	59	0.6
17	Actividades financieras y de seguros	48	0.5
18	Distribución de agua, alcantarillado y desechos	20	0.2
19	Suministro de electricidad, gas, vapor	17	0.2
20	Artes, entretenimiento y recreación	15	0.1
21	Actividades inmobiliarias	3	0.0
Total		10,485	100%

Nota: Tabla de actividad económica en zona rurales del cantón Paute.

Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial Paute, 2022)

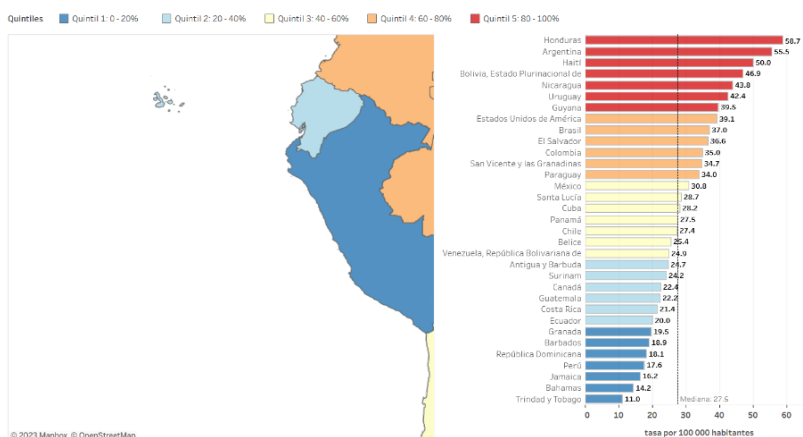
Por lo tanto la parroquia de San Cristóbal no es la excepción, su mayor fuente de generación se basa en la agricultura, además de actividades complementarias como la ganadería entre otras, al conocer datos base de la parroquia se puede considerar que ese 45% de personas activamente económicas puede aumentar con la medida de los años, así que partiendo de esta necesidad se prioriza el desarrollo de la vía para que se complemente sustancialmente el desarrollo económico con el desarrollo humano de la parroquia (PDOT Paute, 2022).

1.4. Justificación

La población mundial cada día va creciendo y esto ha provocado que se construyan nuevas vías para el abastecimiento del parque automotor, las vías construidas décadas atrás ya no son suficientes para y para ello se trata de realizar nuevos estudios como el análisis de suelo, cálculos del TPDA, proyecciones del tráfico, que esto serviría para hacer el diseño de una vía que cumpla y abastezca a las proyecciones de tráfico.

De acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud (2019), se detalla que, a nivel de la Región de las Américas, las enfermedades respiratorias tienen índices altos, dentro de esta contabilización se encuentran enfermedades de tipo pulmonar, asma e incluso hipertensión pulmonar, a las cuales, se contabiliza también que el riesgo de que estas se conviertan en crónicas se por la exposición al polvo y otros contaminantes ambientales, en Ecuador se detalla que 20 de cada 100000 habitantes pierden la vida por consecuencias respiratorias.

Figura 2. Índices de muerte por enfermedades respiratorias



Nota: Se puede observar los niveles de mortalidad a nivel de Latinoamérica.

Fuente: Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2019)

Otro aspecto importante en resaltar es que el tránsito semanal se ve fuertemente alterado pues en la vía no solo se encuentran vehículos livianos, sino también vehículos de carga, camiones, entre otros. Es así como el plan de movilidad del cantón Paute registra aún esta zona destinada a agricultura y ganadería., que para años posteriores se proyecta para zona urbana, pero que por el momento se la sigue considerando como zona rural (GAD Paute, 2022).

El proyecto en cuestión parte desde la idea de mejorar la calidad de vida de los habitantes de esta zona, puesto que la vía que conecta San Cristóbal con Paute no se encuentra en óptimas condiciones ni para el tránsito ya sea de personas o de vehículos que recorren por la misma, la vía cuenta con una capa de lastre, la cual genera problemas de movilidad, salud y mecánicos relacionados a los vehículos que la transitan, es por eso que se requiere de una solución óptima para que aparte de hacer que la vía cumpla con ciertos estándares, también evite varios de los problemas que ya han sido descritos anteriormente.

Esta vía no solo representa una solución considerable para habitantes de la zona puesto que el resto de la vía conecta con la zona de El Descanso la cuál la podemos determinar cómo zona de conexión vial, por lo tanto, al momento de que la vía tradicional sufra alguna clase de problema se puede tomar como una solución de gran calidad a la vía San Cristóbal – Malima, hemos de mencionar también que los fines de semana esta vía se convierte en una vía de uso múltiple pues existe personas que transitan en gran cantidad simplemente como recorrido de turismo o ruta ciclistas.

1.5. Estado del arte

Se hace referencia al tránsito como el desplazamiento de un grupo específico de individuos, algunos de los cuales utilizan vehículos, a través de un espacio público o carretera en particular, ya sea en pequeños o largos recorridos, por lo tanto, al conjunto total de elementos en circulación lo determinamos como teoría de tráfico vehiculares (Solminihaç, Chamorro, 2019).

La prevención tanto de eventos como efectos por siniestros de tipo vial es uno de los objetivos que más se busca al momento de realizar una obra de esta clase, la seguridad vial es uno de los problemas sobre los cuales más se busca combatir pues no solo se buscan vías de calidad, sino también de comodidad y seguridad para quienes las transiten (Cabrera, Valladares, 2009).

El diseño de redes, verticalidad y horizontalidad, distancias mínimas, visibilidad, señalización zonal son parámetros importantes que se buscan cumplir en cada diseño vial a todos estos factores se les tiene con cantidades o valores mínimos que aseguren que un vehículo que circule por una vía no tenga riesgo de percance, partiendo de este conjunto se logra alcanzar el diseño geométrico, puesto que la evolución no se da solo en los automotores sino también en las vías que reciben nuevos estándares que se deben cumplir (Chacón, Sáenz, 2015).

Se conoce que las velocidades de diseño, son parámetros de seguridad para que las personas que se encuentran en cierto vehículo circulando por determinado camino, carretera o vía, evitando que tengan alguna clase de percance, a partir de las mismas podemos decir que se busca el cumplimiento de los distintos valores de tipo numérico, como distancias,

radios, pendientes, entre otros, eso sí se busca una consolidación total de todos los factores, y si esta no se da pues, se puede llegar a cambiar conociendo esto como variación (MTOPI, 2003).

Para lograr un diseño adecuado y eficiente de una vía, los sistemas de drenaje juegan un papel crucial, ya que son infraestructuras que facilitan la evacuación fluida de los líquidos. Es esencial considerar los distintos procesos de captación, transporte, expulsión y disposición involucrados en estos sistemas para asegurar la gestión sin inconvenientes de los fluidos. La falta de un control adecuado del agua y otros líquidos presentes en la estructura de la carretera puede tener repercusiones negativas, afectando las características y degradando las propiedades geomecánicas. También puede influir en la transferencia de carga, la presión intersticial, la presión hidrostática, la presión parcial de flujo y aumentar el cambio de volumen (Sánchez, 2019).

1.6. Delimitación

La vía está ubicada en la parroquia de san Cristóbal en el cantón paute, tiene una longitud de 2900 metros con una capa de rodadura de lastre. En la siguiente imagen se puede observar el trazado de la vía ya se encuentra realizado, pero no se encuentra pavimento y esto puede causar muchos inconvenientes tanto a los moradores como a los transeúntes.

Figura 3. Ubicación del proyecto San Cristóbal - Malima



Nota: Recorrido de la vía a diseñar. Fuente: (Google Earth, 2023).

Ubicación del proyecto en coordenadas y altitudes

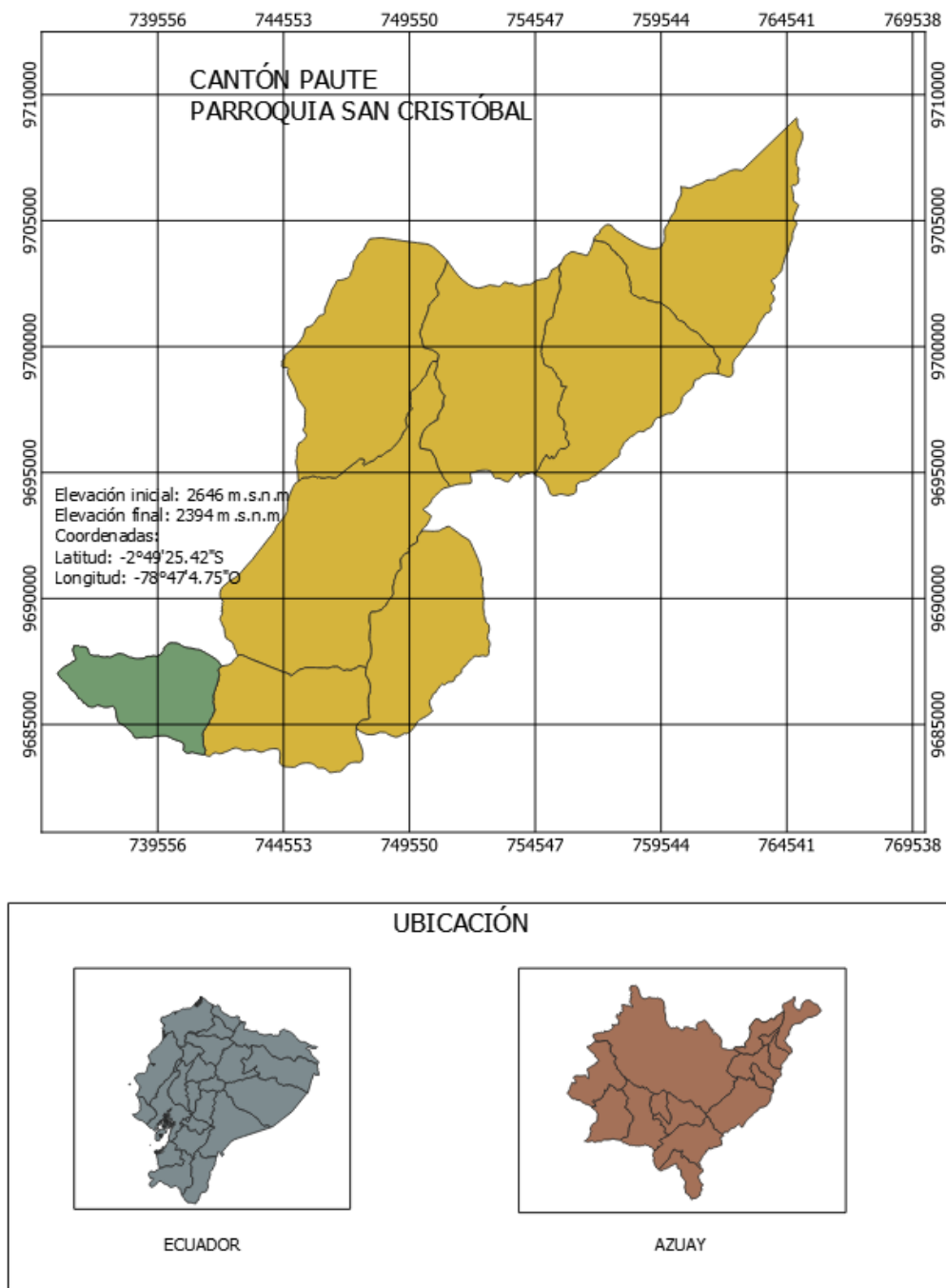
Elevación inicial: 2646 m.s.n.m.

Elevación final: 2694 m.s.n.m.

Latitud: -2° 49' 25.42" S

Altitud: -78° 47' 4.75" O

Figura 4. Ubicación específica del proyecto zonal



Nota: Ubicación macro y micro del proyecto a realizar.

Fuente: (Autores, 2023).

OBJETIVOS

Objetivo general

- Diseñar geométrica y estructuralmente el pavimento de una vía de 2900 metros de longitud de la abscisa 11+600 hasta la abscisa 14+500 Km, en la parroquia de San Cristóbal en el cantón Paute.

Objetivos específicos

- Obtener la topografía del terreno natural para conocer el trazado actual y las condiciones de los terrenos adyacentes sobre los que se harán las modificaciones viales.
- Realizar un conteo de vehicular para conocer el volumen y tipo de tráfico que circula por esta zona y conseguir un TPDA correcto.
- Evaluar el sistema de drenaje existente en la vía.
- Realizar el diseño geométrico de acuerdo con las características que tiene el tramo mencionado.
- Realizar ensayos de laboratorio del suelo presente en el área para definir los parámetros para realizar el diseño de pavimento.

CAPITULO 2

2. MARCO TEÓRICO

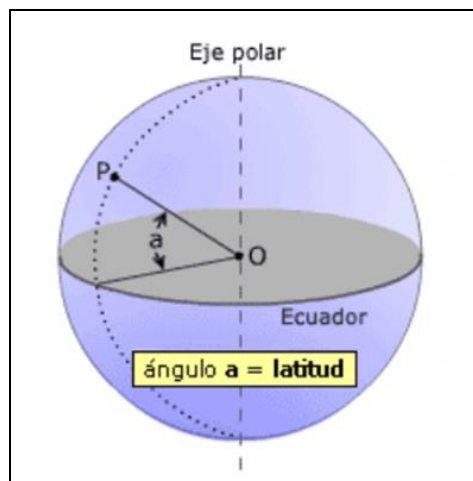
2.1. Coordenadas geográficas

La tierra gira alrededor de un eje, alrededor de unas líneas llamadas polos, en las que se divide como polo norte y polo sur, también existe la línea ecuatorial que divide la tierra en 2 hemisferios norte y sur. Las coordenadas geográficas son las que indican la

posición de un punto en la superficie terrestre en las que se toma como referencias la latitud y la longitud.

La latitud se refiere al arco meridiano que se marca desde la línea ecuatorial hasta el punto donde se encuentra el observador. Su símbolo es el (f o φ). Se mide en un rango de 0° a 90° . La longitud es una distancia que hay entre un punto y el meridiano de Greenwich, a esta la representamos con la letra L (Θ).

Figura 5. Latitud y longitud de acuerdo con un punto



Nota: Se toma como referencia esta clase de cuantificación en los equipos topográficos.

Fuente: (De Ingeniería Civil, 2020).

2.2. Topografía

La topografía es una de las actividades principales de la ingeniería civil donde se podrá determinar dimensiones y el contorno (característico tridimensional) de la superficie de la tierra mediante distancias direcciones y elevaciones, la topografía nos puede ayudar mucho para la construcción de caminos, vías, edificios, presas y otras estructuras ligadas al ámbito de la construcción.

Figura 6. Equipos topográficos



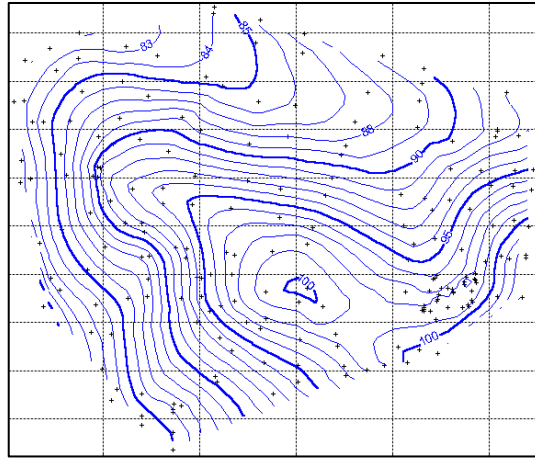
Nota: Ubicación y visualización de equipos para topografía

Fuente: (De Ingeniería Civil, 2020).

2.2.1. Curvas de Nivel

La curva de nivel se utiliza en el ámbito de la construcción mediante la topografía, estas son líneas que se sitúan a la misma altura de los puntos topográficos estas forman superficies en las que se puede realizar dibujos, trazados o diseños de las obras de construcción. La curva de nivel representa también los relieves montañosos en donde mediante los planos se pueden identificar áreas de corte y áreas de relleno sobre la superficie del terreno, es importante dejar claro que las curvas de nivel no se pueden cruzar ni tampoco se cortan.

Figura 7. Curvas de nivel



Nota: Representación mediante curvas de nivel que nos ayudan en trazados viales.

Fuente: (De Ingeniería Civil, 2020).

2.3. Carreteras

Las carreteras son infraestructuras que nos ayudan en el funcionamiento de la circulación vehicular, de personas, este tipo de asentamiento se da sobre un terreno natural que cuenta con ciertas características, generalmente definidas por la zona de estudio, por lo tanto, gracias a este clase de obras civiles podemos conectar distintas zonas, para conseguir un funcionamiento de las economías y aumentar la calidad de vida de las personas quienes serán beneficiarias de estas obras, eso sí estas se las debe realizar estudios previos y mantenimiento continuo para que no afecte su rendimiento, durante los años de vida propuestos (Cárdenas, 2013).

2.3.1. Clasificación de carreteras de acuerdo con el TPDA

En concordancia con la tabla 2, que se presenta dentro del MTOP (2003), las carreteras se pueden clasificar de acuerdo con el TPDA, teniendo en cuenta seis niveles distintos de clasificación que se presentan a continuación.

Tabla 1. Clasificación según el TPDA

Clase de Carretera	Tráfico Proyectado por 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: Tipos de carreteras en función al TPDA.

Fuente: (MTOP, Norma de diseño de carreteras, 2003).

2.3.2. Clasificación por pendiente generada

Pero también, podemos encontrar una clasificación de carreteras de acuerdo con la pendiente que el terreno nos proporciona, por lo tanto, también contamos con la siguiente clasificación.

Tabla 2. Clasificación de carreteras

Pendientes	Clasificación de Carreteras			
	Tipo de Terreno			
	Llano	Ondulado	Montañoso	Escarpado
Pendiente Longitudinal	<3%	3% a 6%	6% a 8%	>8%
Pendiente Transversal	<5°	6° a 12°	13° a 40°	>40°

Nota: Tipos de carreteras que se encuentra de acuerdo con inclinaciones.

Fuente: (MTOP, Norma de diseño de Carreteras, 2003).

2.3.3. Clasificación de acuerdo con la jerarquía de carreteras

De acuerdo con cada una de las medidas de desarrollo que toma cada carretera, también se pretende clasificarlas según su importancia, y para la misma se pretende conocer la intensidad de flujo vehicular que posee, además de los carriles que contiene. Por lo tanto, a partir de la clasificación que se ubique la carretera se proponen diseños y soluciones acorde a la proyección de tráfico futuro que se busca satisfacer (MTO, 2003).

Tabla 3. Clasificación de carretera por TPDA

Función	Tipo Carretera	TPDA Obtenido
Corredor	RI-RIII	Mayor de 8000
Arterial	I	3000 a 8000
Colectora	II	300 a 1000
Vecinal	III	100 a 300
	IV	100 a 300
	V	Menor a 100

Nota: Clasificación y subclasificación de carretera por TPDA.

Fuente: (MTO, Norma de diseño de Carreteras, 2003).

2.3.3.1. Carreteras de primer orden

En este tipo de carreteras se consideran todas aquellas que cumplen con el propósito de unir zonas de tipo principal ya sea de producción o de consumo, que comuniquen a zonas importantes, el volumen de tránsito es amplio, se puede considerar que dentro de estas se aplican estándares, en donde se define el número de carriles e incluso alguna especificación especial, este tipo de carreteras son siempre de tipo asfáltico (Chacón, 2015).

2.3.3.2. Carreteras de segundo orden

Este tipo de carreteras son las cuales permiten la comunicación entre dos o más zonas de producción menor, el volumen de tráfico que manejan estas zonas, son bastante menores en comparación con relación a las de primer orden, lo que si podemos considerar

dentro de este grupo es que las carreteras que se encuentran aquí pueden o no ser pavimentadas (Chacón, 2015).

2.3.3.3. Carreteras de tercer orden

Las carreteras de tercer orden son de las vías más básicas estas conectan zonas de interés, pero en su medida, conectan ciertos caminos municipales con senderos, no se encuentran mejoradas y sin ninguna clase de zonificación, es por eso que los volúmenes de tráfico son demasiado bajos, eso sí si estas se encuentran pavimentadas es necesario que cumplan con parámetros de vías de circunvalación (Chacón, 2015).

2.4. Tráfico

En este apartado hacemos referencia a los vehículos, esta consideración es una de las más importantes dentro del diseño vial pues de aquí nace algunos datos preliminares que generalmente se manejan para un diseño, este tipo de información se basa en usuarios que utilizan cierta vía para un recorrido. Se puede considerar que un estudio de tráfico debe contener la zona de estudio, la cantidad total de vehículos que circulan, se puede considerar a estos por día y por hora que circulan, además de la subclasificación de vehículos que circulan, generalmente por característica de vehículo o por el peso que genera en la vía, el objetivo siempre será que el diseño que se realice cumpla con cada parámetro necesario y evite fallas (NEVI 12, 2013).

2.4.1. Tráfico promedio diario anual (TPDA)

Es una unidad para determinar el volumen de tránsito esto se realiza con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos en diferentes sentidos utilizando una matriz de origen y destino. Para determinar el TPDA es importante

saber sobre las características como el tamaño y peso de los vehículos y clasificar de acuerdo con la norma del MTOP.

Para la obtención de este es necesario que se realice un conteo continuo, además de su respectiva clasificación por número de ejes, esto nos ayudará en la determinación de un tráfico correcto cabe, mencionar que el conteo que se realiza no se puede tomar en cuenta días especiales como feriados, puesto que produce un cambio significativo en la obtención de datos (MTOP, 2003).

2.4.1.1. Factor horario (FH)

Con este factor podemos conseguir que el volumen vehicular que se genera en cierta cantidad de horas, se la pueda definir como un volumen diario promedio, es decir un resumen horario de la circulación de vehículos a distintas horas (MTOP, 2003).

2.4.1.2. Factor diario (FD)

En el factor diario se puede considerar un cambio de cantidades vehiculares diarios promedio, en un volumen de semana promedio (MTOP, 2003).

2.4.1.3. Factor semanal (FS)

En el factor semanal se puede considerar un cambio de cantidades vehiculares semanales promedio, en un volumen de mes promedio (MTOP, 2003).

2.4.1.4. Factor mensual (FM)

En el factor diario se puede considerar un cambio de cantidades vehiculares mensuales promedio, por tráfico promedio diario que tengan como base el índice de consumo de combustibles (MTOP, 2003).

2.4.2. Volumen de tránsito

Son datos que se consideran dentro de un diseño de carretera, los volúmenes de tráfico se los puede considerar como factores de tráfico a los cuales se los usa como punto de comparación en relación con capacidades de cumplimiento vial, es decir a partir de estudios realizados se procede a analizar la cantidad de vehículos que recibe la vía en cuestión. Por lo tanto, se puede considerar que los niveles de tráfico que concibe la vía inciden de manera directa ya sea en el diseño de tipo geométrico al igual que estudios de proyección vehicular es decir vehículos futuros o en su caso aumento de circulación vial, el propósito de esto es conocer la que nivel de servicio se puede alcanzar, conocer factores de diseño ya definidos por norma como velocidades, distancias de visibilidad, además de datos de tipo geométrico de estricto cumplimiento (MTOPI, 2003).

Se puede decir que el volumen de tráfico no solo comprende la importancia de la cantidad de vehículos, sino también ayuda con la idealización de mejoras a una carretera pues si la misma excede la capacidad recomendada por norma se procede con mejoras o en su caso ampliaciones de ser necesario (NEVI 12, 2013).

2.4.3. Transito moderno

El transito moderno parte de la idea de circulación total pues en esta se considera varios puntos, como es la circulación futura pues en esta se considera que posterior a una mejora vial la cantidad de usuarios circulantes aumenta, convirtiéndolos en nuevos usuarios (MTOPI, 2003).

2.4.3.1. Formulación del TPDA

A partir de estaciones de conteo la cuales registran los movimiento vehiculares dentro de una vía, en esta consideración tenemos cambios de flujo que se los registra por

días, semanas o meses ya básicamente ya cumple con la importancia de la vía, es posible que algunas vías ya hayan tenido su mejora antiguamente y para lo cual ya encontremos un registro existente, es necesario considerar que con el paso de los años el flujo vehicular jamás será el mismo por lo tanto siempre se busca que tengamos un camio total, es decir la actualización de información, para no cometer errores, ni subestimar el tráfico futuro. Dado la importancia de información podemos decir que el TPDA semanal, se lo puede conseguir a partir de muestras que se las realiza 24 horas al día, esos si se toma en consideración que para una muestra más exacta se debería completar siete días de 24 horas, pero se lo puede conseguir con 4 días de 24 horas, eso sí incluir sábados y domingos por su variación y se la calcula a partir de la formula a continuación (MTOPI, 2003).

$$TPDA = T_o \cdot Fh \cdot Fd \cdot Fs \cdot Fm$$

Donde:

To: Tráfico observado.

Fh: Factor horario.

Fd: Factor diario.

Fs: Factor semanal.

Fm: Factor mensual.

2.4.4. Formulación de tránsito futuro

Para el diseño se toma en consideración varios aspectos relevantes, mencionamos algunos como la vida útil de la carretera en Ecuador que ronda entre los 15 a 20 años, es decir cada punto de diseño es muy importante en consideración y relación con el resto puesto que ayudan a considerar la cantidad de vehículos que encontraremos a futuro en las zonas de mejora. Partiendo de eso diremos que uno de los modelos usados para el cálculo futuro es el modelo logístico, este parte con el cálculo del índice de motorización (T_m), lo

cual se refiere al número de vehículos circulantes en la ciudad en base a cada mil habitantes en un periodo determinado de un año calendario, con los registros existentes se puede determinar los índices de saturación, T_m puede determinarse constante, lo que puede indicarnos que a pesar del aumento de población el parque automotor no crezca desmedidamente (MTOPI, 2003).

$$T_m = \frac{T_s}{1 + e^{a+bt}}$$

Donde:

T_m = Tasa de motorización para un año (vehículos/ 1000 habitantes).

T_s = Tasa de saturación (vehículos/ 1000 habitantes).

e = Base del logaritmo natural.

t = Tiempo.

En la ecuación anterior se presentan tres variables, lo que hace difícil su manejo pues no se tiene todos los datos necesarios es posible que se lo pueda reducir a una recta con cierta regresión, teniendo como resultado (MTOPI, 2003).

$$(a + bt) = \ln\left(\frac{T_s}{T_m} - 1\right)$$

Conociendo que la tasa de saturación se puede superponer, y que el tamaño de muestra son datos de tipo anual, la ecuación tiende a formar una recta, por lo tanto, aplicando una regresión lineal logramos obtener el valor de (a) en base a la ordenada inicial y el valor de (b) como pendiente de la ecuación (MTOPI, 2003).

$$Y = a + bt$$

$$Y = 2.539 - 0.094t$$

Podemos determinar la tasa de proyección esperada de la cantidad de vehículos por un periodo de 5 años, usando la siguiente ecuación (MTOPI, 2003).

$$\sqrt[n]{\frac{TF}{TA}} - 1 = i$$

Donde:

TF = Tráfico futuro para el año n+5.

TA = Tráfico actual para cierto año n.

n = Número de años transcurridos entre TA + TF (n + 5 - n = 5).

i = Tasa de crecimiento a razón de cinco años.

2.4.5. Tránsito inducido en carretera

Este tipo de tráfico se basa en la cantidad de vehículos que generan un nuevo recorrido por la vía, la mayor parte de casos se da por el proceso de mejoramiento de esta, este tipo de tráfico inducido se da siempre pues la gente se maneja por comodidad, además de por información conocida se puede conocer que anteriormente los recorridos realizamos eran distintos, o se hubiesen realizados por zonas distintas, y todo va encaminado en relación con la nueva carretera construida. (NEVI 12, 2013).

2.4.6. Tránsito en desarrollo de vía

A parte del tráfico inducido también se puede considerar el tráfico por desarrollo de vía, esto quiere decir que normalmente el tráfico no solo aumente gracias a que otros automotores deciden usar la vía después de su mejoramiento, sino que gracias al mismo el desarrollo zonal también incrementa lo que hace que el flujo vehicular también este considerado en esta categoría, es necesario generar estudios de avance zonal, actualizar mediante mapeos o zona campestre (NEVI 12, 2013).

2.4.7. Determinación de número de ejes equivalentes

En los cálculos referentes a tráfico, se parte de un método ya conocido en el cual se calcula un equivalente a 18 000 libras o por su consecuente 8,2 toneladas de ejes unitarios, que se rige con la fase de diseño. La siguiente manera de cálculo en la cual se busca los parámetros de tránsito para W18 en los carriles de diseño (AASHTO, 1993).

$$W_{18} = DD \cdot DL \cdot W18$$

Donde:

W18: Tránsito acumulado en años iniciales, con ejes equivalentes sencillos, en carril de diseño.

DD: Factor de distribución direccional.

DL: Factor de distribución por carril, con dos o más carriles por cada sentido.

W18: Ejes equivalentes que se acumulan es ambas direcciones.

2.5. Señalización

Es fundamental seguir un estándar claro en las señales viales para asegurar que los conductores puedan anticipar las acciones requeridas y prevenir accidentes. El uso de señalizaciones que no se ajusten a los parámetros establecidos puede generar confusión y situaciones de alto riesgo. El diseño uniforme y fácilmente identificable de los símbolos es crucial para los usuarios de la vía. Por eso, se establecen normativas sobre formas, colores e información para facilitar la rápida identificación de diferentes señales (INEN, 2010).

2.5.1. Colores

Los estándares cromáticos para las señales viales están detallados en las normativas de INEN (2010). Aquí se resumen los colores y sus usos correspondientes:

- **Rojo:** Se emplea como fondo para indicar prohibiciones, reducción de velocidad, señales especiales de advertencia, y cruces. También se utiliza para señales que

prohíben paradas y ceder el paso, así como el borde de triángulos y letreros en situaciones de riesgo.

- **Negro:** Usado para emblemas, encabezamientos, flechas en señales de fondos blancos, amarillos, verdes lima y naranjas, y distintivos de precaución. También para leyendas y fondos de distintivos de tráfico.
- **Blanco:** Se emplea como fondo en la mayoría de las señales reglamentarias, nombres de calles, señales informativas y leyendas en varios colores y símbolos.
- **Amarillo:** Utilizado como fondo en emblemas de seguridad, señales de distancia, peligro, límites especiales y señales de velocidad adicional.
- **Naranja:** Se usa como fondo en señales temporales de construcción vial y señales de cruce de niños.
- **Verde:** Empleado como fondo en señales de información, tarifas de control de peso, señales de peligro y señales informativas. También en símbolos, leyendas y emblemas para señales de estacionamiento.
- **Azul:** Utilizado como fondo en señales de información de servicios, direcciones y estacionamientos de pago, donde la leyenda y el borde son del mismo color. También se emplea en señales reglamentarias en paradas de autobús.
- **Café:** Se usa como fondo en carteles de información turística y medioambiental.

2.5.2. Distancia para lectura de señales

Las letras grandes, como las de las series D y E, ofrecen una mejor legibilidad debido a su espaciado y estilo de caracteres. En casos de limitaciones de espacio en la señal, se puede recurrir a la serie C para palabras comunes. Estos tipos de letras se aplican en señales reglamentarias, advertencias, señales de construcción de carreteras y señales

especiales. Por otro lado, las letras mayúsculas de las series A y B solo se utilizan en señales que requieren lectura detenida, como señales de alto. Las distancias de lectura correspondientes a las letras mayúsculas de las series C, D, E y E modificada se detallan en la tabla proporcionada por INEN (2010). Estas distancias sirven como referencia para identificar las distancias de lectura en señales estándar y para el diseño de señales especiales y otras señales informativas.

Tabla 4. Distancia para legibilidad de señales

Serie de Letras	Distancia de Legibilidad en metros por 10 mm de tamaño (m)
C	5
D	6
E	7
E modificada	7.5

Nota: Series para lectura en m por cada 10 mm.

Fuente: (INEN, Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2010).

2.5.3. Señales Regulatorias

Las señales regulatorias informan a los usuarios de la vía sobre la prioridad de uso, así como las prohibiciones, obligaciones y permisos correspondientes. El incumplimiento de estas señales conlleva sanciones según lo establecido en la Ley de Tránsito y el Reglamento correspondiente (INEN, 2010).

2.5.3.1. Clasificación de señales regulatorias

Las señales se dividen en varias categorías (INEN, 2010).

Serie de prioridad de paso R1: Se sitúan en los accesos a intersecciones o lugares fijos donde se aplican las normas indicadas en estas señales.

Pare (R1-1): Se ubica en la vía de acceso a una intersección, donde una vía tiene preferencia sobre la otra, y exige que los vehículos se detengan después de pasar la señal unos momentos.

Figura 8. Señal de Pare (R1-1)



Nota: Visualización de color y forma de señal reglamentaria de pare.

Fuente: (INEN, Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2010).

Su propósito es asegurar que el conductor detenga el vehículo por completo y solo reanude la marcha cuando la posibilidad de un accidente se haya eliminado por completo. La parada debe realizarse de manera que el conductor tenga una visión clara de la carretera prioritaria para garantizar una conducción segura.

Ceda el paso (R1 - 2): Estas señales se emplean en acercamientos a intersecciones donde los conductores que se aproximan deben ceder el paso y tienen una visibilidad adecuada del flujo vehicular en la carretera principal.

Figura 9. Señal de Ceda el paso



Nota: Visualización de color y forma de señal reglamentaria de ceda el paso.

Fuente: (INEN, Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2010).

Esto implica que los conductores deben dar paso a los vehículos que circulan por la carretera a la que se están acercando sin detenerse si hay suficiente espacio para que el tráfico de esa carretera cruce o se incorpore de manera segura.

Serie de movimientos y direcciones R2: Restricción para los conductores de circular únicamente en las direcciones señaladas por las flechas indicadas.

Una vía a la izquierda (R2-1I) o a la derecha (R2-1D): Los conductores solo pueden circular en las direcciones indicadas por las flechas en las señales.

Figura 10. Señal de una vía a la izquierda y una vía a la derecha



Nota: Visualización de color y forma de señal reglamentaria de vía a la derecha e izquierda.
Fuente: (INEN, Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2010).

Doble vía (R2-2): Debe colocarse al inicio de una carretera o vía de doble sentido y repetirse en cada cruce e intersección, siempre en ambos lados de la vía.

Figura 11. Señal de doble vía



Nota: Visualización de color y forma de señal reglamentaria de doble vía.
Fuente: (INEN, Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2010).

Ceda el paso a los peatones (R2-4): Se coloca en un cruce semaforizado donde la geometría de la vía no permite una zona peatonal paralela al giro del vehículo. Esto informa al conductor que, aunque tenga luz verde para girar a la izquierda o a la derecha, debe ceder el paso a los peatones.

Figura 12. Señal de ceda el paso a los peatones



R2-4

Nota: Visualización de color y forma de señal reglamentaria de ceda el paso a peatones.

Fuente: (INEN, Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2010).

No entre (R2-7): Esta señal prohíbe que el tráfico que se aproxima avance más allá de la ubicación de la señal.

Figura 13. Señal de no entre



R2-7

Nota: Visualización de color y forma de señal reglamentaria de no entre.

Fuente: (INEN, Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2010).

Debería usarse en carreteras y accesos a estas; se recomienda emplear la señal "Y" en intersecciones en vías de un solo sentido que convergen con carreteras estándar para evitar retroceder.

La serie de restricción de circulación R3: Se usa para limitar la entrada y/o circulación de vehículos según el símbolo indicado. Esta señal prohíbe que los vehículos o peatones que se aproximen avancen directamente más allá del lugar donde está colocada. Debe instalarse de manera que los conductores o peatones puedan comprender claramente qué rutas están prohibidas.

La señal "No pesados" (R3-2): Indica que los vehículos de gran peso tienen prohibido ingresar o transitar por una carretera o área específica.

Figura 14. Señal de no pesados



R3-2

Nota: Visualización de color y forma de señal reglamentaria de no pesados.

Fuente: (INEN, Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2010).

La señal "No buses" (R3-3): Indica que la entrada y/o circulación de autobuses está prohibida en ciertas vías o áreas designadas.

Figura 15. Señal de no buses



R3-3

Nota: Visualización de color y forma de señal reglamentaria de no buses.

Fuente: (INEN, Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2010).

La serie de límites máximos R4: Exige a los conductores disminuir la velocidad al avistar esta señal.

Las señales específicas de límites máximos de velocidad (R4-1): Informan sobre las velocidades más altas permitidas en un tramo de carretera, ajustadas cuando difieren de las establecidas en la legislación de Transporte Terrestre, Circulación y Seguridad Vial, y su aplicación general. Su instalación requiere estudios detallados del tramo, considerando

factores como el tipo de vía, las velocidades de diseño y operativas, el historial de accidentes, y el uso del suelo en las áreas adyacentes al tramo vial.

Figura 16. Señal de límite máximo de velocidad



R4-1

Nota: Visualización de color y forma de señal reglamentaria de límite de velocidad.

Fuente: (INEN, Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2010).

La señal de límites máximos de velocidad con iluminación LED (R4-2): Es una prohibición de velocidad con iluminación artificial integrada mediante circuitos LED. Se coloca en áreas con condiciones ambientales desafiantes, como niebla o lluvia, para indicar las velocidades más altas permitidas en un tramo de carretera.

Figura 17. Señal iluminada del límite de velocidad



R4-2

Nota: Visualización de color y forma de señal reglamentaria de límite de velocidad iluminado.

Fuente: (INEN, Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2010).

2.6. Diseño Geométrico

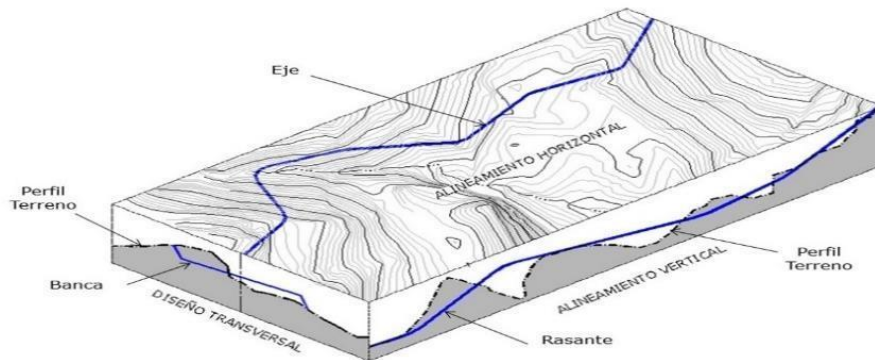
Se determina las características de una vía, tomando a consideración varios factores como el tránsito, topografía, velocidades, etc. Estos sirven para crear un diseño que sea

cómodo y segura para la población a servir. El diseño de una carretera se compone por 3 elementos dimensionales, que se ejecutan de manera individual, pero dependiendo unos de otros.

- Alineamiento horizontal
- Alineamiento vertical
- Diseño transversal

Estos 3 elementos se muestran en la siguiente figura:

Figura 18. Partes del diseño geométrico



Nota: Descripción de zonas de desarrollo en un diseño geométrico.

Fuente: (Agudelo, 2002).

2.6.1. Velocidad de diseño

Las velocidades de diseño que se encuentran dentro de una estructura vial se dan a partir de rasgos ya determinados dentro de un estamento vial, las determinaciones totales cuentan a partir de características geométricas las cuales presentan mínimos y máximos, hasta los factores de trazado y diseño final, en donde se busca la comodidad y seguridad para los usuarios beneficiarios (Cárdenas, 2013).

Además, se menciona que existen una cierta relación entre las velocidades de circulación y velocidades que se deben cumplir, es decir velocidades de diseño, que se las

presentan a partir de un flujo vehicular, características externas u otros complementos, generalmente se cumplen estándares de vía, pero si la misma sobrepasa las características, se empiezan a tomar en consideración saturaciones de tráfico (MTOP, 2003).

Tabla 5. Velocidades de circulación vehicular

Velocidad de diseño en Km/h	Velocidad de Circulación en Km/h		
	Volumen de tránsito bajo	Volumen de tránsito medio	Volumen de tránsito 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: Velocidades en categoría de flujo vehicular.

Fuente: (MTOP, Norma de diseño de Carreteras, 2003).

2.6.2. Radio mínimo de curvatura horizontal

El radio de curvatura horizontal mínimo es el que hace posible que el tráfico circulante cumpla con una seguridad mínima, eso sí basado antes en una velocidad de diseño ya determinada, en base a una pendiente máxima que será seleccionada (e), además de ciertos coeficientes de fricción lateral (f). Existe la posibilidad de que en ciertos casos muy específicos no se use los diámetros mínimos, sino incluso valores un poco menores, esto ya depende de varias características externas de la vía las cuales son necesarias para garantizar la seguridad. Los radios mínimos (R), los podemos calcular utilizando la siguiente fórmula (MTOP, 2003).

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

Donde:

R: Radio mínimo de curvatura horizontal (m).

V: Velocidad de diseño escogido (Km/h).

f: Coeficiente de fricción lateral (-).

e: Peralte de la curva (m/m)

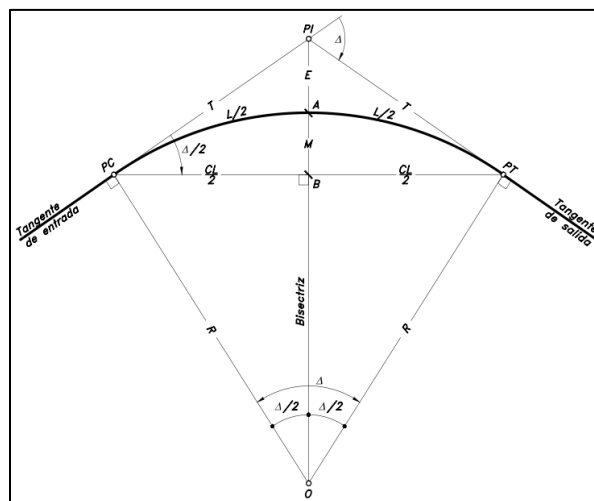
2.6.3. Alineamiento horizontal

El diseño geométrico en vista de planta o en forma de alineación horizontal de la vía, se convierten en proyecciones de ejes propios que se dan sobre un plano de tipo horizontal por lo que se proyecta como una forma circular o en otros casos como un ovoide, el cual lo podemos ver a continuación (Cárdenas, 2013).

2.6.3.1. Curvas circulares de tipo simple

Las curvas horizontales simples cuentan con un arco circular comprendido entre dos radios que unen a dos tangentes, por lo que sus proyecciones de tipo horizontal de un sólido, lo que hace que la curva no sea generalmente circular sino se tenga algunas variantes de esta (Cárdenas, 2013).

Figura 19. Elementos de una curva básica



Nota: Partes de curvatura en entrada y salida.

Fuente: (Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras, 2013)

Los elementos que intervienen dentro del diseño de una curvatura se detallan en la ilustración anterior y sus definiciones las encontraremos a continuación.

Tabla 6. Elementos en una curva circular

Elemento	Descripción
PI	Punto de intersección de las tangentes de la curva.
PC	Principio de curva, en donde empieza la curva, pero termina la tangente.
PT	Principio de tangente, empieza la tangente de salida y termina la curva.
O	Centro de curva circular.
Δ	Ángulo de deflexión de tangentes, donde se da la deflexión principal.
R	Radio simple de curvatura.
T	Tangente o subtangente, distancia de PI a PC o de PI a PT.
L	Longitud circular de curva, distancia de PC al PT a lo largo del arco.
CL	Cuerda larga, distancia en línea recta desde PC a PT.
E	Externa, distancia de PI al punto medio de curva (A).
M	Ordenada media, distancia del punto medio de curva (A), al punto medio de cuerda larga (B).

Nota: Detalles de elementos y distancias en curva circular.

Fuente: (Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras, 2013).

Los cálculos que se producen dentro de estos elementos de la curva generalmente dependen unos de otros, o se basan en datos conocidos que se pueden obtener a partir de datos del terreno como pendientes, distancias o incluso anchos es así como, según Cárdenas (2013), existen varias fórmulas a partir de modelos constructivos.

CL: Distancia entre líneas rectas desde el punto PC al punto PT (Cárdenas, 2013).

A partir del triángulo rectángulo O'B'PC, que se obtiene:

$$\operatorname{sen} \frac{\Delta}{2} = \frac{B \cdot PC}{O \cdot PC} = \frac{CL}{2R}$$

$$\text{Donde } CL = 2R \cdot \operatorname{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$$

T: En función de R y Δ (Cárdenas, 2013).

$$\tan \left(\frac{\Delta}{2} \right) = \frac{PC \cdot PI}{O \cdot PC} = \frac{T}{R}$$

$$\text{Donde } T = R \cdot \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

G_c: Es conocido como los grados de curvatura, de ciertas curvas circulares de radios R, bajo el sistema cuerdas-gradados, el cual hará que varíe el valor en relación con las cuerdas unidas (Cárdenas, 2013).

$$G_c = \frac{360 \cdot CL}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

L_c: Son longitudes de poligonales comprendidas en estas, partiendo de PC al PT, entonces podemos comparar una cuerda a un ángulo céntrico (Cárdenas, 2013).

$$L = \frac{L_c \cdot \Delta}{G}$$

E: La externa que se considera las distancias a partir del PI hasta los puntos céntricos de las curvaturas A (Cárdenas, 2013).

$$E = R \cdot \left(\frac{1}{\cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)} \right) - 1$$

M: Son las ordenadas medias siendo las distancias que están entre los puntos céntricos de las curvas A hasta los puntos céntricos de las cuerdas largas B (Cárdenas, 2013).

$$M = r \cdot \left(1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right)$$

Deflexión por metro: Se conoce como deflexiones de curva a los ángulos que se forman entre una recta tangente a las curvas y las cuerdas, comenzando desde los puntos de tangencia a cualquier otro punto P de las curvas (Cárdenas, 2013).

$$D \cdot m = \frac{G_c}{2 \cdot L_c}$$

Deflexión por unidad de cuerda: Con relación a las deflexiones que se generan se pueden construir las carteras de deflexión, que son las que nos permiten la construcción de la curva dentro del terreno propuesto (Cárdenas, 2013).

$$D \cdot c = \frac{G_c}{2}$$

PC: Inicio de la curvatura, inicio de curva y fin de la tangente (Cárdenas, 2013).

$$PC = PI - T$$

PT: Son los inicios de las tangentes, punto donde culmina la curva y empieza las tangentes de salida (Cárdenas, 2013).

$$PT = PC + L$$

PM: Punto céntrico de la curvatura (Cárdenas, 2013).

$$PM = \frac{PC + PT}{2}$$

2.6.4. Alineamiento vertical

De igual manera que en la vista anterior (planta), los ejes con los que se cuenta a partir de la alineación vertical constan de una serie de partes de línea recta conocidas como tangentes verticales unidas por una curva vertical definida, las pendientes que existen dentro de la tangente vertical y las longitudes de curvatura se dan a partir de parámetros del terreno proyectado, la alineación horizontal, las distancias para visibilidad, velocidades referentes, montos de construcción, montos operativos y porcentajes de autos presentes (Cárdenas, 2013).

2.6.4.1. Curvas verticales de forma convexa

Las curvas verticales convexas pueden ser de varios tipos, ya que para la conformación de estas existen algunos parámetros de exigencia en las mismas, como son las distancias mínimas por cumplir, que se estiman conociendo datos básicos como

visibilidades para estacionar, alturas de vista para conductor que son de 1,15 m y alturas de objetos visibles en la vía las cuales cuentan con 0,15 m (MTOPI, 2003).

La ecuación de longitud mínima es:

$$L_{min} = 0.60 \cdot V$$

Donde:

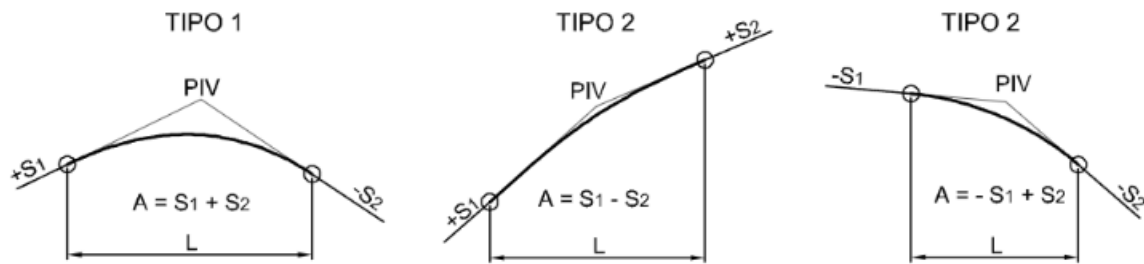
L_{min} : Longitud mínima de la curva vertical convexa.

V: Velocidad de diseño.

Se puede tener tres casos de curvas de tipo convexa:

- **Caso 1:** Gradiente de entrada mayor que cero y salida con gradiente menor que cero.
- **Caso 2:** Gradiente de entrada mayor que cero y salida con gradiente mayor que cero.
- **Caso 3:** Gradiente de entrada menor que cero y salida con gradiente menor que cero.

Figura 20. Casos de curva convexa



Nota: Visualidad de casos de tipo convexo.

Fuente: (INVIAS, 2008).

Las longitudes de la curvatura vertical convexa son expresadas en la siguiente ecuación (MTOPI, 2003).

$$L = K \cdot A$$

Donde:

L: Longitud de la curva.

K: Coeficiente de curvas verticales mínimas.

A: Diferencia algébrica de los gradientes.

Además, se presenta la tabla con los posibles coeficientes “K”, un rango de valores que pueden tomar los mismos, en base a la velocidad de diseño y varios tipos de curvas convexas.

Tabla 7. Valores que puede tomar el coeficiente K para curvas convexas

Curvas Verticales Convexas Mínimas			
Velocidad de diseño (Kph)	Distancia de visibilidad en parada (m)	Coeficiente $K = S^2 / (12.2 + 3.5S)$	
		Calculado	Redondeado
20	20	0.94	1
25	25	1.47	2
30	30	2.11	2
35	35	2.88	3
40	40	3.76	4
45	50	5.87	6
50	55	7.1	7
60	70	11.5	12
70	90	19.01	19
80	110	28.4	28
90	135	42.78	43
100	160	60.09	60
110	180	76.06	80
120	220	113.62	115

Nota: Rangos de coeficiente K con relación a velocidades.

Fuente: (MTO, Norma de diseño de Carreteras, 2003)

Las longitudes de la curvatura vertical convexa son expresadas en la siguiente ecuación (MTO, 2003).

$$L = K \cdot A$$

Donde:

L: Longitud de la curva.

K: Coeficiente de curvas verticales mínimas.

A: Diferencia algébrica de las gradientes.

S: Distancia de visibilidad para que se pueda frenar.

Además, se presenta la tabla con los posibles coeficientes “K”, un rango de valores que pueden tomar los mismos, en base a la velocidad de diseño y varios tipos de curvas cóncavas.

Tabla 8. Valores que puede tomar el coeficiente K para curvas cóncavas

Curvas Verticales Convexas Mínimas			
Velocidad de diseño (Kph)	Distancia de visibilidad en parada (m)	Coeficiente $K = S^2 / (12.2 + 3.5S)$	
		Calculado	Redondeado
20	20	2.08	1
25	25	2.98	3
30	30	3.96	4
35	35	5.01	5
40	40	6.11	6
45	50	8.42	8
50	55	9.62	10
60	70	13.35	13
70	90	18.54	19
80	110	23.87	24
90	135	30.66	31
100	160	37.54	38
110	180	43.09	43
120	220	54.26	54

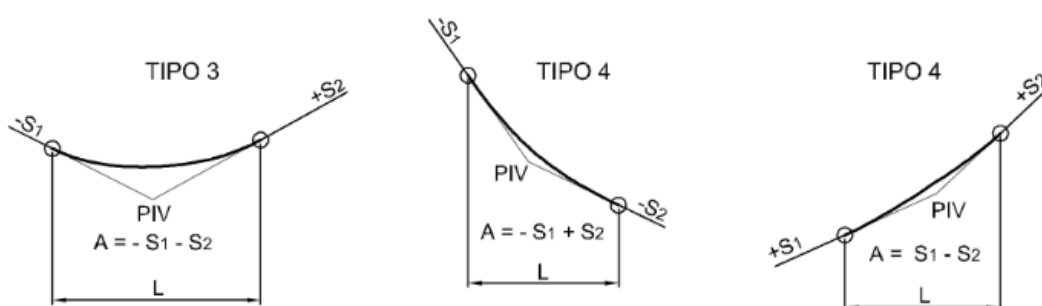
Nota: Rangos de coeficiente K con relación a velocidades.

Fuente: (MTO, Norma de diseño de Carreteras, 2003)

2.6.4.2. Curvas verticales de forma cóncava

Las curvas de tipo cóncavo pueden ser de varios tipos, pero por motivos de precaución, estas tienen que ser extensas buscando que las luces de los vehículos sean exactamente igual a las distancias visuales necesarias para que los vehículos puedan frenar (MTO, 2003).

Figura 21. Casos de curva cóncava



Nota: Visualidad de casos de tipo cóncavo.

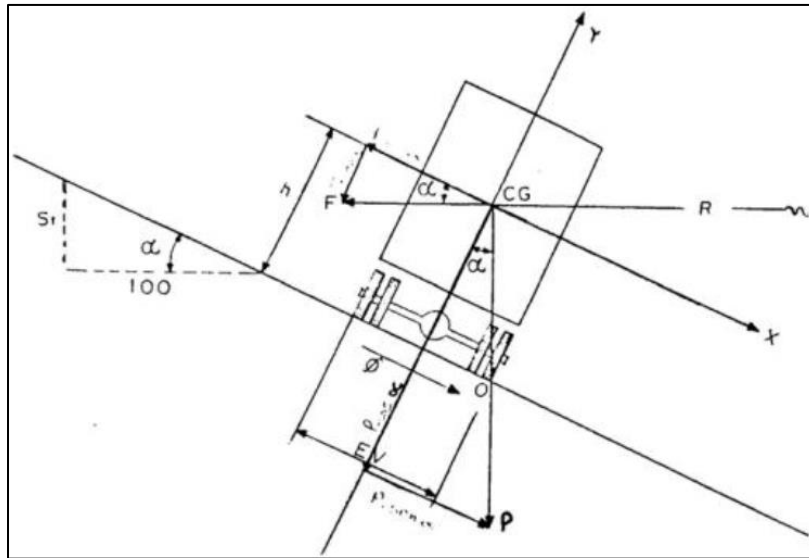
Fuente: (INVIAS, 2008).

2.6.5. Peralte

La única fuerza que ayuda a que el vehículo no sufra deslizamiento es la fuerza de fricción comprendida entre las ruedas y la carretera de circulación, cabe mencionar que no solo este tipo de fuerzas es suficiente para evitar un paso de tipo lateral, es por eso por lo que surge la necesidad de generar una adición extra en forma de pendiente lateral de la carretera, esta pendiente se la conoce como peralte (Cárdenas, 2013).

Una vez que el vehículo circule por la carretera, se genera la fuerza centrífuga “F”, la cual hace que el vehículo sea empujado hacia la parte exterior, debido a que se genera inclinación, estas fuerzas se contrarrestan con el peso del vehículo que se asienta sobre la calzada, dando un resultado de fricción entre neumático y vía que se presentan a continuación.

Figura 22. Estabilidad de motorizados en curva



Nota: Generación de fricción en la vía.

Fuente: (MTO, Norma de Diseño de Carreteras, 2003).

Las fuerzas centrífugas “F” son calculadas a partir de la fórmula: (MTO, 2003)

$$F = \frac{m \cdot V^2}{R} = \frac{P \cdot V^2}{g \cdot R}$$

Donde:

P: Peso del vehículo (Kg).

V: Velocidad en diseño (m/s).

g: Gravedad (9.78 m/s ²).

R: Radio de curva (m).

2.6.6. Sobreancho

Para el sobreancho se basa en el radio de curvatura, ancho de vehículos, velocidades iniciales de diseño y número de carriles con los que cuenta la vía, el aumento de espacio vial en zonas de giro, zonas de carretera de doble sentido, o incluso en zonas de adelantamiento, o lugares necesarios de ampliación surge de la necesidad de tener un complemento de seguridad, estos espacios complementarios son conocidos como sobreancho (Cárdenas, 2013).

2.6.6.1. Determinación de sobreancho

Para determinar el sobreancho necesario conocer puntos extremos de la vía, como los vehículos circulantes y si se genera alguna forma extrema de usar cada uno de los sobreanchos en su máxima capacidad, es por eso que a partir de las mismas se genera una tabla con información de vehículos y sus características, de esta manera los categorizamos (INVIAS, 2008).

Tabla 9. Dimensiones para el cálculo de sobreancho en vehículos rígidos

Tipos de Vehículos para Sobreancho					
Categoría	a (m)	b (m)	d (m)	e (m)	L (m)
Vehículo liviano	2.90	0.80	1.30	1.80	3.70
Bus mediano	6.49	0.76	3.66	2.44	7.25
Bus grande	7.00	2.70	3.30	2.60	9.70
Camión 2 ejes	6.60	1.40	3.20	2.50	8.00
Camión 3 ejes	6.55	1.25	3.20	2.50	7.80

Nota: Rango de dimensiones de camiones para sobreanchos.

Fuente: (INVIAS, 2008).

2.6.7. Distancia de visibilidad

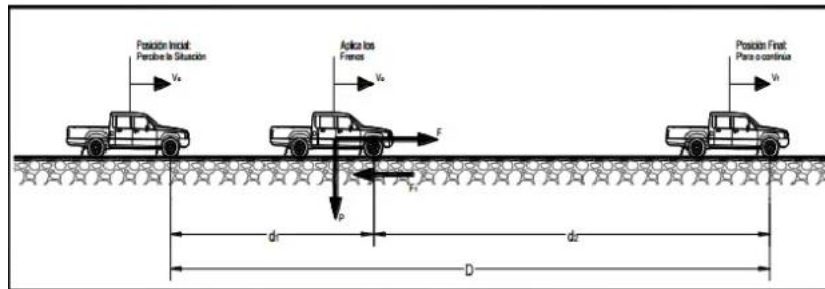
Este tipo de distancias de visibilidad tiene la característica de ser bastante grande pues debe cumplir con cierta velocidad de diseño, partiendo de esta se puede decir que tanto la distancia de visibilidad debe ser correspondiente a la velocidad de frenado, es decir se debe cumplir ciertas acciones de maniobra o la distancia debe ser la necesaria para lograrlo, incluso cuando se encuentran objetos fijos en la calzada o en otra ocasiones que cumpla la visibilidad necesaria para realizar un adelantamiento (MTO, 2003).

2.6.7.1. Distancia de visibilidad para parada

En ciertos momentos en que los vehículos toman curvaturas, ya sea de manera horizontal o vertical, el factor de visibilidad y reacción nace a partir de la longitud mínima que necesita el chofer del automotor para reducir una velocidad que se genera. Los tiempos que se logran percibir varía de acuerdo con la clase de conductores, aunque según estudios realizados por la AASHTO se puede considerar un rango entre los 1,5 segundos, cabe recalcar que las distancias de frenado son calculadas con fórmulas al estilo de “carga dinámica”, además de tomar en cuenta las acciones de la fuerza de fricción que se genera entre ruedas y carretera (MTO, 2003).

Es la distancia que requiere un conductor para detener su vehículo, cuando surge situaciones de peligro u observa un imprevisto delante de su recorrido. A esta distancia se la calcula para que el conductor alcance a detenerse ante el peligro u obstáculo. La distancia de visibilidad mínima debe diseñarse según la geometría de una carretera en cualquier tipo.

Figura 23. Representación distancia de parada



Nota: Factores que influyen dentro de la distancia de parada.

Fuente: (NEVI 12, 2013).

Para calcular la distancia de parada usamos la siguiente formula, en la cual se incluyen factores como velocidad y tiempo de percepción del conductor:

$$D = 0.278vt$$

Donde:

D: Distancia de parado (m).

v: Velocidad del vehículo (m/s).

t: Tiempo de parada (s).

2.6.7.2. Efecto en las gradientes

El efecto de gradientes que se da sobre automotores empieza a partir de la fuerza que actúa en el vehículo, al momento que el automotor circule por una pendiente, la misma puede ser tanto de subida como de bajada, el gradiente tiene efectos considerables provocados por la gravedad ya que estos afectan de manera directa con una fuerza dirigida al centro de la tierra, el caso de gradiente afecta generalmente dentro de las distancias de frenado y se representa a partir de la siguiente ecuación (MTOP, 2003).

$$d = \frac{V_c^2}{254(f \pm G)}$$

G: Porcentaje de gradientes divididos entre 100.

f: Coeficiente de fricción longitudinal.

2.6.7.3. Distancia de visibilidad en curvas horizontales

Las curvas horizontales son esenciales en el diseño geométrico de carreteras, los estudios han demostrado un gran porcentaje de accidentes que se presentan en una carretera por efectos de una curva, el diseño implica la selección del radio de curvatura en función a la velocidad de diseño y del peralte de la curva, esto garantiza una mayor estabilidad del vehículo al vehículo (Chala, 2014).

A continuación, se presenta la fórmula para determinar el radio de la curva:

$$R_{min} = \frac{V_e^2}{127x(e_{max} + f_{max})}$$

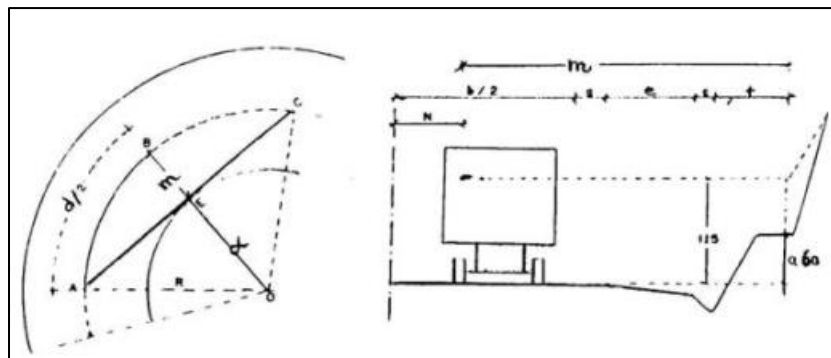
Donde:

Ve: Velocidad de especifica del elemento (Km/h).

E_{max}: Peralte máximo (%).

F_{max}: Coeficiente de fricción lateral (-).

Figura 24. Visibilidad para curvas horizontales



Nota: Visibilidad horizontal planta y perfil.

Fuente: (MTOP, 2003).

El valor mínimo de peralte según la norma es de 1.5% y el valor máximo dependerá del tipo de la vía a construir un valor entre (6-8%). El valor de fricción lateral oscila entre 0.23 y 2.8 (Chala, 2014).

Tabla 10. Coeficientes de fricción lateral máximos

Velocidad (Km/h)	TAC 1999	AASHTO 2004	INVIAS 2008
30	0.31	0.28	0.28
50	0.21	0.19	0.19
80	0.14	0.14	0.14
100	0.12	0.12	0.12
130	0.08	0.08	0.08

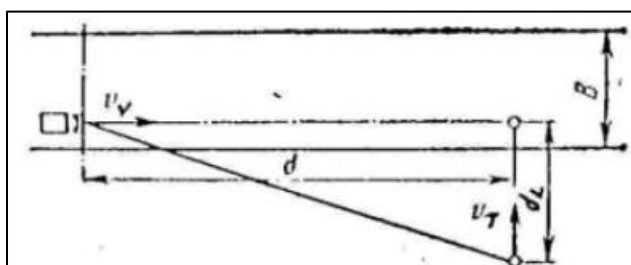
Nota: Comparación de coeficientes laterales en distintas normas aplicativas.

Fuente: (Chala, 2014).

2.6.7.4. Distancia de visibilidad en forma lateral

En zonas urbanas y en intersecciones entre carreteras y vías férreas, es crucial asegurar una visibilidad lateral adecuada desde las áreas adyacentes a la carretera para mantener un flujo vehicular seguro. Los conductores deben tener la capacidad de anticipar la presencia de peatones cruzando desde la acera hacia la carretera, así como detectar la aproximación de vehículos o trenes en un cruce, tal como se ilustra en la siguiente figura (MTO, 2003).

Figura 25. Distancia de visibilidad lateral



Nota: Factores que influyen dentro de la distancia de visibilidad lateral.

Fuente: (MTO, Manual de diseño de Carreteras, 2003).

Se determinan las distancias mínimas necesarias para la visibilidad lateral utilizando la fórmula siguiente, según lo establecido por MTO en 2003.

$$d_L = \frac{V_T}{V_V} D$$

Donde:

d_L : Distancia de visibilidad lateral (m).

D: Distancia de visibilidad para paradas en automóviles (m).

V_T : Velocidades que cruzan por la vía.

V_v : Velocidades de diseño en vehículos (Km/h).

2.6.7.5. Distancia de visibilidad para rebasamiento

El acto de adelantar es variado, el mismo riesgo que implica; la velocidad, los vehículos involucrados, las condiciones climáticas, el estado del camino y el tipo de conductor son cruciales para iniciar esta maniobra. Los conductores asumen riesgos al intentar rebasar a vehículos que circulan a menor velocidad, lo que puede desencadenar accidentes. Por ello, resulta fundamental establecer tramos seguros para adelantar, evitando áreas de mayor tráfico como intersecciones o rotondas (Pineda, 2019).

El cálculo del Distancia de Visibilidad de Adelantamiento (DVA) implica realizar pruebas y registrar maniobras en tramos rectos y carriles seguros para adelantar, donde se evalúan factores como el tiempo y la velocidad. Además, es necesario identificar las zonas permitidas para adelantar cuando se repavimenta una carretera o se modifica el límite de velocidad (Pineda, 2019).

La capacidad de rebasar se compone de la suma de cuatro distancias parciales, según se describe en MTOP en 2003:

d1: Distancia que circulan los vehículos que adelantan durante la respuesta inicial y la aceleración para alcanzar el carril izquierdo.

d2: Distancia que circulan los vehículos que adelantan al ocupar el carril izquierdo.

d3: Al finalizar la acción, las distancias entre el vehículo que adelanta y el que circula en sentido contrario, estimadas entre 30 y 90 metros.

d4: Distancia recorrida por los vehículos que se aproximan utilizando el carril izquierdo, equivalente a dos tercios del tiempo de recorrido de los vehículos que adelantan, es decir, $2/3$ de d_2 . Se asume que las velocidades de los vehículos que se aproximan son iguales a las velocidades de los vehículos que adelantan.

El resultado de adelantar es igual a una sumatoria de las cuatro distancias, resultando:

$$d_r = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

Donde d_r será:

d_r : Distancia de visibilidad para el adelantamiento del automóvil.

2.7. Drenaje

El drenaje implica la evacuación del agua que se acumula en la superficie de la carretera hacia un sistema de alcantarillado pluvial, con diferentes destinos posibles, ya sea canalizándose a través de ríos o arroyos hacia el mar, llegando a lagos o lagunas, filtrándose en el subsuelo o evaporándose. El drenaje vial se refiere a las estructuras destinadas a controlar el flujo del agua, como las cunetas y las alcantarillas transversales, entre otras. Estos elementos permiten que el agua que discurre por la carretera o las pendientes adyacentes sea canalizada hacia las cunetas y luego hacia las alcantarillas, evitando así daños tanto en la carretera como en las viviendas cercanas, y permitiendo el desagüe apropiado a través del sistema de alcantarillado pluvial (Rodríguez, 2013).

2.7.1. Drenaje de tipo superficial

El drenaje superficial se refiere a la eliminación del agua que se acumula en la carretera, evitando así la posibilidad de inundaciones, estancamientos o charcos que podrían causar problemas en la carretera. La evacuación de esta agua es esencial para prevenir accidentes vehiculares y para evitar la erosión de sedimentos. Las estructuras de

drenaje superficial se construyen con el objetivo de canalizar el agua pluvial hacia cursos de agua, como ríos o lagos. Anteriormente, la única manera de disminuir las lluvias era a través de la infiltración del agua de lluvia (INVIAS, 2009).

2.7.2. Drenaje de tipo subterráneo

El propósito del drenaje subterráneo es eliminar el exceso de agua acumulada en las capas del suelo, causada por altos niveles de humedad que benefician el crecimiento de las raíces de los cultivos, pero que pueden resultar en la fatiga del nivel freático del suelo y deformaciones en la carretera. Dentro del drenaje subterráneo se distinguen cuatro tipos de conducciones (Senara, 2020):

1. Zanjas o canales abiertos a profundidad.
2. Zanjas o canales a profundidad cubiertos con filtros de grava, arena y otros materiales.
3. Drenes internos cilíndricos o tubulares sin recubrimiento conocidos como drenes topo.
4. Drenes internos cilíndricos con recubrimiento o drenaje entubado.

2.7.3. Precipitaciones

La precipitación se define como la descarga de agua desde la atmósfera hacia la superficie terrestre, resultado de la acumulación de vapor de agua en la atmósfera que forma nubes cargadas de humedad. Este fenómeno se conoce como precipitación atmosférica o pluvial.

Las lluvias suelen ser el resultado de diversos fenómenos atmosféricos y se cuantifican según la cantidad de agua medida en milímetros que cae durante un periodo específico de

lluvia. También se puede determinar por la intensidad de la lluvia, expresada en milímetros por hora durante un aguacero (Pérez, 2013).

2.7.3.1. Generación de precipitaciones

La precipitación se refiere al agua que se forma en el aire y luego se deposita en la superficie terrestre, mostrando así los procesos de condensación tanto en la atmósfera como en la superficie. Esta condensación alcanza el punto de rocío, que representa la acumulación de humedad en la superficie y se manifiesta en diversas formas de precipitación, como lluvia, nieve o granizo (Ritter, 2018).

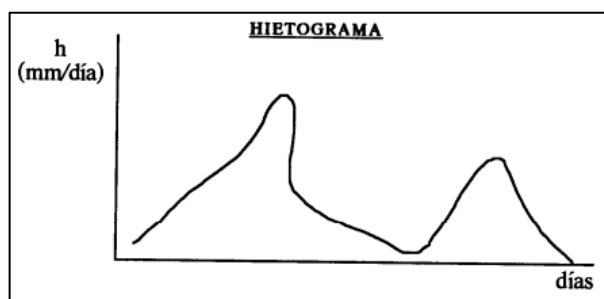
2.7.3.2. Tipos de precipitaciones

- a) Lluvia, que es una forma de precipitación líquida, puede variar en su aspecto dependiendo de la intensidad con la que se presenta en diferentes momentos (Fernández, 2022).
- b) Llovizna, se trata de una lluvia compuesta por pequeñas gotas que caen de manera suave o moderada (Fernández, 2022).
- c) Chubascos, representan lluvias intensas y de corta duración, también conocidas como chaparrones o aguaceros (Fernández, 2022).
- d) Granizo, que se refiere a bolitas de agua congelada que pueden presentar distintos tamaños (Fernández, 2022).
- e) Nieve, consiste en cristales o copos de agua congelada que se forman cuando la temperatura desciende a cero grados centígrados, lo que provoca un cambio en su estado de líquido a sólido a través de un proceso llamado solidificación (Fernández, 2022).

2.7.4. Interpretación de datos por precipitación

Se pueden obtener mediciones diarias de precipitaciones en la cuenca hidrográfica a través del pluviómetro del Servicio Meteorológico Nacional. Estas mediciones se registran mensualmente en fichas que contienen información sobre la cantidad máxima de precipitación en 24 horas, así como el número de días en los que hubo lluvia, nieve y/o granizo. Además, se registran datos sobre la dirección predominante del viento en los días lluviosos, presentados en registros diarios, mensuales y anuales. Estos datos pueden representarse gráficamente mediante curvas conocidas como "hietogramas" o "pluviogramas" (Ruiz y Martínez, 2019).

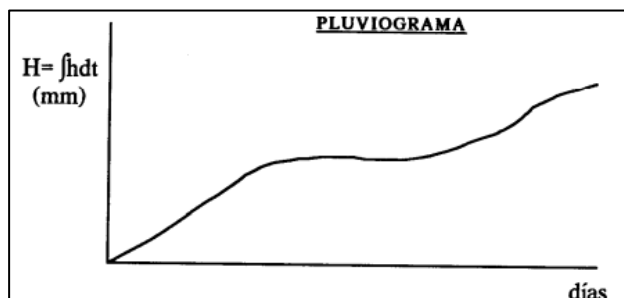
Figura 26. Representación de hietograma



Nota: Curva de hietograma aplicable (intensidad).

Fuente: (Ruiz y Martínez, 2019).

Figura 27. Representación de pluviograma



Nota: Curva de pluviograma aplicable (lluvias acumuladas).

Fuente: (Ruiz y Martínez, 2019).

2.7.5. Distribución de precipitaciones

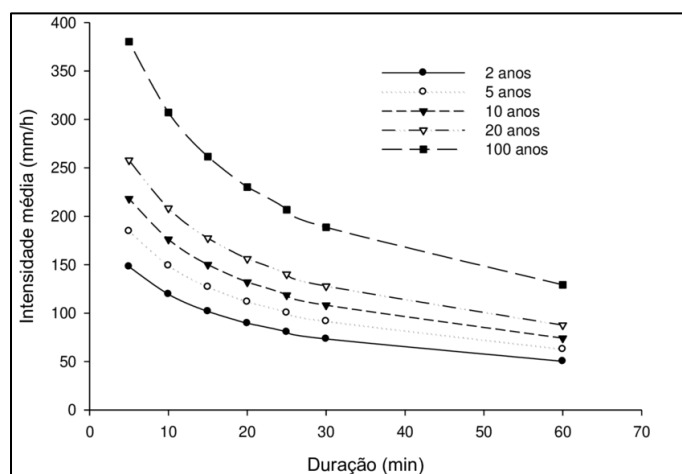
La forma en que la lluvia se distribuye a lo largo del año impacta directamente en la disponibilidad de agua. Se evalúa su promedio en regiones específicas utilizando datos hidrológicos de las cuencas, permitiendo una estimación precisa en diversos procesos, como la lluvia y la escorrentía. Esta distribución irregular de las precipitaciones se representa en mapas geográficos conocidos como "mapas de isoyetas", los cuales muestran líneas imaginarias que conectan puntos en una región que reciben la misma cantidad de lluvia. Estos mapas reflejan las variaciones en la cantidad de precipitación en diferentes áreas.

La cantidad media de lluvia en una región específica o en una cuenca es de gran relevancia tanto en el ámbito hidrológico como en la ingeniería. Estimarla con precisión es crucial para simular los distintos procesos de lluvia y escorrentía en modelos predictivos y en el diseño de proyectos (Fattorelli & Fernández, 2011).

2.7.5.1. Curvas de duración, frecuencia e intensidad (IDF)

Las curvas IDF son representaciones gráficas que unen puntos específicos relacionados con la intensidad media de lluvia en intervalos observados durante ciertos periodos de retorno. Estos datos se grafican en un plano cartesiano, con la duración en el eje horizontal y la intensidad en el eje vertical. Estas curvas son calculadas a partir de análisis de crecidas en cuencas hidrográficas, especialmente para períodos de concentración cortos o de poca duración. Su objetivo principal es estimar la precipitación en una región específica, proporcionando parámetros necesarios para el diseño de infraestructuras (INVIAS, 2009).

Figura 28. Curvas de intensidad típica, duración, frecuencia (IDF)



Nota: Curvas IDF, con tiempos de retorno.

Fuente: (INVIAS, 2009).

2.7.5.2. Cálculo IDF por método simplificado

Estos estudios derivaron en curvas de intensidad, duración y frecuencia mediante correlaciones con las precipitaciones máximas promedios anuales durante un período de 24 horas, los días de lluvia promedio anuales, la precipitación total media anual y las altitudes de cada estación. Sin embargo, la correlación más sólida se logró con la precipitación media anual máxima de 24 horas en una estación, la cual, además de ser más fácil de aplicar, es la recomendada para futuras investigaciones, a partir de la siguiente fórmula (INVIAS, 2009).

$$i = \frac{a \cdot T^b \cdot M^d}{\left(\frac{t}{60}\right)^c}$$

Donde:

I: Intensidad de precipitaciones (mm/h).

T: Periodo de retorno (años).

M: Precipitación máxima promedio anual en 24 h.

t: Tiempo de duración de lluvias (min).

a, b, c, d: Parámetros para ajustar regresiones de acuerdo con tabla.

Tabla 11. Valores para coeficiente a, b, c y d

Región	Coefficientes				
	R	a	b	c	D
Andina (R1)		0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)		24.85	0.22	0.50	0.10
Pacífico (R3)		13.92	0.19	0.58	0.20
Orinoquía (R4)		5.53	0.17	0.63	0.42

Nota: Coeficientes para fórmulas de intensidad.

Fuente: (INVIAS, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2009).

2.8. Cunetas

Las cunetas son excavaciones poco profundas y largas que se encuentran a lo largo de ambos lados de la carretera, dispuestas de manera paralela a la vía. Su propósito principal es canalizar el agua hacia el sistema de drenaje principal y prevenir la acumulación de agua en la calzada, evitando así posibles inundaciones debido al exceso de agua. Hay variados tipos de cunetas (Solano, 2021):

Además, según Solano (2021) encontramos una subclasificación la cual define las distintas formas de evacuar el agua mediante varios tipos de cunetas específicas para ciertas construcciones u obras de ciertas características.

- **Sistema de drenaje superficial**

Este canal subterráneo atraviesa por debajo de la carretera, se compone de tuberías instaladas bajo tierra que direccionan el agua hacia un sistema de alcantarillado principal.

- **Drenaje de taludes**

Se trata de un conducto tubular que se inclina ligeramente de acuerdo con su pendiente para permitir el flujo del agua a lo largo de la tubería.

- **Sistema de canalones**

Es un mecanismo que recoge el sobrante de agua y lo canaliza hacia un sistema de alcantarillado, siendo una opción de costo bastante accesible.

- **Cunetas verdes**

Se refiere a cunetas revestidas de vegetación, formadas mediante una excavación en el talud con una ligera inclinación. Estos canales están diseñados para mantener velocidades de flujo que no superen los 1 o 2 metros por segundo.

2.8.1. Localización para pendiente y velocidad

La cuneta estará ubicada entre el borde de la carretera y la base de los taludes de corte. Las pendientes seguirán los perfiles de las calzadas, con un mínimo de 0,50% y valores máximos determinados por las velocidades del agua, lo que puede requerir pavimentación, La siguiente fórmula describe la formación de la pendiente, (MTOPI, 2003).

$$\frac{E}{D} * 100 = \text{Pendiente } (\%)$$

Donde:

E: Elevación o diferencia entre cotas.

D: Longitud de canal.

La tabla a continuación indica las velocidades de agua que afectan la erosión en diversos materiales. Aunque se detallan valores específicos, es común limitar la velocidad del agua en zanjas a 3,00 m/s en pavimentos y 4,00 m/s en superficies de hormigón (MTOPI, 2003).

Tabla 12. Velocidad para erosión de material

Material	Velocidad (m/s)	Material	Velocidad (m/s)
Arena fina	0.45	Pizarra suave	2.0
Arcilla arenosa	0.50	Grava gruesa	3.50
Arcilla ordinaria	0.85	Zampeado	3.4 a 4.5
Arcilla firme	1.25	Roca sana	4.5 a 7.5
Grava fina	2.00	Hormigón	4.5 a 7.5

Nota: Rangos de velocidad adaptables a material.

Fuente: (MTOP, 2003).

2.8.2. Forma de la sección en cuneta

Dependiendo de cómo estén configuradas, las secciones transversales pueden adoptar formas triangular, rectangular o trapezoidal. Las zanjas triangulares son bastante comunes, posiblemente debido a su facilidad de construcción y mantenimiento. Sin embargo, se pueden emplear secciones rectangulares o trapezoidales según las necesidades hidráulicas específicas. Por cuestiones de seguridad vial, las secciones rectangulares son poco frecuentes ya que se perciben como riesgosas para los conductores cercanos a ellas. Por las mismas razones, las secciones trapezoidales están siendo menos utilizadas, a menos que la pendiente cercana a la carretera sea muy pronunciada (MTOP, 2003).

- **Cuneta de sección rectangular**

Estas cunetas no son comunes en proyectos de ingeniería debido a que generan una percepción de peligro para los que circulan por la zona (Norma 5.2 IC Drenaje Vial, 2008).

Figura 29. Drenaje Rectangular



Nota: Representación de drenaje rectangular.

Fuente: (Norma 5.2 IC Drenaje Vial, 2008).

- **Cuneta de sección trapezoidal**

Se emplea cuando el terreno se encuentra próximo a la carretera y tiene una pendiente suave o poco pronunciada (Norma 5.2 IC Drenaje Vial, 2008).

Figura 30. Drenaje Trapezoidal



Nota: Representación de drenaje trapezoidal.

Fuente: (Norma 5.2 IC Drenaje Vial, 2008).

- **Cuneta de sección triangular**

Se sugiere que, en los taludes hacia la carretera, la relación entre la base y la altura sea de al menos 3:1, preferiblemente 4:1 junto al corte. Estos taludes deben tener la misma inclinación y se recomienda que la altura máxima de agua acumulada no supere los 30 centímetros, lo que garantiza seguridad para los usuarios de la vía (Norma 5.2 IC Drenaje Vial, 2008).

Figura 31. Drenaje Triangular



Nota: Representación de drenaje triangular.

Fuente: (Norma 5.2 IC Drenaje Vial, 2008).

2.8.2.1. Cálculo por flujo uniforme en cuneta

El cálculo de flujo uniforme se puede realizar a partir de dos ecuaciones de continuidad y una ecuación de flujo uniforme, el cálculo será utilizada la ecuación de Manning como ecuación de flujo uniforme (INVIAS, 2009).

$$Q = \frac{1}{n} \Omega R h^{\frac{2}{3}} \sqrt{i}$$

Donde:

Q: Caudal normal de la cuneta.

V: Velocidad del flujo.

Rh: Profundidad normal.

n: Coeficiente de rugosidad.

i: Pendiente del canal.

Ω : Depende de la forma geométrica.

La variable “n”, que representa los coeficientes de rugosidad de Manning según se detalla en la tabla a continuación, es una variable que ha sido objeto de extensa investigación en ingeniería, aunque su estudio ha sido más limitado en comparación con las

ecuaciones originales de Chezy. Sin embargo, es ampliamente aceptado a nivel internacional (INVIAS, 2009).

Tabla 13. Valores promedios de Manning “n”

Valores que puede tomar “n” de Manning	
Material de recubrimientos	n
Vidrio	0.010
Cobre	0.011
Acero liso	0.012
Acero pintado	0.014
Acero remachado	0.015
Hierro fundido	0.013
Concreto acabado	0.012
Concreto no acabado	0.014
Madera aplanada	0.012
Azulejo	0.014
Ladrillo	0.015
Asfalto	0.016

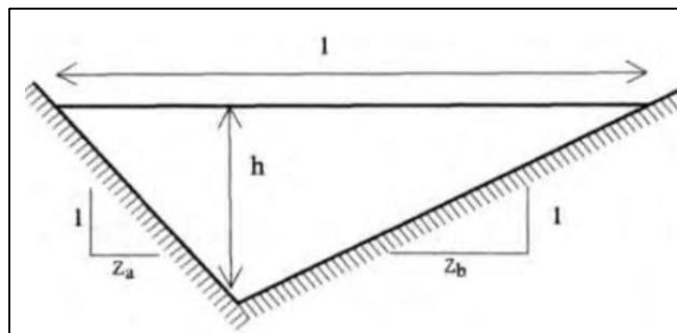
Nota: Coeficiente de Manning (n).

Fuente: (Chow, 1994).

2.8.2.2. Selección de tipo de cuneta

El diseño de la cuneta empleada refleja las especificaciones detalladas en la gráfica adjunta, la cual representa una de las secciones estándar comúnmente utilizadas en la región.

Figura 32. Sección de cuneta a escoger



Nota: Visual de parámetros de la cuneta.

Fuente: (NEVI 12, 2013).

La descripción de parámetros que se toman en consideración para la selección de la cuneta se describe a continuación con las fórmulas de:

- **Área (π)**

$$\frac{(Z_a + Z_b) \cdot h^2}{2}$$

- **Ancho superficial (I)**

$$(Z_a + Z_b) \cdot h$$

- **Perímetro mojado (P)**

$$\sqrt{1 + Z_a^2} + \sqrt{1 + Z_b^2} \cdot h$$

- **Radio hidráulico (R)**

$$\frac{(Z_a + Z_b) \cdot h}{2 \cdot (\sqrt{1 + Z_a^2} + \sqrt{1 + Z_b^2})}$$

2.8.3. Escorrentía superficial

La escorrentía superficial es la principal causa de erosión de la superficie de la tierra, esta erosión provoca una menor productividad de las cosechas, este efecto en campo provoca 4 tipos de erosión que es: erosión de salpicadura erosión de barranco, erosión de lámina y erosión de lecho de arroyo.

La erosión de salpicadura se refiere a la colisión mecánica de una gota de lluvia con la superficie del suelo, y esto provoca que se queden suspendidas en la solución de agua.

Las partículas de suelo que llevo la escorrentía suelen tener un tamaño variable entre 0.001 mm y 1 mm de diámetro. Los motivos principales de la erosión del suelo son por la tala y la quema de bosques, se despoja de la vegetación y esto deja a la intemperie al suelo provocando su erosión (INVIAS, 2009).

2.8.3.1. Método Racional

El método racional tiene como finalidad estimar el caudal máximo asociado a determinada lluvia de diseño, esta es utilizada en obras de drenaje urbano y rural su expresión es (Fattorelli & Fernández, 2011):

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño m³/s.

C: Coeficiente de escorrentía.

I: Intensidad de la lluvia de diseño.

A: Área de la cuenca (ha).

La utilización de la ecuación racional es necesario conocer el coeficiente de escorrentía C, la cual se selecciona por tablas.

Tabla 14. Valor del coeficiente de escorrentía urbano

Coeficiente de Esgurrimiento (C)		
Calles	Mínimo	Máximo
Asfaltadas	0.70	0.95
De concreto hidráulico	0.70	0.95
Adoquinadas	0.70	0.85
Praderas	Mínimo	Máximo
Suelos arenosos planos (pendientes 0.02 o menos)	0.05	0.10
Suelos arenosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.10	0.15
Suelos arenosos escarpados (0.07 o más)	0.15	0.20
Suelos arcillosos planos (0.02 o menos)	0.13	0.17
Suelos arcillosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.18	0.22
Suelos arcillosos escarpados (0.07 o más)	0.25	0.35

Nota: Tabla de rangos de coeficientes.

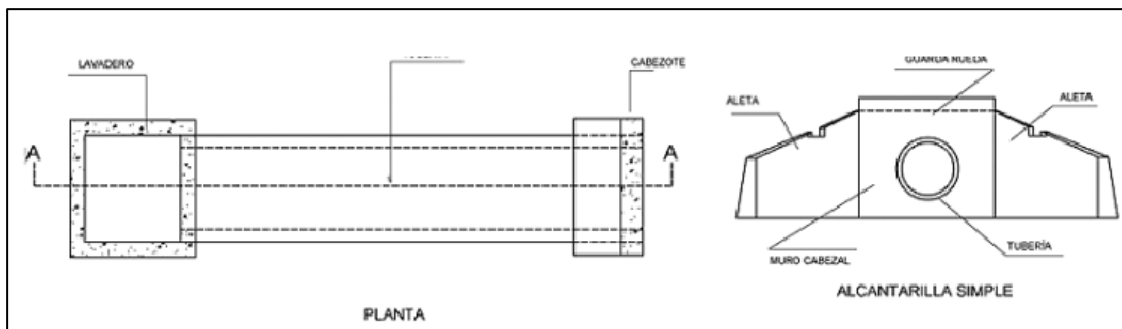
Fuente: (Aparicio, 1989).

2.8.4. Alcantarillas

Las alcantarillas son conductos de longitud corta que sirven como drenaje intersecciones de la red natural (quebradas, arroyos, ríos) que filtran el transporte en (carreteras, caminos, vías), las alcantarillas son mucho más pequeñas que el puente que sirve como paso elevado de un cauce (Pedraza, 2013).

Las alcantarillas se calculan de tal manera que permita su diseño la evacuación completa del agua y una estructura que sea adecuada con las condiciones hidrológicas del área.

Figura 33. Composición de alcantarilla



Nota: Visual frontal y planta de la alcantarilla.

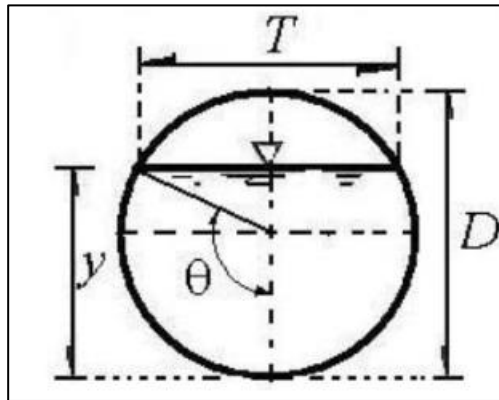
Fuente: (Pérez, 2013).

El caudal de las alcantarillas depende de lo siguiente:

- Tamaño y forma de la sección transversal
- Pendiente de fondo
- Longitud de la conducción
- Rugosidad

A través de una sección circular que es la más usada como se presenta en la gráfica a continuación (Sotelo, 1997):

Figura 34. Canal de tipo circular



Nota: Parámetros de cálculo para canal circular.

Fuente: (Sotelo, 1997).

Las alcantarillas por lo general son de canal circular y se realiza el siguiente calculo para identificar sus partes:

- Área A:

$$\theta = \cos^{-1}\left(1 - \frac{2y}{D}\right)$$

- Perímetro mojado P:

$$\theta = D$$

- Radio hidráulico:

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

- Ancho de la superficie libre T:

$$T = 2\sqrt{y * (D - y)}$$

- Tirante hidráulico:

$$Tm = \frac{A}{T}$$

2.9. Suelos para fundición y subrasante

La comprensión de los suelos que sustentan las estructuras de los pavimentos es compleja. Su influencia afecta tanto el diseño y las dimensiones de estas estructuras como

el mantenimiento necesario durante la vida útil del pavimento. Es crucial conocer las propiedades del suelo que se usará como base, así como el suelo, ya sea natural o trasladado, empleado como relleno (Vilca, 2020).

2.9.1. Definición de suelo y roca

En investigaciones sobre pavimentación, se contempla la piedra como un tipo de agregado de origen natural compuesto por granos minerales unidos por una cohesión significativa y duradera. El suelo, en cierta medida, se reconoce como un tipo de agregado natural conformado por partículas minerales que pueden contener o no materia orgánica y que pueden separarse mediante métodos convencionales, como la mezcla con agua (Montejo, 1998).

2.9.2. Etapas de un estudio de suelo

Las fases del análisis de suelos se describen en Menéndez (2009) de la siguiente manera:

- Examen de la información topográfica y geológica de la región.
- Reconocimiento: Identificación de la geología del área y formulación de suposiciones sobre el suelo (posibles perfiles).
- Investigación Preliminar: Basándose en este estudio, se llevan a cabo un número limitado de perforaciones y pruebas para evaluar las condiciones del subsuelo.
- Selección de la sección de diseño, considerando las características geológicas, topográficas y de drenaje.
- Estudios definitivos: Estos permiten establecer los parámetros finales de resistividad y estratigrafía para el diseño de pavimentos.

2.9.3. Trabajos de campo

Para comprender los diversos tipos de ensayos y actividades de campo involucrados, se deben llevar a cabo los siguientes procedimientos según lo indica Menéndez (2009):

a) Análisis de la información disponible

Evaluación de estudios previos, incluyendo análisis geológicos, isoyetas geológicas, fotografías aéreas, vistas satelitales y Google Earth.

b) Métodos de exploración del suelo

Excavaciones a mano.

Excavaciones en zanja.

Perforaciones con herramientas manuales.

Perforaciones con equipo de diamantina.

c) Recopilación de muestras

Muestras inalteradas.

Muestras alteradas.

d) Ensayos de campo

Ensayos estándar de penetración.

Cono de penetración ligero (PDC).

2.9.4. Ensayos de laboratorio

Los distintos análisis que se realizan para identificar la estructura del suelo se describen como describe (Menéndez, 2009):

a) Contenido de humedad

El contenido de humedad del suelo, también denominado contenido de agua señala las cantidades de agua presentes en el suelo. Básicamente, representa la relación entre los pesos del agua en las muestras y la masa de sólidos (secos) en esas muestras, expresada como un porcentaje (w).

b) Análisis granulométrico

La prueba de seguimiento lateral es una de las más tradicionales en el análisis de suelos y se emplea en la clasificación de suelos. Forma parte integral del código de suelos utilizado en la construcción de aeropuertos, carreteras, presas de tierra y otras estructuras. Por otro lado, los análisis con tamices estándar permiten establecer las proporciones relativas de distintas distribuciones de tamaño de partículas dentro de un rango específico, conocido como distribución de tamices.

c) Gravedad específica de sólidos

Los pesos específicos de un material sólido se definen como las proporciones entre los pesos de volúmenes específicos de ese material y los pesos equivalentes de agua (a 20°C). Esto proporciona una medida del peso del material en comparación con el peso del agua.

d) Límites líquidos, plásticos y plasticidades

Las arcillas y ciertos tipos de suelos finos exhiben plasticidad cuando contienen la cantidad adecuada de agua.

e) Relación esfuerzo-densidad por Proctor modificado (compactación)

Las técnicas de compactación son fundamentales en la construcción de superficies de carreteras, bases de pavimentos en carreteras y aeródromos, así como en estructuras similares.

f) Prueba CBR

El ensayo CBR es una prueba directa y sencilla empleada para determinar la resistencia de los suelos usados en subbases, bases y subrasantes de pavimentos en carreteras y aeropuertos. Fue desarrollada inicialmente por el Departamento de Carreteras de California en 1929 y posteriormente adoptada por el Cuerpo de Ingenieros para el diseño de pavimentos.

2.9.4.1. CBR

Estos análisis buscan calcular la resistencia a la fricción del suelo mediante la variación de humedad y densidad. Estos datos se emplean para establecer la capacidad de carga y la resistencia a la penetración del suelo. Para realizar la prueba, se golpea la superficie del suelo con un martillo estándar y un cilindro específico según las pautas de la AASHTO. Una vez que se obtienen los resultados, se comparan para determinar el uso potencial del suelo en cuestión (Castro, 2013).

Tabla 15. Clasificación del suelo a través de CBR

%CBR	Clasificación	Uso
2 a 5	Muy mala	Subrasante
5 a 8	Mala	Subrasante
8 a 20	Regular – Buena	Subrasante
20 a 30	Buena	Subrasante
30 a 60	Buena	Subbase
60 a 80	Muy buena	Subbase base
80 a 100	Excelente	Base

Nota: Clasificación de CBR y usos básicos.

Fuente: (Castro, 2013).

2.10. Pavimentos

Los pavimentos consisten en estratos horizontales, dispuestos técnicamente y contruidos con componentes apropiados y compactados de manera adecuada. Estas capas,

dispuestas sobre la superficie de la carretera tras un estudio del movimiento del suelo, deben ser capaces de resistir las fuerzas generadas por las cargas de tráfico repetidas durante el diseño de las estructuras pavimentadas (Montejo, 1998).

2.10.1. Clasificación de los pavimentos

Según Montejo (1998), la clasificación de los pavimentos se da a partir de varias consideraciones previas que se debe conocer, como es la clase de vía, la circulación, la forma del terreno, o algunas otras caracterizaciones.

2.10.1.1. Pavimento flexible

Este tipo de pavimentos se componen generalmente de capas de asfalto, las cuales típicamente se apoyan en dos capas más suaves, como la base y la subbase. No obstante, según las necesidades particulares de cada proyecto, cualquiera de estas capas puede ser excluida (Montejo, 1998).

2.10.1.2. Pavimento semi – rígido

Estos pavimentos tienen una estructura similar a la de un pavimento flexible, pero con una capa reforzada artificialmente mediante la adición de agentes como betún, emulsiones, cemento, cal o productos químicos. El propósito principal de estos aditivos es corregir o modificar características mecánicas de componentes que no son adecuados para usar en la superficie de pavimentación local. Esto se hace debido a que los materiales idóneos están lejos y su uso aumentaría los costos de construcción (Montejo, 1998).

2.10.1.3. Pavimento rígido

Estos pavimentos se definen por su uso de losas de concreto hidráulico, que pueden incluir refuerzos estructurales y se ubican directamente sobre la subrasante. Transmiten

fuerzas directamente al suelo, son autosuficientes y requieren un control preciso de la cantidad de concreto utilizada (Montejo, 1998).

2.10.2. Metodología AASHTO en el diseño de pavimentos flexibles

El Método AASHTO, en su edición de 1993, establece procedimientos para el diseño de secciones estructurales de pavimentos de carreteras, tanto flexibles como rígidas. En el caso de pavimentos flexibles, este método indica que las superficies de rodadura deben limitarse al asfalto y tratamientos superficiales, ya que la estructura debe soportar un tráfico intenso (más de 50,000 vehículos acumulando una carga equivalente a 8.2 toneladas). Después del diseño, se reserva espacio para áreas con menor tráfico, como senderos pavimentados o de grava (AASHTO, 1993).

2.10.2.1. Confiabilidad “R”

La aplicación del parámetro de confiabilidad "R" implica ciertos niveles de seguridad en la planificación de diseños, asegurando que las diversas opciones de elementos estructurales permanezcan operativas durante los períodos de diseño requeridos. AASHTO categoriza estos niveles de confiabilidad, detallados en la que se presentan a continuación (AASHTO, 1993).

Tabla 16. Nivel de generación para Confiabilidad “R”

Niveles de Confiabilidad	
Clasificación Funcional	Nivel recomendado por AASHTO
Carretera interestatal o autopista	80 a 99
Red principal o federal	75 a 95
Red secundaria o estatal	75 a 95
Red rural o local	50 a 80

Nota: Nivel de acuerdo con funcionalidad y recomendación por AASHTO.

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials 1993).

Asimismo, para calcular los valores de confiabilidad So se hace referencia a la tabla a continuación, (AASHTO, 1993).

Tabla 17. Nivel de servicio en So

Tipo de Construcción	Flexible 0.45 a 0.50	Rígido 0.35 a 0.40
Construcción nueva	0.45	0.35
Sobre capas	0.50	0.40

Nota: Generación niveles So y rangos.

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials 1993).

2.10.2.2. Pérdida o diferencia de los índices de servicio para inicial y terminal

Las funcionalidades de los pavimentos se definen según su adaptabilidad al tráfico vehicular. La mejor manera de evaluar esto es mediante los Índices de Servicio Actual (PSI). Los principios fundamentales de diseño se centran en los conceptos de operación y mantenimiento, permitiendo el diseño de pavimentos basados en los volúmenes de tráfico determinados y en el nivel mínimo de operatividad requerido al finalizar los ciclos de diseño (Montejo, 1998).

Para calcular los índices de serviciabilidad, la AASHTO propone distintos índices basados en el TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual), como se detalla en la tabla adjunta.

Tabla 18. Índices de servicio con relación al TPDA

Tipo de Camión	Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados		Índice de servicio inicial (PI)	Índice de servicio final (PT)
Caminos de bajo volumen de tráfico	TP1	150.001	300.000	4.10	2.00
	TP2	300.001	500.000	4.10	2.00
	TP3	500.001	750.000	4.10	2.00
	TP4	750.001	1.000.000	4.10	2.00

Nota: Límites de acuerdo con el TPDA generado en la vía.

Fuente: (AASHTO, 1993).

Para encontrar la variación de cálculo se aplica la resta entre las siguientes variables a considerar:

$$\Delta PSI = PSI \text{ inicial} - PSI \text{ final}$$

Donde:

ΔPSI = Índice de serviciabilidad

2.10.2.3. Módulo resiliente en suelo

Los módulos resilientes son fundamentales para calcular las composiciones de los suelos base, es decir, la base sobre la cual se construirá la carretera. Estos datos son cruciales para considerar el tipo de subrasante sobre la cual se colocará el revestimiento, permitiendo estimar los espesores de la capa superior. El método de diseño de pavimentos flexibles de AASHTO 93 establece relaciones entre el módulo resiliente "Mr" y el CBR (California Bearing Ratio), aunque en varios países, como el nuestro, no se dispone del equipo necesario para determinar el módulo de elasticidad (AASHTO, 1993).

- **Caso 1**

Mr (PSI) = 1500*CBR para CBR < 10% (AASHTO, 1993).

- **Caso 2**

Mr (PSI) = 3000xCBR^{0,65} para los CBR de 7,2% a 20% (AASHTO, 1993).

- **Caso 3**

Mr (PSI) = 4326xlnCBR + 241 (Uso para los suelos que son granulares ASSHTO, 1993).

2.10.2.4. Número estructural

Con este enfoque, se asigna a cada capa del pavimento un coeficiente crucial para el diseño de pavimentos flexibles. Estos factores permiten convertir los espesores físicos en Números Estructurales (SN), cada uno representando la capacidad relativa de los materiales para formar parte de la estructura del pavimento. Este método proporciona tres categorías

de coeficientes según el tipo y las características de cada capa considerada, como las capas asfálticas, la base y la subbase. Estos coeficientes se determinan mediante la ecuación siguiente (AASHTO, 1993):

$$SN = a_1 h_1 + a_2 m_2 h_2 + a_3 m_3 h_3$$

Donde:

a1, a2, a3: Número estructural por cada capa.

h1, h2, h3: Alturas que se proyecta por capa asfáltica.

m2, m3: Coeficiente de drenaje.

2.10.2.4.1. Módulo resiliente para la capa asfáltica (a1)

Las mezclas asfálticas se definen mediante sus módulos resilientes, que varían según las temperaturas y las frecuencias de carga. Para calcular el número estructural, se utilizan las fórmulas descritas en AASHTO (1993).

Para la obtención de frecuencias utilizaremos:

$$f = \frac{v}{2\pi}$$

Donde:

f: Frecuencia de las cargas aplicadas (Hz).

v: Velocidad de movimiento vehicular (km/h).

Para el cálculo de las distintas variaciones de temperatura que podemos encontrar aplicaremos la fórmula:

$$T_s = (-0.0093 \cdot T_a^2 + 1.569 \cdot T_a - 1.578)(-0.084 \cdot \ln h_s + 1.55)$$

Donde:

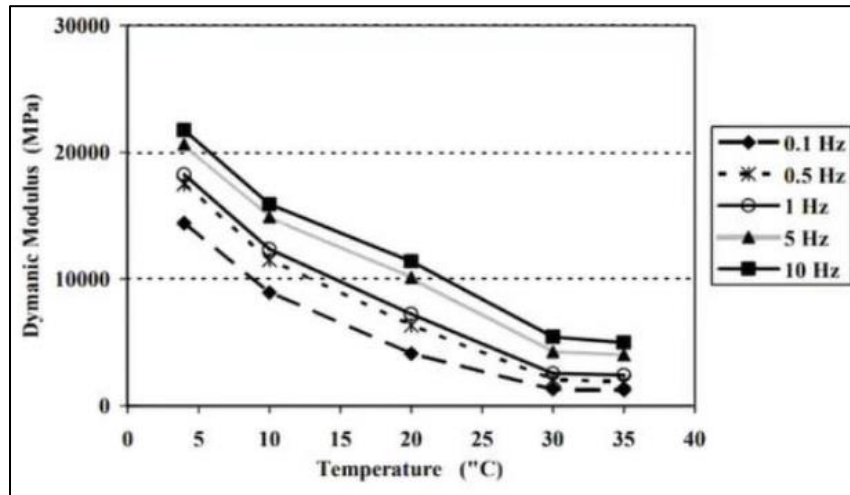
Ts: Temperaturas efectivas (°C).

Ta: Temperaturas naturales, es decir ambientales de la zona (°C).

hs: Espesor en la capa asfáltica aplicada en la vía (mm).

A través de la determinación de estos valores tanto temperaturas como frecuencias, se procede con la evaluación, de cada capa asfáltica en gráfica que se presenta a continuación buscando que la misma trabaje de manera no forzada:

Figura 35. Determinación de módulo de resiliente por capa asfáltica



Nota: Rangos de módulo resiliente de acuerdo con frecuencia y temperatura.

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

Con la obtención del módulo de resiliencia, procedemos con la obtención del número estructural de la primera capa en la representación esta será la capa a1 a partir de la siguiente fórmula:

$$a_1 = 0.184 \cdot \ln(Mr) - 1.9547$$

Donde:

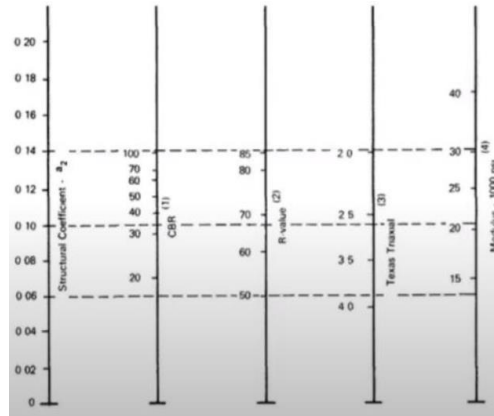
a1: Número estructural de la capa asfáltica.

Mr: Módulo de resiliencia.

2.10.2.4.2. Módulo resiliente para la capa base (a2)

La MOP recomienda emplear un valor mínimo del CBR del 40% para el cálculo de los módulos resilientes de las subbases, utilizando el gráfico representado en la siguiente figura como una herramienta para estimar estos valores (MOP, 2002).

Figura 36. Determinación de número estructural para base



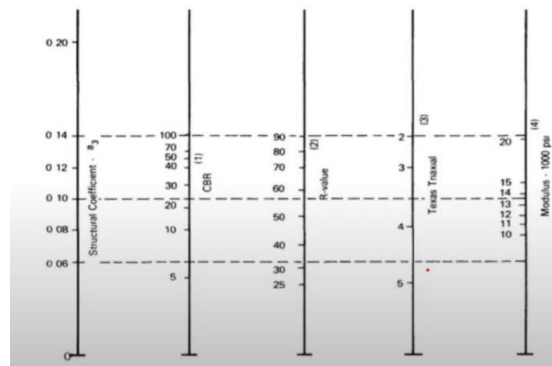
Nota: Rango para número estructural de la base.

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

2.10.2.4.3. Módulo resiliente para la capa de subbase (a3)

De manera similar a los cálculos para la capa base, en la subbase también se adopta el enfoque establecido por MOP. Esta normativa sugiere utilizar un CBR mínimo o igual al 40 %, y se apoya en el diagrama representado en la figura a continuación (MOP, 2002).

Figura 37. Determinación de número estructural para subbase



Nota: Rango para número estructural de la subbase.

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

2.10.2.5. Características de drenaje en carretera

Más allá de la relevancia del drenaje en el diseño vial, los métodos actuales de pavimentación a menudo incorporan subrasantes con baja permeabilidad, lo que complica su drenaje. Este enfoque otorga flexibilidad para definir el nivel de eficiencia en el drenaje que se debe alcanzar bajo un conjunto específico de condiciones (Montejo, 1998).

Los valores recomendados por AASHTO se alinean con los estándares de drenaje y la durabilidad esperada de los pavimentos expuestos a niveles de humedad cercanos a la saturación durante períodos de años específicos (AASHTO, 1993).

Tabla 19. Calidad de drenaje de acuerdo con la humedad

Calidad de drenaje	Porcentaje del tiempo de exposición de la estructura pavimentaría con la humedad cercana a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Aceptable	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
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Nota: Rangos de aproximación para saturación de calidad de drenaje.

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials 1993).

2.10.2.6. Diseño estructural del pavimento

Estos métodos de diseño son adecuados para carreteras con un tráfico que excede los 0.05 millones de ejes equivalentes de 8.2 toneladas. La fórmula empleada para el diseño correspondiente de pavimentos flexibles se expresa de la siguiente manera (AASHTO, 1993):

$$\text{Log}W_{18} = ZR \cdot S_o + 9.36\text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}\left(\frac{\Delta PSI}{2.2 - 1.5}\right)}{0.40\left(\frac{1.094}{(SN + 1)^{5.19}}\right)} + 2.32 \text{Log} Mr - 8.07$$

Donde:

W18: Número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas.

ZR: Desviación estándar.

So: Error estándar entre la predicción de tráfico y el comportamiento vehicular.

ΔPSI: Diferencia entre los niveles de serviciabilidad.

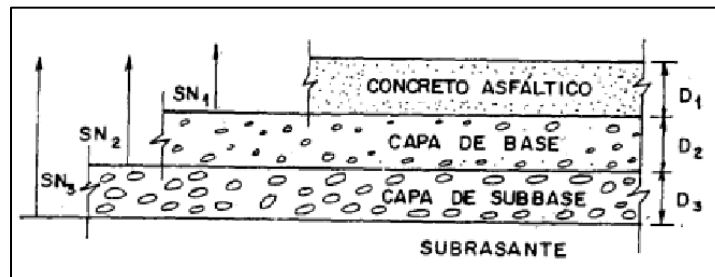
Mr: Módulo resiliente.

SN: Número estructural

2.10.2.6.1. Análisis de diseño total por capas

Si consideramos los pavimentos como sistemas de múltiples capas, la disposición adecuada de los distintos espesores debe seguir los principios presentados en la figura a continuación (Montejo, 1998).

Figura 38. Composición de un pavimento



Nota: Detalle por capas de la composición del pavimento.

Fuente: (Montejo, 1998).

Inicialmente, se debe calcular el Valor de Soporte del Nevado (SN) necesario para las subrasantes. Asimismo, se determinan los valores requeridos de SN para las subcapas y las capas base, utilizando los valores de resistencia correspondientes en cada situación. Se establecen los espesores máximos permitidos para cada capa considerando la discrepancia

entre el SN calculado para cada capa según las necesidades, asegurando que cumplan con las condiciones planteadas (Montejo, 1998).

Se presenta de acuerdo con las siguientes condiciones a evaluar:

- **Condición 1**

$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN_1 = a_1 D_1 \geq SN_1$$

- **Condición 2**

$$D_2 \geq \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 m_2}$$

$$SN_1 + SN_2 = SN_2$$

- **Condición 3**

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN_1 + SN_2)}{a_3 m_3}$$

2.10.2.6.2. Cálculo del mejoramiento en suelos de baja consistencia

Los suelos de baja calidad son muy comunes en el proceso de pavimentación de vías, generalmente este tipo de suelos poseen o están en un rango en el cual el CBR es menor al 6%, es por eso por lo que se presentan soluciones como la colocación de material de mejoramiento, para mejorar las condiciones viales y presentar tanto comodidad como seguridad para los circulantes de la vía (Valcárcel, 2020).

Para encontrar la cantidad del material necesario se emplea la ecuación:

$$E = \frac{\Delta SN}{a_i \cdot m_i}$$

Donde:

ΔSN : Diferencia de número estructural (-).

E: Espesor de complemento (cm).

a_i : Coeficiente de tipo estructural de material complementario (cm).

m_i : Coeficiente para drenaje de nuevo material (-).

La diferencia algebraica que se calcula se produce a partir de una resta entre los números de tipo estructural del CBR que se obtiene como resultado del estudio en el terreno y el CBR que se quiere lograr con la aplicación del mejoramiento, recordamos que el mínimo de los CBR's que se puede usar es el 6% (MTC, 2014).

$$\Delta SN = \Delta SN_E - \Delta SN_M$$

Donde:

ΔSN_E : Número estructural de acuerdo con el CBR encontrado.

ΔSN_M : Número estructural de acuerdo con el CBR de mejora (6%).

Se emplea la fórmula siguiente para calcular el coeficiente estructural a_i que se relaciona con la capa de mejora en la carpeta.

$$a_i = 0.95 \cdot a_3$$

Donde:

a_i : Coeficiente estructural del nuevo material (cm).

a_3 : Coeficiente estructural tomado de la capa inferior o subbase.

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA

3.1. Materiales y equipos

Para la generación del proyecto fue necesario la utilización de varios materiales y equipos, los cuales se mencionarán a continuación, cada uno de los mismos fue necesario para la generación de material de apoyo o para la recolección de información.

3.1.1. Radios de comunicación

Los radios de comunicación (intercomunicadores) están diseñadas para facilitar las tareas de campo especialmente en levantamientos topográficos que según las características del dispositivo puede llegar a tener un radio de 3 km, debido a la distancia entre la base y el móvil esto facilita la comunicación entre el personal.

Figura 39. Radios de comunicación



Nota: Visualización de radios de comunicación (UPS).

Fuente: Autores.

3.1.2. Medición en tiempo real (RTK)

Para realizar el levantamiento topográfico, se utilizó en RTK, el cual nos permite realizar todo mediante satélite. Para el método del RTK de medición GPS, este requiere de dos sistemas receptores GPS simultáneos. Para aplicar el método de GPS requiere de una precisión de posición superior a 100 metros. El sistema GPS de doble receptor, un subsistema receptor está diseñado como una estación base y el otro como una móvil. La base generalmente está en una ubicación conocida, p. latitud, longitud, elevación o este, cuando el sistema base este operativo, recopila datos sin procesar de los satélites disponibles.

Figura 40. Planteo del RTK



Nota: Composición de la base del RTK, material proporcionado.

Fuente: Autores.

3.1.3. Flexómetro

El flexómetro facilitó la medición en superficies pequeñas ya que este, tiene una longitud de 5 metros, y por su tamaño es muy fácil el manipular y determinar las longitudes importantes para el estudio de este proyecto.

3.1.4. Cinta métrica

Además, se utilizó una cinta métrica de 30 metros, la cual facilitó para determinar longitudes en gran proporción como abscisado, ancho de calzada o distancia entre alcantarillas.

3.1.5. Computador

Se utilizó una computadora, ya que mediante este dispositivo se pudo extraer los datos del RTK y realizar los cálculos con los que se desarrollara el proyecto como diseño de pavimentos, cálculo de factores del TPDA, etc.

3.2. Recolección de datos

Para realizar el proceso en cuestión fue necesario un reconocimiento del campo a estudiar para determinar posibles problemas que se pueden presentar dificultades durante el levantamiento topográfico.

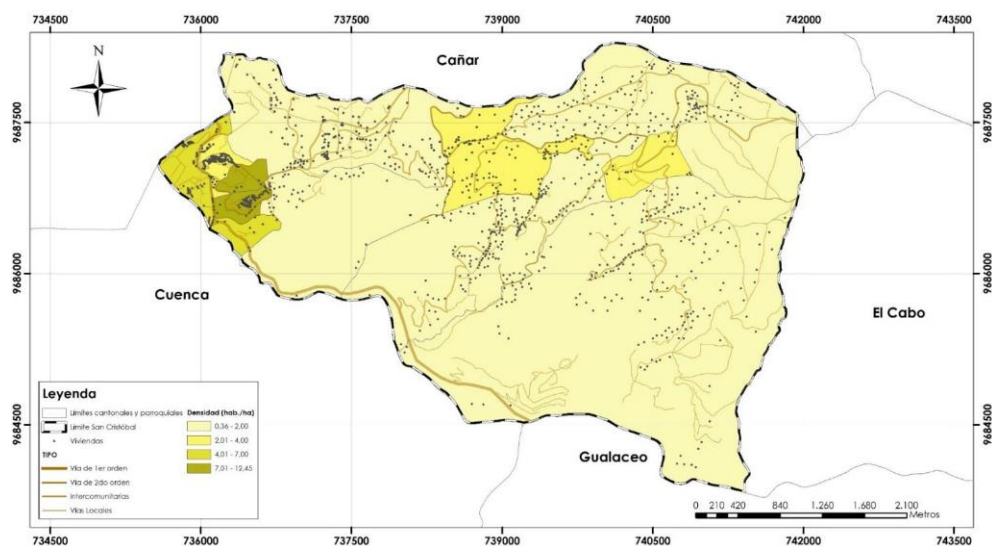
3.2.1. Análisis de información

En este punto se puede revisar los datos ya recopilados y llevar un control verificando su precisión y consistencia, se eliminan puntos erróneos o innecesarios, con la ayuda del software CIVIL 3D, e insertando los datos, se puede generar y verificar que el terreno de estudio este referenciado de la mejor manera.

3.2.2. Composición parroquial

La vía está ubicada en la parroquia de San Cristóbal en el cantón paute perteneciente a la provincia del Azuay, cuenta con una longitud de 2.900 metros la capa de rodadura es de lastre. A continuación, podemos observar el reparto zonal de población.

Figura 41. Reparto de población en la parroquia



Nota: Población repartida a nivel parroquial.

Fuente: (INEC, 2010).

A continuación, se presentan las coordenadas del proyecto, en donde se muestra el punto de inicio en la parroquia San Cristóbal, hasta el parte final en la vía de Malima.

Tabla 20. Coordenadas inicio y fin proyecto

	Coordenada Norte (metros)	Coordenadas Este (metros)	Elevación (m.s.n.m.)
Coordenadas iniciales	9687208.45	740577.945	2823.605
Coordenadas finales	9688305.72	747574.613	2225.232

Nota: Visual de coordenadas de entrada y salida del proyecto.

Fuente: Autores.

3.2.3. Determinación del flujo vehicular

Para conocer la determinación del flujo vehicular es necesario conocer también la ubicación que se le dará a las estaciones de conteo y donde se ubicarán las mismas.

3.2.3.1. Estaciones de conteo

Para la evaluación el tránsito en la zona de estudio, se ubicó dos estaciones de conteo, una de entrada y otra de salida las cuales darán a conocer los vehículos que transitan por la vía hacia la ciudad de Paute, como se muestra a continuación:

Figura 42. Estaciones de conteo



Nota: Ubicación de dos estaciones E1 y E3 que van con relación a la circulación vial.

Fuente: (Google Earth, 2023).

Intersección 1 (E1): Esta intersección nos dará datos de los vehículos que circulan hacia la ciudad de Paute.

Intersección 3 (E3): Esta intersección nos dará datos de los vehículos que salen de la ciudad de Paute.

3.2.3.2. Análisis de Estudio del Tráfico

Partiendo desde el conteo vehicular, con el objetivo de determinar qué tipo de tráfico existe en la vía, para que el pavimento que se aplique en un proceso posterior no sufra cargas extras a la ya encontradas.

Seguidamente el cálculo del tráfico promedio diario anual (TPDA), el cual se basa en la idea de conocer un límite máximo de vehículos que transiten por la vía, además que estos datos servirán para proyectar a futuro y cubrir las necesidades que se tengan con el paso del tiempo.

El desarrollo vehicular sobre la vía deriva en el análisis conocido como ESALS, o mejor conocido como ejes equivalentes, los cuales conforman los vehículos de cualquier tamaño, se conoce que un eje estándar está conformado por ejes sencillos y dos ruedas que se encontrarán en cada extremo.

Figura 43. Modelo de conteo vehicular

INTERSECCION: Vía San Cristóbal		ENCUESTADOR: Patricio Mora/ Edgar Taipe							
ESTACION:		E2 : I 1							
PERIODO HORAS	PERIODO 15 MIN	HACIA LA IZQUIERDA.....							
		LIVIANO S	BU S	CAMIONES			Motos	Bicis	Peatone
				2 EJES	3 EJES	TRAILER			
00H00-01H00	0-15								
	15-30								
	30-45								
	45-60								
01H00-02H00	0-15								
	15-30								
	30-45								
	45-60								

Nota: Modelo de conteo de acuerdo con circulación por cuartos de hora.

Fuente: Autores.

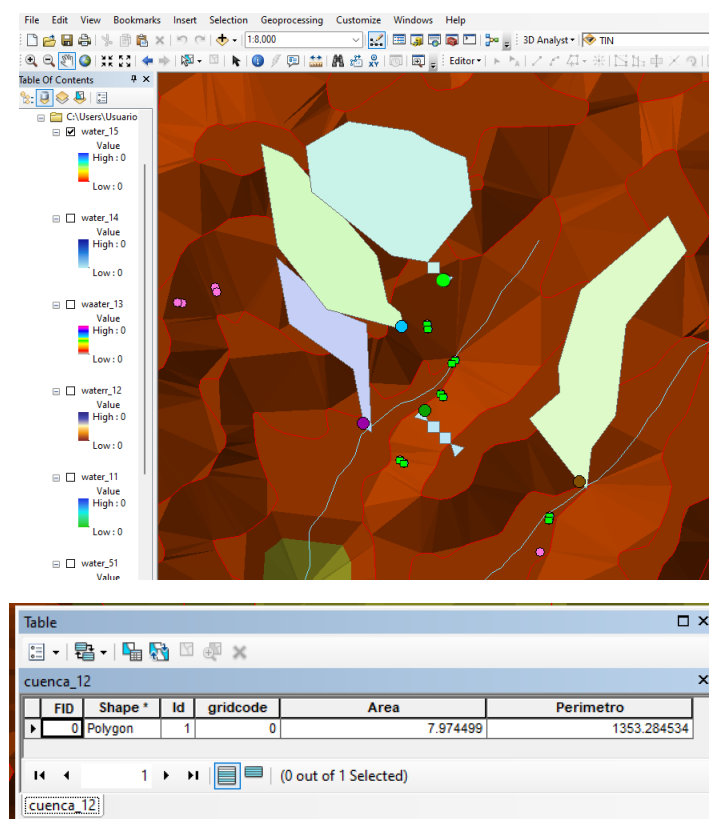
3.2.4. Diseño de pavimento

Después de cada uno de los procesos detallados anteriormente, y obteniendo el valor del ESALS se procede con el diseño de pavimento, el pavimento a usar puede depender de varias características, pero siempre queda a decisión del diseñador escoger el mejor pavimento para que se pueda explotar las características de este.

3.2.5. Análisis hidráulico de alcantarillas

Se realizó la evaluación del alcantarillado utilizando datos existentes y la evaluación en campo. Mediante el software llamado ArcGIS se determinó la cuenca y área de estudio.

Figura 44. ArcGIS para evaluación de alcantarillas



Nota: Programa ArcGIS para evaluaciones hidrológicas.

Fuente: Autores.

Se realizó las respectivas evaluaciones en campo pudiendo identificar el diámetro de las alcantarillas y el estado en el que se encuentra.

Figura 45. Recopilación de datos hidráulicos



Nota: Medición de obras hidráulicas que se encuentran en la vía.

Fuente: Autores.

Se determino el área y el diámetro, según los cálculos utilizando las relaciones hidráulicas con su respectiva relación Y/D que la norma indica que no debe ser superior al 0.80% y se pudo determinar que las alcantarillas a lo largo de la vía están en buen estado y con la estructura correcta para el proyecto planteado ya que el de nuestra alcantarilla es de 0.50% promedio.

3.2.6. Definición y evaluación final

Al terminar el diseño tanto geométrico como de pavimento, se procederá a realizar una revisión de cada uno de los ejes, para lograr que el proyecto tenga viabilidad y no genere problemas secundarios o se produzca una inflación de presupuesto innecesaria.

CAPÍTULO 4

4. CÁLCULOS

4.1. Desarrollo de información recopilada

A partir de un reconocimiento y recorrido por la vía, se pudo conocer ciertos parámetros que se necesita de cálculo para realizar tanto el análisis geométrico como el

análisis para el pavimento que se diseñó, para ser aplicado en la vía de San Cristóbal-Malima.

4.1.1. Conteo vehicular de la vía

El proceso de conteo vehicular se realizó en dos estaciones base a dos estaciones de conteo la primera que se encuentra ubicada cerca de la escuela Pio Bravo de la Parroquia San Cristóbal, conocida como estación 1 (E1) la cual será de entrada y estación 3 (E3) la cual será de subida, desde estos dos puntos de conteo se procede al conteo vehicular además de la clasificación de vehículos de acuerdo a las normas ya establecidas, para el conteo se toma en consideración una semana en donde la contabilización se de las 24 horas, hasta obtener resultados de circulación total, para poder realizar el TPDA.

Mencionaremos que se realizó un segundo conteo, para corroborar la información ya encontrada, pero el segundo conteo fue menor por lo tanto se procede con el mayor de los dos y por supuesto se presenta el resumen total por día en la tabla a continuación:

Tabla 21. Resumen vehicular

Resumen de Conteo Vehicular Semanal							
	14/11/23	15/11/23	16/11/23	17/11/23	18/11/23	19/11/23	20/11/23
Livianos	186	224	221	209	209	291	217
Buses	16	17	14	14	8	11	14
C-2D	14	20	14	2	21	4	15
C-2DB	0	0	0	3	0	1	1
C-3A	0	0	0	0	0	1	0
C-4C	0	0	0	0	0	0	0
F2DB	0	0	0	0	0	0	0
Motos	38	46	32	37	21	48	24
TOTAL	254	307	281	265	259	356	271

Nota: Conteo vehicular de la semana del 14 de noviembre al 20 de noviembre de 2023.

Fuente: Autores.

Para conocer la repartición vehicular en cuartos de hora se detalla en los anexos continuos, la clase y vehículos circulantes por la vía, y las características que se evaluó para

contabilizar los mismos, el domingo 19 de noviembre fue el día que más vehículos se registró por lo tanto será el valor que usemos para los cálculos correspondientes al Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) y en la tabla continua se presenta el resumen de este día.

Tabla 22. Resumen día de más afluencia

RESUMEN DE CIRCULACIÓN (Vehículos 00H00 - 24H00)						
VÍA: Vía San Cristóbal - Malima						
Domingo, 19 de noviembre de 2023						
		INTERSECCION: I1				
O	D	S1	S2	S3	S4	Total
	E1	160	0	0	0	160
	E2	0	0	0	0	0
	E3	0	0	196	0	196
	E4	0	0	0	0	0
		160	0	196	0	356

Nota: Detalle de automotores de estación E1 y E3.

Fuente: Autores.

4.1.1.1. Cálculo de factor horario

La relación del factor horario se vincula con la medida de un día completo compuesto por 24 horas, de ahí que, al realizarse el conteo en este período, el factor horario se establece en 1.

$$Fh = \frac{24}{24} = 1$$

4.1.1.2. Cálculo de factor diario

Dado que se efectuó el conteo durante un lapso de 7 días y el factor diario representa la proporción de días contados en relación con la semana, el factor diario se establece en 1.

$$Fd = \frac{7}{7} = 1$$

4.1.1.3. Cálculo del factor semanal

Este valor se fundamenta en la cantidad de semanas presentes en un mes determinado y en el mes específico que se está contabilizando, considerando esta medida en el caso de años no bisiestos, de ser necesario, en esta situación usamos el mes de noviembre que cuenta con 30 días, se realiza un resumen en la tabla a continuación:

Tabla 23. Cálculo de factor semanal

MES	No DIAS	No SEMANAS	Fs
Enero	31	4.428571429	1.107142857
Febrero	28	4	1
Marzo	31	4.428571429	1.107142857
Abril	30	4.285714286	1.071428571
Mayo	31	4.428571429	1.107142857
Junio	30	4.285714286	1.071428571
Julio	31	4.428571429	1.107142857
Agosto	31	4.428571429	1.107142857
Septiembre	30	4.285714286	1.071428571
Octubre	31	4.428571429	1.107142857
Noviembre	30	4.285714286	1.071428571
Diciembre	31	4.428571429	1.107142857
Total	365		

Nota: Cálculo de (Fs) para el año 2023.

Fuente: Autores.

$$Fs = 1.071428571$$

4.1.1.4. Cálculo del factor mensual

El factor mensual se presenta en relación con el consumo de combustibles que por provincia en donde se realiza el estudio de tráfico, el consumo de combustibles del año usado se hace en relación con proyecciones de datos históricos puesto que generalmente estos datos no están tan actualizados, se presenta en la tabla a continuación la proyección realizada.

Tabla 24. Consumo de combustibles año 2022 en el Azuay

Consumo de Combustibles en el Azuay 2022					
	Extra	Súper	Diesel Premium	Suma	Factor Mensual
Enero	5 041 034	426 907	3 821 603	9 289 543	1.05959165
Febrero	4 880 836	433 298	3 541 383	8 855 516	1.11152441
Marzo	5 355 979	453 869	3 841 103	9 650 951	1.01991221
Abril	5 032 952	413 959	3 736 007	9 182 917	1.07189493
Mayo	5 078 272	399 376	4 163 812	9 641 460	1.0209162
Junio	5 196 709	387 913	4 223 877	9 808 499	1.00352997
Julio	5 547 513	419 991	4 503 173	10 470 677	0.94006554
Agosto	5 452 805	428 022	4 448 420	10 329 247	0.9529371
Septiembre	5 349 559	389 638	4 417 146	10 156 342	0.96916018
Octubre	5 258 978	392 703	4 126 129	9 777 810	1.00667969
Noviembre	5 417 543	396 626	4 330 418	10 144 587	0.97028324
Diciembre	5 907 968	444 561	4 457 393	10 809 921	0.91056375
	63 520 145	4 986 862	49 610 461	118 117 467	
			Promedio	9 843 122	

Nota: Desglose de valores mensuales en consumo en la provincia del Azuay.

Fuente: (Recursos y Energía, 2022).

Para definir el dato del factor mensual lo determinaremos de acuerdo con el mes en el cual hicimos el estudio, el mismo será el mes de noviembre, por lo tanto, el factor será igual a:

$$Fm = 0.97028324$$

4.1.2. Cálculo de TPDA

Conociendo cada uno de los factores que intervienen en el cálculo del TPDA se procede con el reemplazo de datos y se obtiene la siguiente información.

$$TPDA = T_o \cdot Fh \cdot Fd \cdot Fs \cdot Fm$$

$$TPDA_{2024} = T_o \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,0714 \cdot 0,97028$$

$$TPDA_{2024} = T_o \cdot 1.1047668$$

A partir del dato que se calcula se distribuye un rango y se presenta un resumen de tráfico el cual se observa en la siguiente tabla:

Tabla 25. Resumen de tráfico

Resumen de Tráfico Observado					
Vía: San Cristóbal - Malima					
Domingo, 19 de noviembre de 2023			Intersección: E1		
	E1	E2	E3	E4	Suma
L	129	0	162	0	291
B	2	0	9	0	11
2E	2	0	2	0	4
3E	0	0	1	0	1
4E – 6E	1	0	0	0	1
Total	134	0	174	0	308

Nota: Nuevos índices de circulación a partir del resumen.

Fuente: Autores.

El cual con el factor ya encontrado del TPDA, se procede a realizar un ajuste que nos ayudará con la obtención de los nuevos valores que ya se encuentran proyectados a futuro y se presentan a continuación:

Tabla 26. Corrección de tráfico

Corrección de Tráfico Observado					
	E1	E2	E3	E4	Suma
L	134	0	168	0	302
B	2	0	9	0	11
2E	2	0	2	0	4
3E	0	0	1	0	1
4E – 6E	1	0	0	0	1
Total	139	0	180	0	319

Nota: Presencia de crecimiento vehicular a partir del factor de corrección.

Fuente: Autores.

4.1.3. Cálculo del tráfico futuro

Para analizar la relación entre vehículos livianos, se empleará un modelo logístico basado en la conexión de motorizaciones (Tm), las cuales indican la proporción de automóviles por cada mil habitantes de la parroquia en un año específico (k). La tarea consistirá en identificar las series históricas de Tm en función de las tasas de saturaciones

(Ts). Se destaca que Tm se mantiene constante, lo que implica que, al aumentar la población, se incrementará el número de vehículos livianos, pero las motorizaciones permanecerán invariables. Los valores de Ts que se obtengan determinarán los coeficientes de regresión, representando así los máximos valores que mejor se ajustan a la mencionada ecuación (MTOP, 2003).

$$T_m = \frac{T_s}{1 + e^{a+bt}}$$

Donde:

Tm: Se refiere a la tasa de motorización para un año k, expresada en vehículos por cada 1000 habitantes.

Ts: Representa la tasa de saturación, medida en vehículos por cada 1000 habitantes.

e: Simboliza la base del logaritmo natural.

a y b: Son constantes cuyos valores deben ser determinados.

t: Representa el tiempo en el análisis.

Debido a que esta ecuación involucra tres variables, es posible simplificarla a una forma lineal mediante la aplicación de la regresión adecuada, según lo señalado por MTOP en 2003.

$$(a + bt) = \ln\left(\frac{T_s}{T_m} - 1\right)$$

Dado que Ts y Tm presentan coincidencias y son datos anuales, la estructura de esta función adopta la forma de una línea recta. Existe un enfoque que permite aplicar la regresión lineal para determinar el valor de 'a' como la ordenada inicial y 'b' como la pendiente en este contexto (MTOP, 2003).

$$y = a + bt$$

$$y = 3.904 - 0.122t$$

A partir del ajuste de curvas y el cálculo de tamaño de muestra (Tm) ajustado se encuentra el calor del parque automotor de acuerdo con el año (k), usando valores de información de habitantes en Paute, además de referencias históricas vehiculares, y donde se proyectará hasta el año 2043, donde se usará referencias cada 5 años, que se resume en la siguiente ecuación (MTOP, 2003).

$$\sqrt[n]{\frac{TF}{TA}} - 1 = i$$

Donde:

TF: Tráfico para futuro para un año n+5.

TA: Tráfico de circulación para un año n.

n: Valoración de años transcurridos entre rango de TA y TF (n+5-n=5).

i: Referencia de crecimiento (5 años).

En la siguiente tabla se expone un crecimiento porcentual, que relaciona el crecimiento poblacional con el crecimiento automotor con el paso de los años que se expone en la tabla a continuación (MTOP, 2003):

Tabla 27. Tasa de crecimiento vehicular

Periodo	Tasas de Crecimiento Vehicular		
	Livianos	Buses	Camiones
2024-2029	0.93%	0.39%	0.39%
2029-2034	0.69%	0.39%	0.39%
2034-2039	0.54%	0.38%	0.38%
2039-2044	0.46%	0.37%	0.37%

Nota: Avance porcentual en motorizados.

Fuente: Autores.

A partir del cálculo hecho anteriormente se procede con el detalla de los TPDA que se proyectan a futuro, con el detalle de correcciones de tráfico y evaluando al parque

automotor que pertenece a la zona, como la población que se encuentra en desarrollo, el punto de partida se toma desde el año de 2023 hasta el año 2053.

Tabla 28. Resumen de tráfico futuro

		Proyección de Tráfico Futuro						
Est	Vehículos	TPDA 2024	TPDA 2029	TPDA 2034	TPDA 2039	TPDA 2044	TPDA 2049	TPDA 2054
E1	L	136	142	147	151	155	155	155
	B	2	2	2	2	2	2	2
	E2	2	2	2	2	2	2	2
	E3	0	0	0	0	0	0	0
	E4 - E6	1	1	1	1	1	1	1
	Total	141	147	152	157	160	160	160
E2	L	0	0	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0	0	0
	E2	0	0	0	0	0	0	0
	E3	0	0	0	0	0	0	0
	E4 - E6	0	0	0	0	0	0	0
	Total	0	0	0	0	0	0	0
E3	L	170	178	185	190	194	199	203
	B	9	10	10	10	10	10	11
	E2	2	2	2	2	2	2	2
	E3	1	1	1	1	1	1	1
	E4 - E6	0	0	0	0	0	0	0
	Total	182	191	198	203	208	212	217
E4	L	0	0	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0	0	0
	E2	0	0	0	0	0	0	0
	E3	0	0	0	0	0	0	0
	E4 - E6	0	0	0	0	0	0	0
	Total	0	0	0	0	0	0	0
Total	L	306	321	332	341	349	353	358
	B	11	12	12	12	12	13	13
	E2	4	4	4	4	5	5	5
	E3	1	1	1	1	1	1	1
	E4 - E6	1	1	1	1	1	1	1
	Total	323	339	350	359	368	373	378

Nota: Desglose de tráfico por estaciones y tipos de automotores circulantes.

Fuente: Autores.

4.1.4. Cálculo de número de ejes equivalentes (ESALS)

En los cálculos de tránsito, el procedimiento actual estima la equivalencia a 18,000 libras (aproximadamente 8.2 toneladas) de ejes individuales acumulados durante la etapa de diseño, la ecuación del W18 se utiliza para calcular el tránsito para el carril de diseño, esta ecuación es:

$$W_{18} = DD \cdot DL \cdot W18$$

Donde:

W18: Se refiere al tránsito acumulado en el primer año, expresado en ejes equivalentes individuales de 8.2 toneladas en el carril de diseño.

DD: Es el factor de distribución direccional, recomendándose un 50% para la mayoría de las carreteras, con posibilidad de variar entre 0.3 y 0.7.

W18: Indica los ejes equivalentes acumulados en ambas direcciones.

DL: Es el factor de distribución por carril, aplicable cuando existen dos o más carriles por sentido.

4.1.5. Diseño de pavimento flexible

Después de obtener la información de ESALS correspondiente al año proyectado de 2044, se procede a llevar a cabo el diseño del pavimento flexible utilizando el método AASHTO 93. El periodo de diseño para nuestro proyecto es de 20 años.

Tabla 29. Periodos de diseño recomendados por norma

Tipo de carretera	Periodo de diseño en años
Urbano de tránsito elevado	30 - 50
Rural de tránsito elevado	20 - 50
Pavimentada de baja intensidad de tránsito	15 - 25
De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava	10 - 20

Nota: Rangos de periodos para diseño de carreteras.

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

4.1.5.1. Datos de diseño de pavimento

Para el diseño de pavimento es necesario previamente realizar un estudio de suelo, en donde se detalle el CBR, el cual nos detalla los índices de calidad que presenta el suelo, por lo tanto, partiendo de este punto podemos definir si al momento de la aplicación del pavimento, se presenta la necesidad de aplicar una capa de mejoramiento o esta puede ir de manera directa, a continuación, se presenta en CBR con el que se planea trabajar.

Tabla 30. Rango de aproximación para capa de mejoramiento

CBR (%)	Espesor de mejora (cm)
<1%	Al menos 60
1%	55
2%	35
3%	25
4%	15

Nota: Rangos de mejoramiento para CBR con nivel bajo.

Fuente: Autores.

Conociendo datos concisos de la vía en la que se aplica el estudio, encontramos los siguientes datos que se resumen a continuación:

Tabla 31. Nivel porcentual de suelo

Estudio mediante CBR	%
Nivel encontrado	7
Aplicación	Directa al suelo

Nota: Resumen de resultados de ensayo CBR.

Fuente: Autores.

4.1.5.2. Estudio geométrico

La subrasante es el nivel en la carretera terminada posteriormente al movimiento de la base, sobre esta se coloca la estructura del pavimento y se caracteriza por el módulo resiliente (M_r).

El módulo resiliente se determina a partir de los resultados obtenidos en el CBR.

Tabla 32. Ensayo de laboratorio y determinación del CBR

Densidad máxima (Kg/m³)	CBR 95%
Calicata 1	10
Calicata 2	11.8
Calicata 3	7

Nota: Resumen de resultados de ensayo CBR.

Fuente: Autores.

Para el valor del CBR de la subrasante que es del 9% consideramos un suelo muy firme según la clasificación que especifica la AASHTO. La aplicación directa de la capa asfáltica, lo respectivos informes se detallan en el Anexo B.

Tenemos un CBR del 9% y procedemos al cálculo del M_r

4.1.5.3. Cálculo del módulo resiliente (M_r):

$$M_r = 1500 * CBR$$

$$M_r = 1500 \cdot 7$$

$$M_r = 10500 \text{ psi}$$

4.1.5.4. Selección de parámetro de confiabilidad

Para la selección de este parámetro partimos desde la clasificación de la vía, el nivel que esta tiene, encontrado a partir del flujo de tráfico, determinamos y seleccionamos de la siguiente tabla:

Tabla 33. Sugerencias de confiabilidad

Clasificación	Nivel de confiabilidad recomendado	
	Urbano	Rural
Autopistas interprovinciales	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias	80 – 99	75 – 95
Colectores	80 – 95	75 – 95
Vías locales	50 – 80	50 – 80

Nota: Rangos rurales y urbanos de confianza por día.

Fuente: (Montejo, 2022).

El nivel de confiabilidad escogido será del $R = 85\%$.

4.1.5.5. Desviación estándar de acuerdo con la confiabilidad

Se relaciona directamente con el nivel de confiabilidad escogido, que se evalúa en la tabla que se presenta:

Tabla 34. Desviación estándar (Zr)

Confiabilidad (%)	Desviación estándar (Zr)
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327

99.9	-3.090
99.99	-3.750

Nota: Selección de desviación estándar por confiabilidad.

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

La desviación estándar será de -1.037 que corresponde al 85% de confiabilidad.

4.1.5.6. Error combinado normal (So)

Este parámetro incluye valores que pueden variar, de acuerdo con ciertas propiedades externas como los materiales, el suelo, la calidad constructiva zonal, el tránsito circulante y el clima de la zona.

Tabla 35. Error combinado normal (So)

Pavimento Vial	Desviación Estándar So	
	Flexible 0.40 – 0.50	Rígido 0.30 – 0.40
Nueva construcción	0.45	0.35
Sobre capas	0.50	0.40

Nota: Selección de valor de error combinado.

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

$$So = 0.45$$

4.1.5.7. Nivel de servicio inicial

Representa el estado inicial de la vía, con la condición en la que se encuentra el pavimento y se lo selecciona a partir de:

Tabla 36. Servicio inicial (Po)

Nivel de servicio inicial (Po)	
Tipo de pavimento	Po
Concreto	4.5
Asfalto	4.2

Nota: Parámetro de acuerdo con el nivel de servicio.

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

El nivel de servicio que se escoge es el de asfalto vial el cual será de $P_o = 4.2$.

4.1.5.8. Servicio final (Pt)

Es el límite que se pretende generar, es decir al nivel en el cual el pavimento pretenda fallar de una manera normal.

Tabla 37. Servicio final (Pt)

Nivel de servicio final (Pt)	
Tipo de pavimento	Pt
Autopistas	2.5 - 3.0
Carreteras	2.0 - 2.5
Zonas Industriales	
Pavimento principal urbano	1.5 - 2.0
Pavimento secundario urbano	1.5 - 2.0

Nota: Parámetro de acuerdo con el nivel de serviciabilidad (Pt).

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

El nivel de servicio final elegido es de $P_t = 2.2$.

4.1.5.9. Índice de Serviciabilidad final (ΔP)

Representa la diferencia del nivel de Serviciabilidad inicial y el nivel de Serviciabilidad final.

$$\Delta P = P_o - P_t$$

$$\Delta P = 4.0 - 2.02$$

$$\Delta P = 1.98$$

4.1.5.10. Coeficiente ambiental y drenaje (mi)

Las características del material de subbase y base en el tiempo que se encuentra expuestas a estructuras de pavimento a la humedad y saturación, seleccionando el número de días promedio en la zona donde llueve y los 365 días del año.

Tabla 38. Calidad del drenaje

Calidad de Drenaje	
Excelente	1
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	mes
Muy malo	El agua no evacua

Nota: Parámetro de la calidad de ambiente y drenaje.

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

En la tabla que se presenta se exponen valores para el coeficiente de ambiente y drenaje (mi) para generar correcciones en los coeficientes estructurales de la base y subbase granular.

Tabla 39. Índices recomendados para coeficientes de ambiente y de drenaje (mi)

Características	Porcentaje de exposición a humedad hasta alcanzar la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mas de 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.3	1.30-1.20	1.2
Bueno	1.35 - 1.25	1.25-1.15	1.15-1.0	1
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.0-0.8	0.8
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.8-0.6	0.6
Muy malo	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.4	0.4

Nota: Parámetro recomendado del coeficiente ambiental y de drenaje (mi).

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

Dentro de la normativa INVIAS (2007), se menciona que los valores para la determinación del coeficiente de drenaje, comparando con la tabla 37 donde se exponía valores de la calidad de drenaje y los valores de la tabla 38 que recomienda el coeficiente ambiental y de drenaje.

Tabla 40. Coeficiente de drenaje de capas granulares (mi)

Categoría	Descripción	Índice de Thornthwite	mi
Árido	Muy pocas lluvias, alta evaporación	-100 a -61	1.15
Semi-árido	Pocas lluvias	-60 a -21	1.05
Subhúmedo	Lluvia moderada o lluvia fuertemente estacional	-20 a +19	1
Húmedo	Lluvia estacional calurosa moderada	+20 a +100	0.95
Superhúmedo	Lluvia con alta frecuencia o muchos días con superficie húmeda	Im > 100	0.85

Nota: Coeficiente de drenaje de capas granulares.

Fuente: (INVIAS, 2008).

El coeficiente de drenaje es de $mi = 1.00$

4.1.5.11. Coeficientes del pavimento

Según la tabla mostrada, se indica la ecuación de pavimentos flexible para poder obtener el valor de SN o número estructural, mediante la expresión que asocian el SN con las capas del proyecto, además se definen las variables que estarán dentro de la fórmula, estos son:

Las variables a_1 , a_2 y a_3 ; que hacen referencia al coeficiente estructural de las capas base y subbase del proyecto.

Las variables m_1 , m_2 y m_3 que hacen referencia a los coeficientes de drenaje por capas.

Las variables D_1 , D_2 y D_3 que nos indican el espesor de las capas inferiores base y subbase que las encontraremos en pulgadas.

Además, se presenta a continuación la evaluación del módulo de elasticidad, que se define con los siguientes rangos.

Tabla 41. Módulo de Elasticidad

Material	Módulo Elasticidad Mr (PSI)	a1	mi
Concreto asfáltico	400.000	0.42	1
Base piedra triturada	30.000	0.14	0.8
Subbase en grano	14.000	0.1	0.7
Subrasante	5.000	-	-

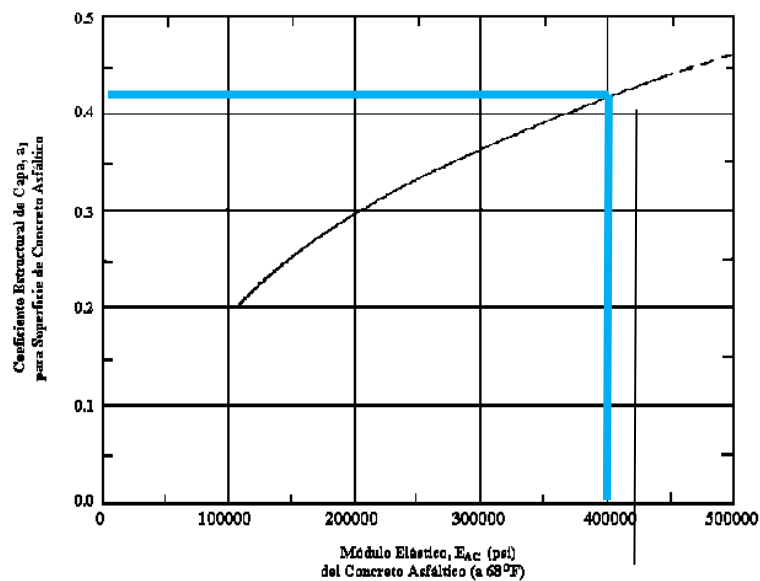
Nota: Rangos de factor elástico por tipo de material.

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

Por lo tanto, los valores de CBR = 400.000 PSI y $a_1 = 0.42$.

Además, se comprueba a partir del valor del ábaco que se presenta a continuación.

Figura 46. Ábaco para el numero estructural (a1)

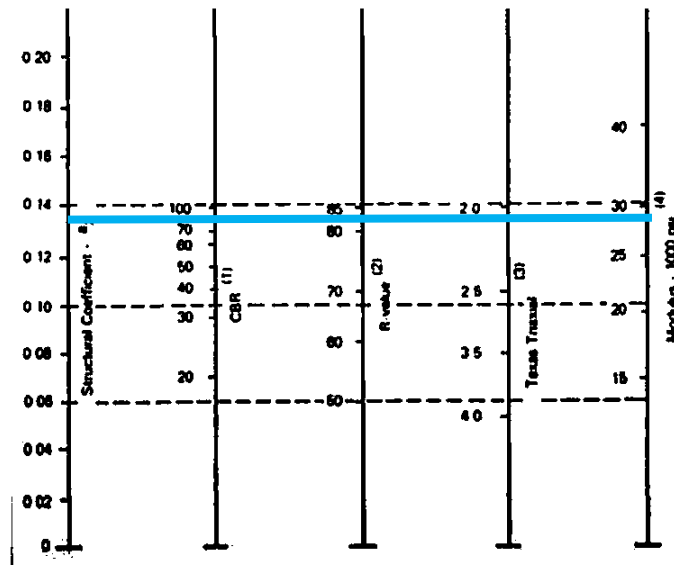


Nota: Valores considerados para la obtención del a_1 .

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

Para la determinación del coeficiente a_2 , en la cual se encuentra la capa base, usamos el ábaco a continuación, tomando en cuenta un 80% de CBR.

Figura 47. Ábaco para el numero estructural (a2)



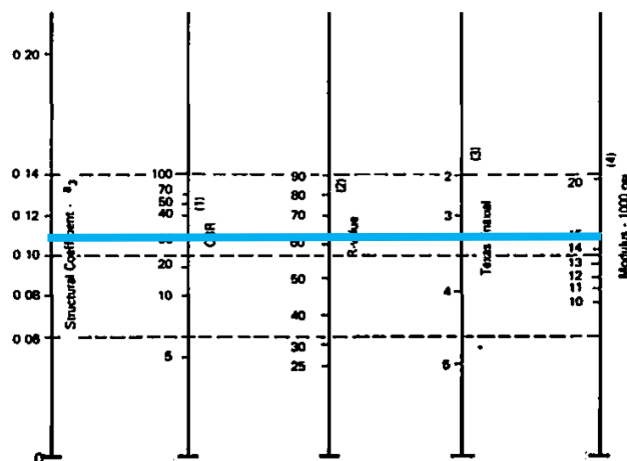
Nota: Valores considerados para la obtención del a2.

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

Determinando un valor de CBR = 80% y el valor estructural en $a_2 = 0.135$.

Y por último el valor estructural a_3 hace referencia a la subbase, y a partir de un CBR de 30% y se lo compara con valores del gráfico a continuación:

Figura 48. Ábaco para el numero estructural (a3)



Nota: Valores considerados para la obtención del a2.

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials 1993).

Determinando un valor de CBR = 30% y el valor estructural en $a_2 = 0.11$.

4.1.5.12. Espesor para pavimento

A partir de los datos conocidos se evalúa con norma AASHTO (1993), y se encuentran valores que no podrán ser menores a un rango dado, por lo tanto, se procede con los mínimos dados por norma.

Tabla 42. Rangos para espesor mínimo de asfalto y base

ESALS	Capa Asfáltica (in)	Base (in)
Menos de 50.000	1.0 o T.S.	4.0
50.001 – 150.000	2.0	4.0
150.001 – 500.000	2.5	4.0
500.001 – 2.000.000	3.0	6.0
2.000.001 – 7.000.000	3.5	6.0
Más de 7.000.000	4.0	6.0

Nota: Rangos de estudio de ESSALS, para capas de proyecto.

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials 1993).

4.1.5.13. Aplicación de fórmula para pavimento flexible

A través de la ecuación que se da en la norma AASHTO (1993), por fórmula.

$$\text{Log}W_{18} = ZR \cdot S_o + 9.36 \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \left(\frac{\Delta PSI}{2.2 - 1.5} \right)}{0.40 \left(\frac{1.094}{(SN + 1)^{5.19}} \right)} + 2.32 \text{Log} Mr - 8.07$$

Los valores utilizados en el cálculo se presentan en la tabla resumen:

Tabla 43. Resumen de datos para pavimento flexible

W18	300117
Zr	-1.037
So	0.45
Po	4
Pf	2.02
ΔPSI	1.98
Mr	10500

Nota: Datos obtenidos para el cálculo de SN.

Fuente: Autores.

Figura 49. Comprobación de aplicación de fórmula

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)
Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
85 % $Z_r = -1.037$ So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final
PSI inicial = 4.0 PSI final = 2.02

Módulo resiliente de la subrasante
Mr = 10500 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)
Módulo de rotura del concreto - S_c (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 = 300117**
 Calcular W18

Número Estructural
SN = 2.38

Observaciones

Calcular Salir

Nota: Se presentan resultados rápidos del diseño de pavimento.

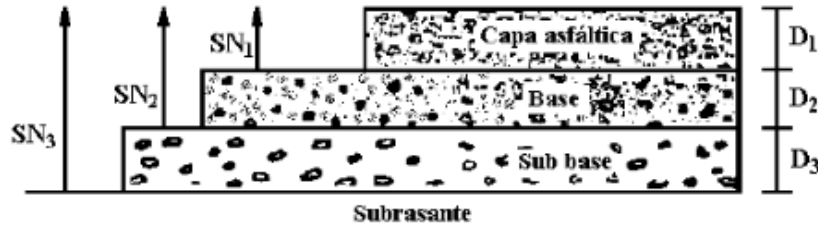
Fuente: Autores.

Después del cálculo y comprobación se obtiene un número estructural de $SN = 2.38$.

4.1.5.14. Comprobaciones por fórmulas y norma

Calculamos los valores estructurales específicos para cada capa con el fin de proporcionar protección contra las tensiones verticales que puedan excederse. En cuanto al grosor del pavimento, consultamos la tabla 32, que está correlacionada con los ESALS, considerando capas de asfalto de 2.5 pulgadas y base de 4 pulgadas respectivamente. Estos valores se someterán a verificación mediante las ecuaciones recomendadas por la AASHTO en 1993, detallados en el Anexo C.

Figura 50. Espesores por pavimento



Nota: Vista de secciones de capas para proyecto.

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

Se procede con los cálculos estructurales que se definen a continuación:

$$SN_1 = a_1 \cdot D_1 = 0.42 \cdot 3$$

$$SN_1 = 1.26$$

$$SN_2 = a_2 \cdot m_2 \cdot D_2 = 0.135 \cdot 1 \cdot 6$$

$$SN_2 = 0.81$$

$$SN_3 = a_3 \cdot m_3 \cdot D_3 = 0.11 \cdot 1 \cdot 6$$

$$SN_3 = 0.66$$

Donde:

$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

Condición 1 ∴ Cumple

$$D_2 \geq \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 \cdot m_2}$$

Condición 2 ∴ Cumple

$$D_3 \geq \frac{SN_3 - (SN_1 + SN_2)}{a_3 \cdot m_3}$$

Condición 3 ∴ Cumple

$$SN_T = a_1D_1 + a_2m_2D_2 + a_3m_3D_3$$

$$SN_T = 2.73$$

Por lo tanto al comparar el SN obtenido, con el SN de diseño se acepta el pavimento ya que se exponen los siguientes resultados:

$$SN_T \geq SN$$

$$2.73 \geq 2.38 \therefore \text{Cumple con el diseño de pavimento}$$

Tabla 44. Resumen de pavimento por capas de aplicación

Descripción	Espesor	
	in	cm
Capa de asfalto	3	7.62
Base granular	6.00	15.24
Subbase granular	6.00	15.24
Capa de mejoramiento	0.00	0.00
Espesor Final	15.00	38.10

Nota: Espesores de capas a ser aplicadas en el proyecto.

Fuente: Autores.

4.1.6. Levantamiento topográfico

El propósito del levantamiento topográfico es medir y registrar las variadas elevaciones presentes en nuestro terreno, determinando la posición relativa de un conjunto de puntos en un plano horizontal. Este procedimiento constituye el primer paso esencial en la ejecución de un proyecto de construcción, ya que, a través de este proceso, se logra un reconocimiento detallado del terreno, identificando sus distintos relieves y delimitando sus límites. De esta manera, se obtiene información crucial para clasificar el terreno según los tipos establecidos en el marco teórico del proyecto.

4.1.6.1. Levantamiento mediante el GPS diferencial (RTK)

La recolección de datos se da a partir de RTK, se proporciona de manera directa, la misma nos proporciona valores de altura, coordenada norte y coordenada este, de manera directa que se realiza durante todo el tramo, tomando en cuenta zonas con pendiente, taludes de gran tamaño y una franja de terreno que consta de alrededor de 30 metros.

4.1.7. Diseño geométrico

4.1.7.1. Alineamiento horizontal

Este diseño consta de todos los parámetros vistos desde la vista en planta como son curvas horizontales, que se busca el cumplimiento de la norma MTOP y tomando consideraciones básicas de diseño que parten desde la consideración de la velocidad de diseño.

4.1.7.1.1. Velocidad para diseño

Según la clasificación de vía, encontramos que nuestra vía será diseñada para una velocidad de 40km/h, esta velocidad de diseño si estuviese cumpliendo con ciertas características de la normativa MTOP, con ello procedemos a realizar los diseños horizontales y verticales.

4.1.7.1.2. Peralte

Según la MTOP la clasificación de carreteras nos recomienda un peralte de 8% para velocidades menores al 50 km/h, el peralte escogido es de 8%, ya que contamos con una velocidad del 40 km/h.

4.1.7.1.3. Radio para curva mínima

Para el cálculo del radio de curvatura partimos de la fórmula presentada a continuación, la misma consta de tres variables, la primera “Vd” que es la velocidad de

diseño de nuestro proyecto, la segunda “e” que hace referencia al peralte en el proyecto y la última “f” que nos indica el factor de fricción.

$$R_{min} = \frac{Vd^2}{127(e + f)}$$

4.1.7.1.3.1. Factor de fricción

Se presenta el cálculo del factor de fricción, que será usado en el radio de curva mínimo.

$$f = \frac{1.15}{Vd^{0.3}}$$

$$f = \frac{1.15}{(40)^{0.3}}$$

$$f = 0.38$$

Por último, reemplazamos en la fórmula y obtenemos el radio mínimo.

$$R_{min} = \frac{40^2}{127(0.08 + 0.38)}$$

$$R_{min} = 27.40m$$

El resultado de radio mínimo es de 27.40 m.

4.1.7.1.4. Distancia para frenado o parada

Al ser un terreno montañoso, se define con una velocidad de circulación baja, por lo tanto, en la misma se busca garantizar los niveles de seguridad de los usuarios que transitan en la vía, se procede con el siguiente cálculo.

$$Dp = D1 + D2$$

$$D1 = 0.7 * Vc$$

$$D1 = 0.7 * 0.35$$

$$D1 = 24.5 \text{ m}$$

$$D2 = \frac{Vc^2}{254 * f}$$

$$D2 = \frac{35^2}{254 * 0.38}$$

$$D2 = 12.70 \text{ m}$$

$$Dp = 24.5\text{m} + 12.70\text{m}$$

$$Dp = 37.2 \text{ m}$$

D1: Es la distancia durante el tiempo de percepción más reacción, su unidad está en metros.

D2: Es la distancia de frenado sobre la calzada, su unidad está en metros.

Como resultado tenemos una distancia de frenado de 37.2m.

4.1.7.1.5. Distancia de visibilidad en forma lateral

En esta ecuación encontramos valores que recomienda la norma como puede ser la velocidad de un transeúnte, la velocidad vehicular de diseño y la distancia de frenado por lo tanto se calcula de la siguiente manera.

$$dL = \frac{Vt}{Vv} \cdot Dp$$

$$dL = \frac{10}{35} * 37.2$$

$$dL = 10.62 \text{ m}$$

4.1.7.1.6. Distancia de rebasamiento

Esta distancia es exclusiva ya que se encuentra con relación directa a la velocidad que nosotros generamos para la vía por lo tanto la misma, parte de las recomendaciones dadas en la MTOP (2003).

$$Dr = 9.54 * Vd - 218$$

$$Dr = 9.54 * 40 - 218$$

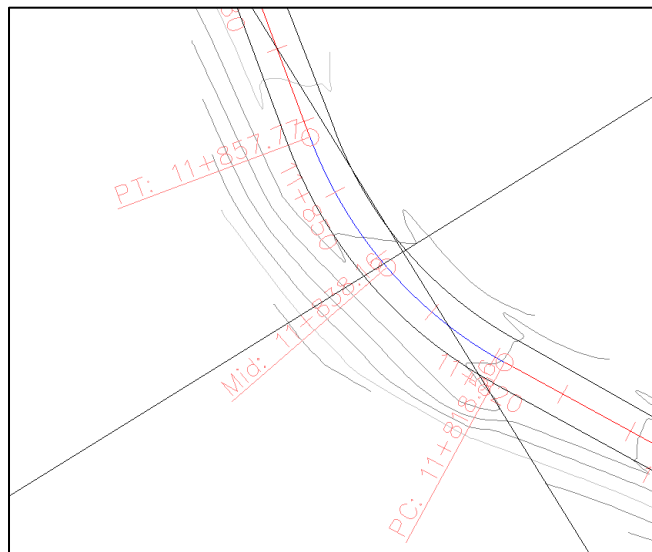
$$Dr = 116 \text{ m}$$

Como resultado tenemos una distancia de visibilidad para rebasamiento de 116m.

4.1.7.1.7. Curvaturas circulares

Conociendo cada uno de los parámetros necesarios se pretende evaluar las curvas, las mismas presentan los requerimientos de distancias y longitudes de radios mínimas por lo tanto a partir del estudio de Cárdenas (2013), se siguen las recomendaciones necesarias y se aplica el cálculo de cada uno de los parámetros que evalúan una curva en forma circular.

Figura 51. Curva circular simple



Nota: Esquema de partes para curva circular.

Fuente: (Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras, 2013).

Datos

$$R = 35 \text{ m}$$

$$\Delta = 4^{\circ}44'43''$$

$$C = 0.38$$

T: Tangente

$$T = R * \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$T = (35) * \tan \frac{(4^{\circ}44'43'')}{2}$$

$$T = 1.45m$$

Lc: Longitud de cuerda

$$Lc = \frac{\pi * R * A}{180}$$

$$Lc = \frac{\pi * 35 * 4^{\circ}44'43''}{180}$$

$$Lc = 2.9 m$$

Gc: Grado de curvatura

$$Gc = 2 * \text{aseno} \left(\frac{C}{2 * R} \right)$$

$$Gc = 2 * \text{aseno} \left(\frac{0.318}{2 * (35)} \right)$$

$$Gc = 0.95$$

CL: curva larga

$$Cl = 2R * \text{seno} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$$

$$Cl = 2(35) * \text{seno} \left(\frac{4^{\circ}44'43''}{2} \right)$$

$$Cl = 2.9 m$$

E: Externa

$$E = \left[\frac{1}{\text{Cos} \left(\frac{\Delta}{2} \right)} - 1 \right]$$

$$E = \left[\frac{1}{\text{Cos} \left(\frac{4^{\circ}44'43''}{2} \right)} - 1 \right]$$

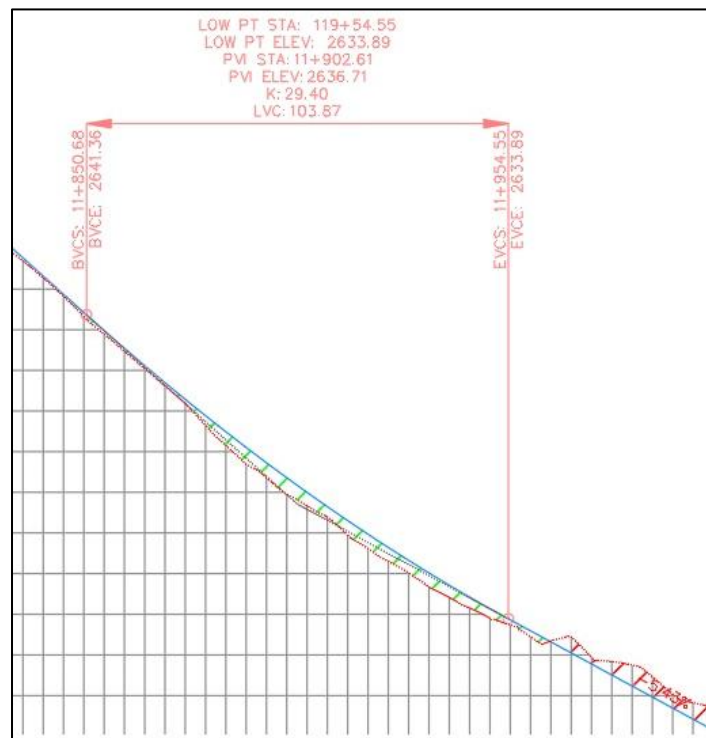
$$E = 0.3m$$

Se presenta una tabla resumen de cada una de las curvas en el anexo.

4.1.7.2. Alineamiento vertical

Para el alineamiento vertical tomaremos como referencias curvas del diseño presente que nos permiten evaluar de manera total cada una de las curvas y ver si estas cumplen los límites dados por norma, los siguientes datos nos sirven como base de la evaluación.

Figura 52. Visual de diseño vertical



Nota: Datos de diseño de vertical con perfil longitudinal.

Fuente: Autores.

Conociendo los distintos cortes que se aplica en forma vertical a la vía, la misma se proporciona a mejorar la pendiente generada y las zonas que se busca las correcciones, partimos de los siguientes datos:

Pendiente de entrada: 9.46 %

Pendiente de salida: 8.48%

Abscisa PIV: 11+902.61

Cota PIV: 2636.71 m.s.n.m.

Coefficiente Kmin: 29.40

Longitud de la curva vertical (L): 103.87 m

La curva vertical al tener dos pendientes positivas, ya que la entrada es con pendiente mayor es una curva convexa.

Tabla 45. Coeficiente K para curvas convexas

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de visibilidad parada (m)	Coeficiente $K=S^2/122+3.5 S$	
		Calculado	Redondeado
20	20	0.94	1
25	25	1.47	2
30	30	2.11	2
35	35	2.88	3
40	40	3.76	4
45	50	5.87	6
50	55	7.10	7
60	70	11.50	12
70	90	19.01	19
80	110	28.40	28
90	135	42.78	43
100	160	60.09	60
110	180	76.06	80
120	220	113.62	115

Nota: Coeficiente K de diseño de curvas verticales convexas.

Fuente: (MTOP, Norma de diseño de Carreteras, 2003).

Tabla 46. Coeficiente K para curvas cóncavas

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de visibilidad parada (m)	Coeficiente $K=S^2/122+3.5 S$	
		Calculado	Redondeado
20	20	2.08	2
25	25	2.98	3
30	30	3.96	4
35	35	5.01	5
40	40	6.11	6
45	50	8.42	8
50	55	9.62	10
60	70	13.35	13
70	90	18.54	19
80	110	23.87	24
90	135	30.66	31
100	160	37.54	38
110	180	43.09	43
120	220	54.26	54

Nota: Coeficiente K de diseño de curvas verticales cóncavas.

Fuente: (MTO, Norma de diseño de Carreteras, 2003).

Coeficiente K de diseño:

$$K = \frac{S^2}{426}$$

$$K = \frac{40^2}{426}$$

$$K = 50.75$$

Longitud mínima de curva:

$$L_{min} = 0.6 * Vd$$

$$L_{min} = 0.6 * 40$$

$$L_{min} = 24 m$$

Cota del punto más alto de curva:

$$Cota = \frac{m}{i} \cdot Lvc$$

$$i = m - n$$

$$i = 13.450\%$$

$$Cota = \frac{7.58\%}{13.45\%} \cdot 103.87$$

$$Cota = 60.623 \text{ m}$$

Abscisa de punto central:

$$Abs \text{ PCV} = Abs \text{ PIV} - \left(\frac{Lcv}{2}\right)$$

$$Abs \text{ PCV} = 11902 - \frac{103.87}{2}$$

$$Abs \text{ PCV} = 11850.07$$

Abscisa de P:

$$P = Abs \text{ PCV} + Cota$$

$$Abs \text{ P} = 11850.07 + 60.623$$

$$Abs \text{ P} = 11910.69$$

Cota del PVC:

$$Cota \text{ PVC} = Cota \text{ PIV} - m \left(\frac{Lcv}{2}\right)$$

$$Cota \text{ PCV} = 150 - 4.08$$

$$Cota \text{ PCV} = 145.92 \text{ m}$$

Cota de P:

$$Cota \text{ P} = Cota \text{ PVC} + m \left(\frac{x}{2}\right)$$

$$Cota \text{ P} = 145.92 + 7.85\% \left(\frac{60.623}{2}\right)$$

$$Cota \text{ P} = 148.299 \text{ m}$$

Cota de PTV:

$$Cota PTV = Cota PIV + n \left(\frac{Lcv}{2} \right)$$

$$Cota PTV = 150 - 2.908$$

$$Cota PTV = 147.092 \text{ m}$$

4.1.7.3. Sobreancho

El sobreancho se calcula con el radio y la longitud de un vehículo, para el diseño aplicamos según la normativa MTOP 2003, la que nos recomienda utilizar un 0.3 m para el diseño de una carretera ya existente.

$$Sa = R - \sqrt{R^2 - Lve^2}$$

Donde:

Sa: Sobreancho

R: Radio de curvatura

Lve: Longitud del vehículo

4.1.7.4. Señalización

La vía debe tener parámetros de diseño que no cumplen radios y la distancia de visibilidad se propone colocar señalización tanto vertical regulatoria y señalización vertical preventiva como se indica.

4.1.7.5. Drenaje vial

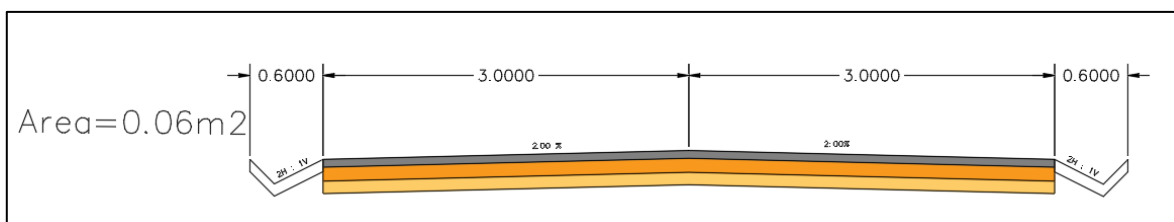
La preservación de las carreteras está intrínsecamente ligada a la efectiva gestión del sistema de drenaje asociado. Por esta razón, se lleva a cabo la planificación de cunetas, las cuales se encargarán de dirigir los desechos generados por las precipitaciones hacia áreas donde no se acumulen ni depositen. En el diseño de estas cunetas, es esencial

considerar variables como la intensidad de las lluvias en la ubicación específica, el coeficiente de escorrentía y el área de contribución que recibirá cada segmento de cuneta planificado.

4.1.7.5.1. Cuentas

Según los estudios hidrológicos se realizó el estudio y calculo dando como resultados una cuneta de sección tipo V desde la abscisa 11+600 hasta las 14+500 siguiendo la siguiente sección:

Figura 53. Sección cuneta y vía

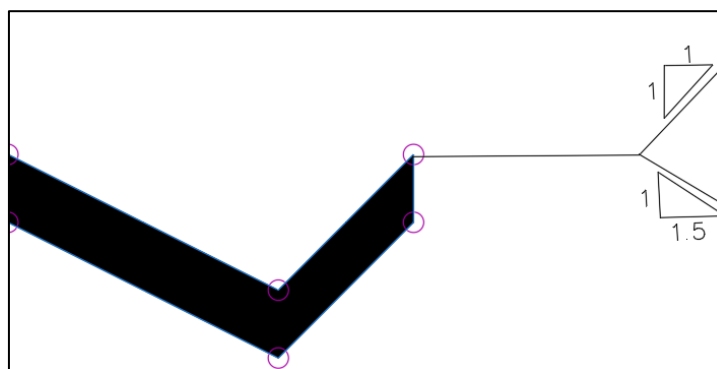


Nota: Vista de perfil de fragmento de vía.

Fuente: Autores.

La vía existente tiene cunetas que no cumple la demanda de la cantidad de agua pluvial a reciclar por lo que se hace un diseño de sección tipo V con un área de 0.06 m² la cual cumple también con la normativa MTOP 2003, como se indica a continuación:

Figura 54. Sección cuneta



Nota: Cuneta a aplicar en la vía de estudio.

Fuente: Autores.

LL: Longitud de transición

$$Lt = \text{ancho carril} * \frac{e}{i}$$

$$Lt = 3 * \frac{7.3}{0.7}$$

$$Lt = 31.28 \text{ m}$$

Lm: Longitud mínima de transición

$$Lm = 0.56 * Vd$$

$$Lm = 0.56 * 40$$

$$Lm = 22.4 \text{ m}$$

Abscisa PI = 11+600

$$PC = PI - T$$

$$PC = 11.600 - 1.45$$

$$PC = 10 + 150$$

PT: Principio de tangente

$$PT = PC - Lc$$

$$PT = 10150 - 2.9$$

$$PT = 7 + 250 \text{ m}$$

4.1.7.5.2. Alcantarillas

Se realizó las evaluaciones de las 10 alcantarillas existentes en la vía realizando una visita en campo y comprobando su estado sus diámetros y su pendiente, para la evaluación se tomó en cuenta ciertos parámetros de diseño de las redes de alcantarillado.

Figura 55. Imagen de estudio de alcantarilla en la vía



Nota: Alcantarilla de cabezal encontrada en vía de estudio.

Fuente: Autores.

4.1.7.5.2.1. Cálculos de evaluación de la alcantarilla

A partir de los datos presentados a continuación, que han sido tomados de cada alcantarilla se evalúa distintos parámetros conocidos.

- N° de alcantarilla: 1
- Área cuenca: 0.983 Ha
- Perímetro: 0.655 Km
- Longitudes: 267.268 m
- Cota de entrada: 2680 m.s.n.m
- Cota de salida: 2677 m.s.n.m

Se presenta los cálculos de tiempo de concentración, intensidad, coeficiente “C”, evaluación de caudal, y relación Y/D.

Es necesario sacar el caudal de diseño para determinar su diámetro

Tc: Tiempo de concentración:

$$Tc = 0.066 * \left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0.77}$$

$$Tc = 0.066 * \left(\frac{267.268}{\sqrt{30.62}}\right)^{0.77}$$

$$Tc = 0.006 h$$

I: Intensidad

$$I = \frac{197 * T^{0.14}}{(D + 3)^{0.4}}$$

$$I = \frac{197 * 25^{0.14}}{(0.18 + 3)^{0.4}}$$

$$I = 189.848 \text{ mm/h}$$

Coefficiente C.

Se determino el valor del coeficiente c de un 0.9 según el mapa de uso del suelo de la Universidad del Azuay.

Qdiseño: Caudal de diseño

$$Qdiseño = 2.78 * C * i * A$$

$$Qdiseño = 2.78 * 0.9 * 189.848 * 0.983$$

$$Qdiseño = 0.47 \text{ m}^3/\text{s}$$

Evaluación de alcantarillas existentes.

Qdiseño = 0.47 m³/s

Coefficiente de rugosidad: se tomó como coeficiente de rugosidad 0.024 ya que esta por tabla nos da según el tipo del material de la tubería.

V: Velocidad

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0.024} * 1.5^{\frac{2}{3}} * 9.85\%^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 4.8 \text{ m/s}$$

Relación Y/D

La relación de la altura de la lámina de agua y el diámetro del tubo interno tiene que ser menor al 100%, ya que la tubería llena trabajaría al 100% lo cual al sobre pasar podría

producirse la ruptura de la tubería, la normativa recomienda de incluso no sobre pasar el 80%.

$$\frac{Y}{D} = 0.39$$


$$0.39 < 0.8 \text{ CUMPLE}$$

Se puede decir que la alcantarilla existente es adecuada para las condiciones que se tiene, y por lo tanto no necesitado un rediseño.

En el Anexo E se adjunta tabla de resultados de las 10 alcantarillas, en las cuales se exponen las fichas de evaluación, además de la respectiva evaluación de estas buscando que los niveles de inundación no superen los niveles de diseño de estas.

CAPÍTULO 5

5. PRESUPUESTO REFERENCIAL

PROYECTO VIAL SAN CRISTÓBAL - MALIMA DEL KM 11.2 AL KM 14.5						
Oferente:	ING PATRICIO MORA - ING EDGAR TAPE					
Ubicación:	AZUJAY/PAUTE					
Fecha:	05/02/2024					
PRESUPUESTO						
Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1		OBRAS PRELIMINARES				223 245.90
1.1	500004	Replanteo y nivelación de vías	ml	2 900.00	3.50	10 150.00
1.2	500010	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	17 041.26	1.96	33 400.87
1.3	500014	Excavación manual material sin clasificar	m3	85.21	12.53	1 067.68
1.4	500001	Cargado de material con cargadora	m3	22 264.41	1.37	30 502.24
1.5	500002	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	22 264.41	2.22	49 426.99
1.6	500003	Sobreacarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, Distancia > 6 Km	m3-km	379 608.13	0.26	98 698.11
2		ESTRUCTURA VIAL				436 323.33
2.1	500005	Subrasante conformación y compactación con equipo pesado	m2	17 400.00	1.31	22 794.00
2.2	500006	Pedraplén, conformación y compactación con equipo pesado	m3	174.00	25.01	4 351.74
2.3	500007	Mejoramiento, conformación y compactación con equipo pesado	m3	2 809.07	23.45	65 872.69
2.4	500040	Sub base conformación y compactación con equipo pesado	m3	1 044.00	29.69	30 996.36
2.5	500041	Base Granular conformación y compactación con equipo pesado	m3	1 044.00	35.93	37 510.92
2.6	500011	Imprimación asfáltica con barrido mecánico	m2	17 400.00	1.22	21 228.00
2.7	500039	Carpeta asfáltica (e=3") Ho Asf. mezclado en planta	m2	17 400.00	13.96	242 904.00
2.8	500013	Brocal de hormigón para pozos (h=20cm) y tapa (h=10cm) cónicos, D=700mm, Tipo A	u	58.00	105.35	6 110.30
2.9	500017	Recuperación de pozo, d = 600 mm	u	58.00	78.54	4 555.32
3		OBRAS DE DRENAJE CUNETAS				92 397.93
3.1	500014	Excavación manual material sin clasificar	m3	174.00	12.53	2 180.22
3.2	506002	Cargado de material con minicargadora	m3	226.20	2.00	452.40
3.3	506005	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	226.20	2.22	502.16
3.4	506007	Sobreacarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, distancia > 6 Km	m3-km	2 504.03	0.23	575.93
3.5	505017	Subrasante conformación y compactación con equipo liviano	m2	3 480.00	2.36	8 212.80
3.6	505019	Mejoramiento, conformación y compactación con equipo liviano	m3	87.00	30.25	2 631.75
3.7	512005	Encofrado de madera recto (2 usos)	m2	1 444.30	10.37	14 977.39
3.8	507003	Hormigón simple f'c = 210 kg/cm2	m3	423.43	129.10	54 664.81
3.9	528004	Corte y sellado de juntas con poliuretano, incluye cordón e imprimante	m	1 411.44	3.95	5 575.19
3.10	509005	Curado de superficie con aditivo químico	m2	4 234.33	0.62	2 625.28
4		SEÑALIZACION				14 812.56
4.1	500018	Señalización vertical	u	6.00	148.76	892.56
4.2	500019	Pintura para señalización de tráfico, manual, franja de hasta 15cm	ml	8 700.00	1.60	13 920.00
5		MITIGACION DE IMPACTOS AMBIENTALES				1 860.18
5.1	500028	Letrero metálico de información del Proyecto	u	2.00	484.84	969.68
5.2	500020	Señalización con cinta	ml	200.00	0.23	46.00
5.3	500021	Parante con base de hormigón, 20 usos	u	20.00	6.46	129.20
5.4	500022	Cobertura de plástico (5 usos)	m2	50.00	0.29	14.50
5.5	500023	Difusión Social	global	1.00	700.80	700.80
SUBTOTAL						768 639.89
					12 %	92 236.79
TOTAL						860 876.68
Son: OCHOCIENTOS SESENTA MIL OCHOCIENTOS SETENTA Y SEIS CON 68/100 DÓLARES						

Fuente: Autores.

Se detalla cronogramas, funciones y gráfico en el Anexo D.

CAPÍTULO 6

6. EVALUACIÓN DEL PROYECTO

6.1. Evaluación del tramo de estudio

Mediante el reconocimiento realizado en la zona de San Cristóbal, hemos determinado que el tramo comprendido entre el kilómetro 10 al kilómetro 15, son zonas en las que existen mayor cantidad de población pues la mayoría de construcciones realizadas en las zonas cumplen con los requerimientos mínimos, dándonos una idea que de ser necesario se podría dar ciertas ampliaciones a la vía ya existente, por otra parte otro punto muy importante a tener en consideración es la existencia de taludes, la mayoría de estos asentados sobre roca maciza, el cual representa un riesgo en los cambios climáticos que podemos sufrir durante el año.

Por lo expuesto, a continuación, se propuso el rediseño geométrico de la vía haciendo que la misma cumpla con todos los parámetros necesarios, y por supuesto haciendo que sea posible un avance y beneficio positivo para los moradores y transeúntes de esta, tomamos en cuenta algunos puntos que nos ayudarán a llevar a cabo el proceso en cuestión:

- Se realizó un estudio de la zona y del suelo que compone esta vía, para conocer las ventajas y desventajas de aplicar un tipo de construcción u otra. En este punto tomaremos en cuenta datos como la topografía, el TPDA y el ESALS.
- Una vez conocido cada uno de los valores en cuestión se procederá con el diseño de la vía, y como consecuente el pavimento que vamos a aplicar sobre la misma buscando siempre que el mismo cumpla con todos los estándares que solicita las normas en el país.

- Se evaluó las alcantarillas existentes dentro de la vía, analizando si las mismas tienen la capacidad de evacuación o si es necesario alguna clase de mejora a la misma.

6.2. Conclusiones

- La configuración geométrica se llevó a cabo siguiendo las directrices establecidas por la Norma MTOP (2003), garantizando la correcta alineación de la vía. Se consideró una velocidad de diseño de 40 km/h y pendientes longitudinales máximas del 12%, en función de la topografía que varía entre ondulada y montañosa.
- Conociendo datos mínimos de estructura geométrica vial, se evaluó todo el tramo concluyendo que la mayoría de los propietarios no cuentan con construcciones que se encuentren en los límites de la vía, es así que las obras como cunetas o incluso incremento del número alcantarillas se lo puede realizar.
- El TPDA de 368 encontrado se proyecta para la cantidad de 20 años que es la visión que se tiene con la obra, pues generalmente se toma como referencia el tiempo de vida útil del pavimento, por lo tanto, definimos un tipo de diseño con parámetros que nos ayuden en la regulación de tráfico atraído, entre otros.
- Se realizó un estudio de suelo en el que mediante perforaciones se determinó un CBR del 7% en el suelo, al que se va a realizar la aplicación del pavimento, mencionamos que esta es apta y no se necesita una capa de material complementario.
- La definición para la composición del pavimento consiste en emplear una capa de Pavimento Asfáltico, seguida por una Base Clase I y una Subbase Clase III, con espesores de 3 pulgadas, 6 pulgadas y 6 pulgadas, respectivamente.

- Según la evaluación hidrológica, se definió que las diez alcantarillas que se encuentran en diversas ubicaciones de la carretera trabajan de buena manera, junto con cunetas triangulares en ambos extremos, para asegurar una adecuada evacuación de las aguas pluviales.

6.3. Recomendaciones

- Buscar una socialización total del proyecto con beneficiarios, para que entiendan las ventajas que supone mejorar la vía en cuestión.
- Realizar una evaluación de los sistemas existentes, para garantizar que los beneficiarios del proyecto no sufran problemas secundarios, como fallas en sus conexiones o problemas secundarios que obliguen al daño de la vía.
- La curva ubicada en la abscisa 13+770, es la más problemática de todo el trayecto y se debe seguir todas las observaciones dadas, puesto que la misma se proporciona un ensanchamiento dentro del diseño.
- En partes del tramo las pendientes que se recomiendan por norma, son superadas, por lo tanto, se propone dejar bien visibles las señales que estarán dentro de la vía puesto que las mismas reducirán los riesgos en producción de siniestros viales.
- Buscar la estabilización de taludes de gran tamaño, que se encuentran en partes aledañas de la vía de estudio, y evaluar la necesidad de construcción de un muro en la abscisa 14+430.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO. (1993). *American Association of State Highway and Transportation Officials*. Washington D.C.

- CAF. (2020). *Análisis de inversiones en el sector terrestre interurbano*. Recuperado el 3 de octubre de 2023, de https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1537/Ecuador_Analisis_de_Inversiones_en_el_Sector_de_Transporte_Interurbano_Terrestre_Latinoamericano_al_2040.pdf?sequence=14&isAllowed=y
- Cárdenas, J. (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras*. 2da Edición. Ecoe Ediciones. *carreteras*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Castro, W. (2013). *Mecánica de suelos*. Madrid.
- Chacón. E. (2015). *Importancia de la Seguridad Vial*. Recuperado el 2 de enero del 2024, de: <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/f923a5c2-3a7a-430e-a8fc-07d189632ac4/content>
- Chala. (2014). *Incidencia de distancia de visibilidad en carreteras*. Recuperado el 10 de enero de 2024, de: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/12674/ChalaGomezJulianDavid2014.pdf?sequence=3>
- Chamorro. (2019). *Gestión de infraestructura vial*. Bogotá: Alfaomega S.A.
- Chow, V. T. (1994). *Hidráulica de canales Abiertos*. Bogotá: McGraw Hill.
- El Universo. (2023, febrero 23). *En Azuay persisten reclamos ante problemas de vialidad en rutas estatales*. Recuperado el 16 de septiembre de 2023, de: <https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/carnaval-feriado-controles-cuenca-vias-nota/>
- GAD PAUTE. (2022). *Plan de Movilidad del Cantón Paute*. Recuperado el 1 de octubre de 2023, de <https://www.paute.gob.ec/carlos-orellana-san-cristobal/>
- INEC. (2010). *Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos*. Paute
- INEN. (2010). *Señalización Vertical*. Quito
- INVIAS. (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá.
- Menéndez, J. (2009). *Pavimentos*. Lima: ICG.
- Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras Tomo I*. Agora Ediciones
- Montejo, A. (1998). *Ingeniería de Pavimentos*. Bogotá: Stella Valbuena de Fierro.
- MTOP. (2003). *Norma de Diseño Geométrico de Carreteras*. Quito.
- NEVI 12. (2013). *Norma para Estudios y Diseños Viales (Vol. 2A)*. Quito.

- Pérez, R. (2013). *Diseño y construcción de alcantarillados sanitarios, pluvial y drenaje de*
- Porto, J. P., & Merino, M. (2022). *Curva de nivel - ¿Qué es?, características, definición y concepto*. Recuperado el 7 de octubre de 2023, de <https://definicion.de/curva-de-nivel/>
- Sotelo, G. (1997). *Hidráulica II*. México: UNAM.
- Suárez. R (2023, 9 octubre). *Tipos y clases de vías*. Obtenido de: <https://dudaslegislativas.com/trafico/tipos-y-clases-de-vias/>

8. ANEXOS

Anexo A 1. Reconocimiento de vía a realizar el estudio



Fuente: Autores

Anexo A 2. Colocación de eje lineal desde donde se inicia el estudio



Fuente: Autores

Anexo A 3. Construcción de hitos cada 500 m



Fuente: Autores.

Anexo A 4. Plantado de un punto estático del RTK



Fuente: Autores.

Anexo A 5. Levantamiento topográfico



Fuente: Autores.

Anexo A 6. Colocación de cámara para conteo vehicular



Fuente: Autores.

Anexo A 7. Procesamiento de datos




Fuente: Autores.

Anexo A 8. Revisión y evaluación de alcantarillas











Fuente: Autores.









Anexo B 9. Estudio y CBR de calicata 1

		HOJA ESTRATIGRÁFICA DE CAMPO										
PROYECTO: ESTUDIOS PARA EVALUACION Y DETERMINACION DE CARACTERISTICAS DEL SUELO					FECHA: Noviembre, 2023							
TRAMO:					SOLICITA: E. M - P. C.							
CALICATA: C1					PARROQUIA: San Cristobal							
INTERSECCIÓN 1:												
INTERSECCIÓN 2:												
PROFUNDIDAD: [0.00 - 1.50] m												
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="display: flex; gap: 10px;"> <div style="display: flex; align-items: center;"> Arenas</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> Grava</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> Limo</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> Lastre</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> Subbase</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> Base</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> Asfalto</div> </div> </div>												
PROFUNDIDAD (m)	Perfil	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	NF	ENSAYOS DE LABORATORIO							Clasificación SUCS	Observaciones
				LL	LP	IP	Granulometría			Cont. Hum. (%)		
							% Grava	% Arena	% Finos (Pasa No. 200)			
0.00		Asfalto										
0.20												
0.40		Base										
0.60												
0.80		Subbase										
1.00												
1.20		Subrasante		30.07	21.12	8.95	56.00	33.00	11.00	15.27	GP-GC	Grava mal graduada con arcilla
1.40												
1.60												
MÉTODO DE EXCAVACIÓN: MECÁNICA NF: NO												

Anexo B 10. Estudio y CBR de calicata 2

 TITANIUM ROAD <small>Expertos en suelos, concretos y asfaltos.</small>		HOJA ESTRATIGRÁFICA DE CAMPO										
PROYECTO: ESTUDIOS PARA EVALUACION Y DETERMINACION DE CARACTERISTICAS DEL SUELO					FECHA: Noviembre, 2023							
TRAMO: _____												
CALICATA: C2					SOLICITA: E. M - P. C.							
INTERSECCIÓN 1: _____					PARROQUIA: San Cristobal							
INTERSECCIÓN 2: _____												
PROFUNDIDAD: [0.00 - 1.50] m												
Mejoramiento  Grava  Adoquín  Lastre  Subbase  Base  Asfalto 												
PROFUNDIDAD (m)	Perfil	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Nº	ENSAYOS DE LABORATORIO							Observaciones	
				LL	LP	IP	Granulometría			Cont. Hum. (%)		Clasificación SUCS
							% Grava	% Arena	% Finos (Pasa No. 200)			
0.00		Asfalto										
0.20		Subbase										
0.40												
0.60												
0.80												
1.00		Subrasante		36.26	23.23	13.05	65.00	23.00	12.00	14.49	GC	Grava arcillosa
1.20												
1.40												
MÉTODO DE EXCAVACIÓN: MECÁNICA				Nº: NO								

Anexo B 11. Estudio y CBR de calicata 3

 HOJA ESTRATIGRÁFICA DE CAMPO												
PROYECTO: ESTUDIOS PARA EVALUACION Y DETERMINACION DE CARACTERISTICAS DEL SUELO	FECHA: Noviembre, 2023											
TRAMO: C3	SOLICITA: E. M - P. C.											
CALICATA:	PARROQUIA: San Cristobal											
INTERSECCIÓN 1: INTERSECCIÓN 2: PROFUNDIDAD: [0.00 - 1.50] m												
Mejoramiento  Grava  Adoquín  Empedrado  Subbase  Base  Asfalto 												
PROFUNDIDAD (m)	Perfil	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Nº	ENSAYOS DE LABORATORIO								
				LL	LP	IP	Granulometría			Cont. Hum. (%)	Clasificación SUCS	Observaciones
							% Grava	% Arena	% Finos (Pasa No. 200)			
0.00		Asfalto										
0.20												
0.40		Subbase										
0.60												
0.80												
1.00		Subrasante		32.16	20.25	11.05	63.00	27.00	10.00	9.44	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla
1.20												
1.40												
MÉTODO DE EXCAVACIÓN: MECÁNICA				Nº: NO								

Anexo C 12. Proyección tráfico

PROYECCION DE TRAFICO						
PROYECCIONES DE VEHICULOS LIVIANOS SEGÚN EL MODELO LOGISTICO						
AÑO	POBLACION	VEHICULOS	Tm	$Y=\ln(Ts/Tm - 1)$	Tm	VEH. AJUSTADO
	PAUTE	LIVIANOS			AJUSTADO	LIVIANOS
1969	31602.58	1	0.03	10.09	15.08	476.43
1970	31935.67	100	3.13	5.49	16.98	542.38
1971	32268.75	400	12.40	4.10	19.13	617.19
1972	32601.83	700	21.47	3.54	21.53	701.98
1973	32934.92	1000	30.36	3.18	24.23	798.02
1974	33268.00	1300	39.08	2.92	27.25	906.69
1975	33631.75	1600	47.57	2.71	30.64	1030.47
1976	33995.50	1900	55.89	2.54	34.43	1170.34
1977	34359.25	2200	64.03	2.39	38.66	1328.20
1978	34723.00	2500	72.00	2.26	43.37	1506.11
1979	35086.75	2800	79.80	2.15	48.63	1706.30
1980	35450.50	3100	87.45	2.04	54.48	1931.18
1981	35814.25	3400	94.93	1.95	60.96	2183.32
1982	36178.00	3700	102.27	1.87	68.15	2465.44
1983	34357.00	4000	116.42	1.71	76.09	2614.15
1984	32536.00	4300	132.16	1.56	84.84	2760.37
1985	30715.00	4600	149.76	1.41	94.46	2901.38
1986	28894.00	4900	169.59	1.25	105.00	3034.00
1987	27073.00	5200	192.07	1.09	116.52	3154.52
1988	25252.00	5500	217.80	0.92	129.05	3258.74
1989	23431.00	5800	247.54	0.73	142.63	3341.93
1990	21610.00	6100	282.28	0.53	157.28	3398.88
1991	21746.00	6400	294.31	0.47	173.02	3762.55
1992	21882.00	6700	306.19	0.40	189.84	4154.16
1993	22018.00	7000	317.92	0.34	207.72	4573.69
1994	22154.00	7300	329.51	0.27	226.62	5020.63
1995	22290.00	7600	340.96	0.21	246.48	5494.03
1996	22426.00	7900	352.27	0.15	267.21	5992.41
1997	22562.00	8200	363.44	0.09	288.71	6513.77
1998	22698.00	8500	374.48	0.04	310.85	7055.62
1999	22834.00	8800	385.39	-0.02	333.49	7615.01
2000	22970.00	9100	396.17	-0.08	356.49	8188.58
2001	23106.00	9400	406.82	-0.13	379.67	8772.65
2002	23371.33	9700	415.04	-0.18	402.86	9415.44
2003	23636.67	10000	423.07	-0.22	425.90	10066.83
2004	23902.00	10300	430.93	-0.26	448.61	10722.70
2005	24167.33	10600	438.61	-0.30	470.84	11379.01

2006	24432.67	10900	446.12	-0.34	492.45	12031.88
2007	24698.00	11200	453.48	-0.38	513.31	12677.67
2008	24963.33	11500	460.68	-0.42	533.31	13313.11
2009	25228.67	11800	467.72	-0.46	552.36	13935.34
2010	25494.00	12100	474.62	-0.50	570.41	14541.94
2011	25601.33	12400	484.35	-0.55	587.40	15038.14
2012	25708.67	12700	494.00	-0.61	603.31	15510.24
2013	25816.00	13000	503.56	-0.66	618.13	15957.72
2014	25923.33	13300	513.05	-0.72	631.88	16380.45
2015	26030.67	13600	522.46	-0.78	644.57	16778.69
2016	26138.00	13900	531.79	-0.83	656.25	17152.95
2017	26245.33	14200	541.05	-0.89	666.94	17504.03
2018	26352.67	14500	550.23	-0.95	676.70	17832.89
2019	26460.00	18050	682.16	-2.13	685.59	18140.64
2020	26567.33	19300	726.46	-2.99	693.65	18428.48
2021	26674.67	19600	734.78	-3.26	700.95	18697.67
2022	26782.00	20100	750.50	-4.10	707.55	18949.49
2023	26889.33				713.49	19185.22
2024	26996.67		a =	3.90	718.83	19406.10
2025	27104.00				723.63	19613.36
2026	27211.33		b =	-0.12	727.94	19808.14
2027	27318.67				731.79	19991.55
2028	27426.00		r =	0.87	735.24	20164.61
2029	27533.33				738.32	20328.29
2030	27640.67		r2 =	0.76	741.06	20483.47
2031	27748.00				743.51	20630.98
2032	27855.33		Ts =	763.00	745.69	20771.58
2033	27962.67				747.64	20905.95
2034	28070.00		Y =	a+bt	749.37	21034.73
2035	28177.33				750.90	21158.48
2036	28284.67	Y = 3.904 -0.122 t			752.27	21277.73
2037	28392.00				753.49	21392.95
2038	28499.33				754.56	21504.55
2039	28606.67				755.52	21612.93
2040	28714.00				756.37	21718.42
2041	28821.33				757.12	21821.33
2042	28928.67				757.79	21921.94
2043	29036.00				758.39	22020.49
2044	29143.33				758.91	22117.22
2045	29250.67				759.38	22212.32
2046	29358.00				759.79	22305.96
2047	29465.33				760.16	22398.30
2048	29572.67				760.48	22489.49
2049	29680.00				760.77	22579.65
2050	29787.33				761.02	22668.90
2051	29894.67				761.25	22757.34
2052	30002.00				761.45	22845.05
2053	30109.33				761.63	22932.11

Anexo C 13. Cálculo de W18

AÑO	% Crecimiento				TRANSITO PROMEDIO DIARIO						CAMIONES							W18	W18	
	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO	TPD TOTAL	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO	2DA	2DB	3 - A	4 - C	2S2	2R3	3S2	3R3	3S3	Acumulado	Carril Diseño
2024	0.000	0.000	0.000	0.000	523.000	488.000	19.000	2.000	14.000	2.000	7	3	1	0	1	0	0	2	36741.750	16533.787
2025	0.012	0.004	0.004	0.004	528.758	493.618	19.076	2.008	14.056	2.008	8	4	0	0	0	0	0	0	67818.006	30518.103
2026	0.011	0.004	0.004	0.004	534.170	498.890	19.152	2.016	14.112	2.016	8	4	0	0	0	0	0	0	98939.841	44522.928
2027	0.010	0.004	0.004	0.004	539.264	503.845	19.228	2.024	14.168	2.024	8	4	0	0	0	0	0	0	130107.253	58548.264
2028	0.009	0.004	0.004	0.004	544.069	508.510	19.303	2.032	14.224	2.032	8	4	0	0	0	0	0	0	161320.243	72594.110
2029	0.009	0.004	0.004	0.004	548.611	512.912	19.379	2.040	14.279	2.040	8	4	0	0	0	0	0	0	192578.811	86660.465
2030	0.008	0.004	0.004	0.004	552.914	517.075	19.455	2.048	14.335	2.048	8	4	0	0	0	0	0	0	223882.957	100747.331
2031	0.008	0.004	0.004	0.004	557.001	521.023	19.531	2.056	14.391	2.056	8	4	0	0	0	0	0	0	255232.681	114854.707
2032	0.007	0.004	0.004	0.004	560.892	524.775	19.607	2.064	14.447	2.064	8	4	0	0	0	0	0	0	286627.983	128982.592
2033	0.007	0.004	0.004	0.004	564.608	528.351	19.683	2.072	14.503	2.072	8	4	0	0	0	0	0	0	318068.863	143130.988
2034	0.006	0.004	0.004	0.004	568.166	531.769	19.758	2.080	14.559	2.080	8	4	0	0	0	0	0	0	349555.320	157299.894
2035	0.006	0.004	0.004	0.004	571.581	535.045	19.834	2.088	14.615	2.088	8	4	0	0	0	0	0	0	381087.356	171489.310
2036	0.006	0.004	0.004	0.004	574.869	538.192	19.910	2.096	14.671	2.096	8	4	0	0	0	0	0	0	412664.969	185699.236
2037	0.006	0.004	0.004	0.004	578.042	541.226	19.986	2.104	14.726	2.104	8	4	0	0	0	0	0	0	444288.160	199929.672
2038	0.005	0.004	0.004	0.004	581.112	544.156	20.062	2.112	14.782	2.112	8	4	0	0	0	0	0	0	475956.930	214180.618
2039	0.005	0.004	0.004	0.004	584.091	546.995	20.138	2.120	14.838	2.120	8	4	0	0	0	0	0	0	507671.277	228452.074
2040	0.005	0.004	0.004	0.004	586.987	549.752	20.213	2.128	14.894	2.128	8	4	0	0	0	0	0	0	539431.202	242744.041
2041	0.005	0.004	0.004	0.004	589.810	552.435	20.289	2.136	14.950	2.136	8	4	0	0	0	0	0	0	571236.704	257056.517
2042	0.005	0.004	0.004	0.004	592.567	555.053	20.365	2.144	15.006	2.144	8	4	0	0	0	0	0	0	603087.785	271389.503
2043	0.005	0.004	0.004	0.004	595.266	557.612	20.441	2.152	15.062	2.152	8	4	0	0	0	0	0	0	634984.444	285743.000
2044	0.004	0.004	0.004	0.004	597.913	560.119	20.517	2.160	15.118	2.160	8	4	0	0	0	0	0	0	666926.680	300117.006
2045	0.004	0.004	0.004	0.004	600.513	562.579	20.593	2.168	15.174	2.168	8	4	0	0	0	0	0	0	698914.495	314511.523
2046	0.004	0.004	0.004	0.004	603.072	564.998	20.669	2.176	15.229	2.176	8	4	0	0	0	0	0	0	730947.887	328926.549
2047	0.004	0.004	0.004	0.004	605.593	567.380	20.744	2.184	15.285	2.184	8	4	0	0	0	0	0	0	763026.857	343362.086
2048	0.004	0.004	0.004	0.004	608.082	569.729	20.820	2.192	15.341	2.192	9	4	0	0	0	0	0	0	796795.239	358557.857
2049	0.004	0.004	0.004	0.004	610.541	572.048	20.896	2.200	15.397	2.200	9	4	0	0	0	0	0	0	830609.198	373774.139
2050	0.004	0.004	0.004	0.004	612.974	574.342	20.972	2.208	15.453	2.208	9	4	0	0	0	0	0	0	864468.736	389010.931
2051	0.004	0.004	0.004	0.004	615.384	576.612	21.048	2.216	15.509	2.216	9	4	0	0	0	0	0	0	898373.851	404268.233
2052	0.004	0.004	0.004	0.004	617.773	578.861	21.124	2.224	15.565	2.224	9	4	0	0	0	0	0	0	932324.545	419546.045
2053	0.004	0.004	0.004	0.004	620.144	581.092	21.199	2.232	15.621	2.232	9	4	0	0	0	0	0	0	966320.816	434844.367
2054	0.004	0.004	0.004	0.004	622.498	583.307	21.275	2.240	15.677	2.240	9	5	0	0	0	0	0	0	1001978.104	450890.147

Anexo C 14. Cálculo de capas del pavimento flexible

W	300117	
		85%
		N.Confian
ZR	-1.037	za
So	0.45	
SN	2.39	Incognita
Δ PSI	2.02	
CBR	7	%

MÓDULO RESILENTE SUBRA		
MR	8876.74	PSI
MR	10500	Lb/pulg ²

LOG(W)	5.477	=	5.477
--------	-------	---	-------

MÓDULO RESILENTE		
Base		
Modulo R	28	Ksi
a	0.13	-
MÓDULO RESILENTE		
Subbase		
Modulo R	15	Ksi
a	0.11	-
MÓDULO RESILENTE		
Capa de rodadura		
Modulo R	250	Ksi
a	0.35	-

RESUMEN								
a1 =	0.42	m1 =	1	D1 (in) =	5.75	CUMPLE	SN1 =	CUMPLE
a2 =	0.135	m2 =	1	D2 (in) =	4.724409	CUMPLE	SN2 =	CUMPLE
a3 =	0.11	m3 =	1	D3 (in) =	6.692913	CUMPLE	SN3 =	CUMPLE

RESUMEN				espesor real * cambiar si no cumple		SN requerido		Espesor calculado		Espesor minimo	SN* real		
a1 =	0.42	m1 =	1	D1 (in) =	5.75	SN1 =	2.39	h1	5.68031	3 in	Sn1*	2.415	CUMPLE
a2 =	0.135	m2 =	1	D2 (in) =	6	SN2 =	1.62	h2	-5.8982	6 in	sn2*	3.225	CUMPLE
a3 =	0.11	m3 =	1	D3 (in) =	6	SN3 =	2.07	h3	-10.482	-	sn3*	6.3	CUMPLE

Anexo C 15. Diseño de curvas verticales

CALCULO DE UNA CUERDA CIRCULAR POR	
TIPO DE CURVA	SIMPLE DERECHA
D =	150°
PIV =	11+902
m =	7.80%
n =	-560.00%
LCv =	103.85

Calcular la abscisa y la cota del punto mal alto de la curva	
i =	m-n
i =	13.45%
x =	0.0785 103.87
	13.45%
x =	60.623011 m

Abscisa PCV = Abscisa del PIV - (LCV/2)		
Abs PCV	=	11902 - $\frac{103.87}{2}$
Abs PCV	=	11850.065

Abscisa de P = abscisa de PVC + x		
Abs P	=	11850.065 + 60.623011
Abs P	=	11910.688

Cota PVC = Cota PIV - m (Lcv/2)			
Cota PVC	=	150	- 4.08
Cota PVC	=	145.92	
y =		$i / (2 Lv) x^2$	
y =		$\frac{0.1345}{240}$	3675.1495
y =		2.059615	

Cota P = Cota PVC + m (x/2)			
Cota P	=	145.92	+ 0.0785 $\frac{60.62301115}{2}$
Cota P	=	148.29945	

Cota PTV = Cota PIV + n (Lcv/2)			
Cota PTV =	150	-	2.90836

Cota PTV = 147.09164			
PCV	11850.065		145.92
PIV	11902		150
PTV	11953.935		147.09164

	ABS	COTA	x	COTA m	y
PVC	11850.065	145.92	0	145.92	0
	11860.065	146.6402556	10	146.705	0.0647444
	11870.065	147.2310224	20	147.49	0.2589776
	11880.065	147.6923005	30	148.275	0.5826995
	11890.065	148.0240897	40	149.06	1.0359103
	11900.065	148.2263902	50	149.845	1.6186098
PIV	11910.065	148.2992019	60	150.63	2.3307981
	11920.065	148.2425248	70	151.415	3.1724752
	11930.065	148.0563589	80	152.2	4.1436411
	11940.065	147.7407042	90	152.985	5.2442958
	11950.065	147.2955608	100	153.77	6.4744392
	11960.065	146.7209286	110	154.555	7.8340714
PTV	11970.065	146.0168075	120	155.34	9.3231925

N	Pendiente de entrada	Pendiente de Salida	Abscisa PIV	Cota PIV	Distancia de visibilidad (S)	Tipo	Coefficiente K min	k	L. curva vertical (m)
1	-2.36%	2.26%	12+0.68	2627.68	35	concava	5	23.25	80.19
2	-3.65%	-5.93%	13+718	2481.23	35	convexa	3	22.58	92.66
3	-5.75%	-1.84%	14+500.25	2426.45	35	convexa	3	33.84	50.52

Anexo C 16. Diseño de curvas simples horizontales


CALCULO DE DATOS DE CURVAS DE LA VIA													
N°CURVA	DIRECCION	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PI	PC	PI	P. NORTE	PI. ESTE
Pi:1	N19° 09' 10"E	12°37'46"	160	17.71	35.27	35.2	0.98	0.97	11+617.71	11+600.00	11+635.27	9687667.86	746283.28
Pi:2	N2° 01' 23"W	54°58'53"	65	33.82	62.37	60.01	8.27	7.34	11+728.17	11+694.34	11+756.72	9687767.72	746330.84
Pi:3	N9° 05' 35"W	40°50'30"	55	20.48	39.21	38.38	3.69	3.46	11+839.04	11+818.56	11+857.77	9687868.79	746273.62
Pi:4	N65° 35' 59"W	153°51'17"	33.75	145.35	90.63	65.75	115.46	26.12	12+042.03	11+896.69	11+987.32	9688069.55	746313.84
Pi:5	S45° 32' 30"W	16°08'15"	100	14.18	28.17	28.07	1	0.99	12+036.76	12+022.59	12+050.75	9687914.95	746195.33
Pi:6	N40° 22' 43"W	172°01'18"	25.55	366.38	76.71	50.98	341.72	23.77	12+417.14	12+050.75	12+127.46	9687689.18	745888.97
Pi:7	N43° 02' 58"E	5°09'58"	100	4.51	9.02	9.01	0.1	0.1	12+220.72	12+216.21	12+225.22	9688010.59	746217.56
Pi:8	N89° 13' 28"E	97°30'59"	45	51.33	76.59	67.67	23.26	15.33	12+313.73	12+262.40	12+338.99	9688081.36	746277.93
Pi:9	S36° 23' 13"E	11°15'39"	150	14.79	29.48	29.43	0.73	0.72	12+422.98	12+408.19	12+437.68	9687980.82	746368.50
Pi:10	S37° 24' 29"E	13°18'10"	150	17.49	34.83	34.75	1.02	1.01	12+490.31	12+472.82	12+507.64	9687922.89	746402.98
Pi:11	S21° 09' 27"E	45°48'12"	50	21.12	39.97	38.92	4.28	3.94	12+555.12	12+533.99	12+573.96	9687876.20	746448.16
Pi:12	S76° 43' 20"E	156°55'57"	25.5	124.96	69.84	49.97	102.03	20.4	12+732.90	12+607.94	12+677.78	9687696.23	746442.68
Pi:13	S84° 19' 19"E	141°43'57"	28	80.71	69.26	52.91	57.42	18.82	12+883.89	12+803.18	12+872.44	9687996.73	746581.60
Pi:14	S26° 13' 20"E	25°31'59"	80	18.13	35.65	35.36	2.03	1.98	13+002.53	12+984.41	13+020.06	9687791.73	746630.65
Pi:15	S25° 09' 09"E	27°40'21"	95	23.4	45.88	45.44	2.84	2.76	13+056.67	13+033.27	13+079.16	9687749.18	746665.09
Pi:16	S17° 23' 26"E	12°08'54"	185	19.69	39.23	39.15	1.04	1.04	13+140.83	13+121.15	13+160.37	9687665.76	746681.79
Pi:17	S2° 59' 48"E	40°56'10"	90	33.59	64.3	62.94	6.06	5.68	13+228.87	13+195.28	13+259.58	9687584.86	746716.90
Pi:18	S10° 49' 08"W	13°18'17"	90	10.5	20.9	20.85	0.61	0.61	13+281.55	13+271.05	13+291.95	9687531.86	746700.22
Pi:19	S1° 47' 38"W	4°44'43"	35	1.45	2.9	2.9	0.03	0.03	13+311.35	13+309.90	13+312.80	9687502.05	746698.05
Pi:20	S72° 47' 37"E	144°25'47"	30	93.52	75.62	57.13	68.22	20.84	13+443.76	13+350.23	13+425.86	9687369.65	746699.39
Pi:21	N23° 45' 23"E	22°28'13"	70	13.91	27.45	27.28	1.37	1.34	13+453.31	13+439.40	13+466.85	9687468.75	746768.76
Pi:22	N8° 42' 59"E	7°36'34"	70	4.66	9.3	9.29	0.15	0.15	13+484.23	13+479.58	13+488.87	9687499.29	746775.54
Pi:23	N85° 05' 40"E	160°21'57"	30.8	178	86.21	60.7	149.84	25.55	13+722.16	13+544.16	13+630.37	9687736.36	746795.92
Pi:24	S34° 26' 26"E	39°26'10"	75	26.88	51.62	50.61	4.67	4.4	13+765.16	13+738.28	13+789.90	9687433.84	746875.41
Pi:25	S10° 15' 42"W	128°50'26"	31	64.76	69.71	55.92	40.8	17.62	13+908.38	13+843.62	13+913.33	9687348.73	746993.24
Pi:26	S12° 03' 21"E	173°28'31"	31.25	548.24	94.62	62.4	517.88	29.47	14+502.41	13+954.17	14+048.78	9687176.00	746362.63

Anexo C 17. Diseño de cunetas para la vía

N° Alcantarilla	Cota inicial	Cota final	Longitud entre sumideros (m)	S	Za	Zb	d(m)	a(m)	I(m)	n	Área del canal (m ²)	Perímetro mojado (m)	Radio Hidraulico	Velocidad (m/s)
1	2642.81	2598.75	190.57	0.23	2.00	1.00	0.20	0.40	0.60	0.01	0.06	0.73	0.08	6.99
2	2598.75	2588.59	128.98	0.08	2.00	1.00	0.20	0.40	0.60	0.01	0.06	0.73	0.08	4.08
3	2588.59	2575.95	143.44	0.09	2.00	1.00	0.20	0.40	0.60	0.01	0.06	0.73	0.08	4.32
4	2575.95	2543.43	161.66	0.20	2.00	1.00	0.20	0.40	0.60	0.01	0.06	0.73	0.08	6.52
5	2543.43	2518.77	275.18	0.09	2.00	1.00	0.20	0.40	0.60	0.01	0.06	0.73	0.08	4.35
6	2518.77	2480.31	178.00	0.22	2.00	1.00	0.20	0.40	0.60	0.01	0.06	0.73	0.08	6.76
7	2480.31	2449.21	210.27	0.15	2.00	1.00	0.20	0.40	0.60	0.01	0.06	0.73	0.08	5.59
8	2449.21	2435.22	156.27	0.09	2.00	1.00	0.20	0.40	0.60	0.01	0.06	0.73	0.08	4.35
9	2435.22	2426.72	104.87	0.08	2.00	1.00	0.20	0.40	0.60	0.01	0.06	0.73	0.08	4.14
10	2426.72	2411.31	126.66	0.12	2.00	1.00	0.20	0.40	0.60	0.01	0.06	0.73	0.08	5.07

Caudal (m ³ /s)	Área del carril (ha)	Área de la cuenca	Área de aporte ha	C Escorrentia	Intensidad	Vo (m/s)	a	te (s)	qmax (m ³ /s/m)	Qd1 (m ³ /s)	Qd2 (m ³ /s)	Qd	Verificación
0.42	0.06	0.67	0.72	0.25	88.00	0.24	36.99	15.49	0.00	0.01	0.04	0.06	Cumple
0.24	0.04	0.45	0.49	0.25	88.00	0.00	21.59	21.40	0.00	0.01	0.03	0.04	Cumple
0.26	0.04	0.50	0.55	0.25	88.00	0.00	22.84	20.69	0.00	0.01	0.03	0.04	Cumple
0.39	0.05	0.57	0.61	0.25	88.00	0.00	34.50	16.16	0.00	0.01	0.04	0.05	Cumple
0.26	0.08	0.96	1.05	0.25	88.00	0.00	23.02	20.59	0.00	0.02	0.06	0.08	Cumple
0.41	0.05	0.62	0.68	0.25	88.00	0.00	35.76	15.81	0.00	0.01	0.04	0.05	Cumple
0.34	0.06	0.74	0.80	0.25	88.00	0.00	29.58	17.72	0.00	0.02	0.05	0.06	Cumple
0.26	0.05	0.55	0.59	0.25	88.00	0.00	23.02	20.60	0.00	0.01	0.04	0.05	Cumple
0.25	0.03	0.37	0.40	0.25	88.00	0.00	21.90	21.22	0.00	0.01	0.02	0.03	Cumple
0.30	0.04	0.44	0.48	0.25	88.00	0.00	26.83	18.79	0.00	0.01	0.03	0.04	Cumple

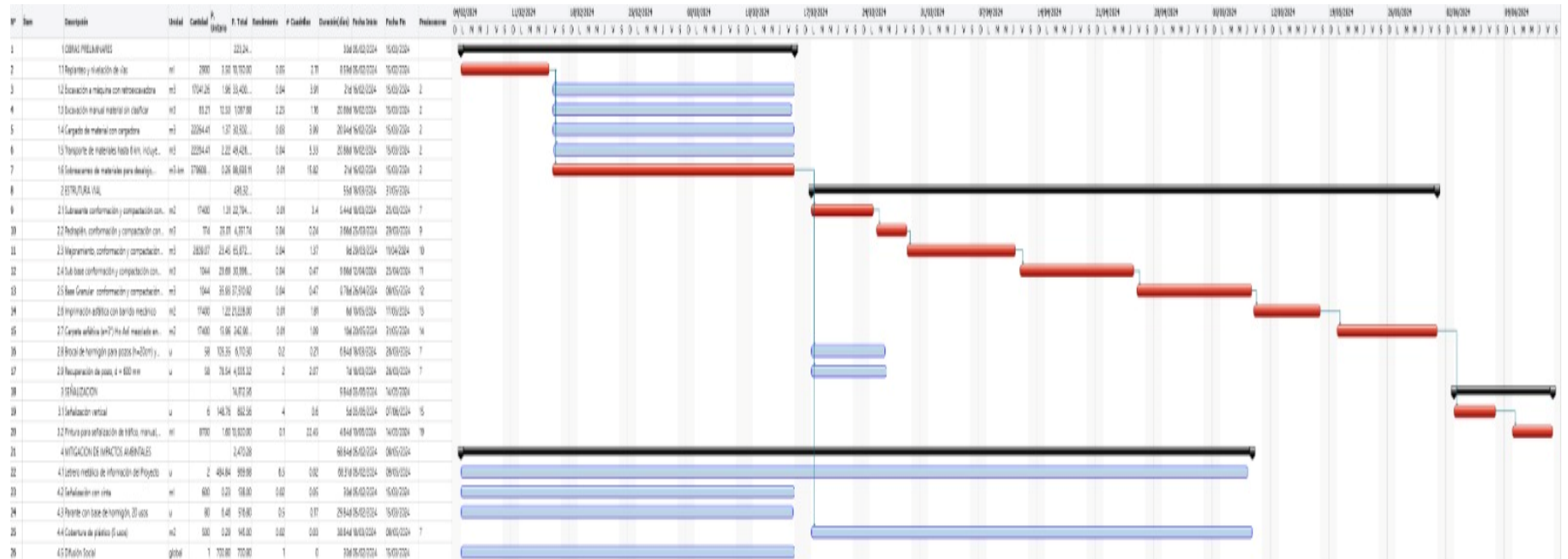
Anexo D 18. Cronograma valorado

PROYECTO VIAL SAN CRISTÓBAL - MALIMA DEL KM 11.2 AL KM 14.5							CRONOGRAMA VALORADO									
NOMBRE DEL OFERENTE: ING PATRICIO MORA - ING EDGAR TAIBE																
Item	Codigo	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unit.	P.Total	PERIODOS									
							1	2	3	4	5					
1		OBRAS PRELIMINARES				223 245.89		111 401.85		111 844.04		0.00		0.00		0.00
1.1	500004	Replanteo y nivelación de vías	ml	2 900.00	3.50	10 150.00	100.00	10 150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.2	500010	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	17 041.26	1.96	33 400.87	47.62	15 905.18	52.38	17 495.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.3	500014	Excavación manual material sin clasificar	m3	85.21	12.53	1 067.68	48.34	516.10	51.66	551.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.4	500001	Cargado de material con cargadora	m3	22 264.41	1.37	30 502.24	47.76	14 568.23	52.24	15 934.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.5	500002	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	22 264.41	2.22	49 426.99	47.07	23 263.24	52.93	26 163.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.6	500003	Sobrecarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, Distancia > 6 Km	m3-km	379 608.13	0.26	98 698.11	47.62	46 999.10	52.38	51 699.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2		ESTRUTURA VIAL				436 323.33		0.00		41 608.19		104 577.17		290 137.97		0.00
2.1	500005	Subrasante conformación y compactación con equipo pesado	m2	17 400.00	1.31	22 794.00	0.00	0.00	100.00	22 794.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.2	500006	Pedrapón, conformación y compactación con equipo pesado	m3	174.00	25.01	4 351.74	0.00	0.00	100.00	4 351.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.3	500007	Mejoramiento, conformación y compactación con equipo pesado	m3	2 809.07	23.45	65 872.69	0.00	0.00	5.76	3 796.83	94.24	62 075.86	0.00	0.00	0.00	0.00
2.4	500040	Sub base conformación y compactación con equipo pesado	m3	1 044.00	29.69	30 996.36	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	30 996.36	0.00	0.00	0.00	0.00
2.5	500041	Base Granular conformación y compactación con equipo pesado	m3	1 044.00	35.93	37 510.92	0.00	0.00	0.00	0.00	30.67	11 504.95	69.33	26 005.97	0.00	0.00
2.6	500011	Imprimación asfáltica con barrido mecánico	m2	17 400.00	1.22	21 228.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	21 228.00	0.00	0.00
2.7	500039	Carpeta asfáltica (e=3") Ho Asf. mezclado en planta	m2	17 400.00	13.96	242 904.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	242 904.00	0.00	0.00
2.8	500013	Brocal de hormigón para pozos (h=20cm) y tapa (h=10cm) cónicos, D=700mm, Tipo A	u	58.00	105.35	6 110.30	0.00	0.00	100.00	6 110.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.9	500017	Recuperación de pozo, d = 600 mm	u	58.00	78.54	4 555.32	0.00	0.00	100.00	4 555.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3		OBRAS DE DRENAJE CUNETAS				92 397.93		0.00		0.00		0.00		0.00		92 397.93
3.1	500014	Excavación manual material sin clasificar	m3	174.00	12.53	2 180.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	2 180.22
3.2	506002	Cargado de material con minicargadora	m3	226.20	2.00	452.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	452.40
3.3	506005	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	226.20	2.22	502.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	502.16
3.4	506007	Sobrecarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, distancia > 6 Km	m3-km	2 504.03	0.23	575.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	575.93
3.5	505017	Subrasante conformación y compactación con equipo liviano	m2	3 480.00	2.36	8 212.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	8 212.80
3.6	505019	Mejoramiento, conformación y compactación con equipo liviano	m3	87.00	30.25	2 631.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	2 631.75
3.7	512005	Encofrado de madera recto (2 usos)	m2	1 444.30	10.37	14 977.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	14 977.39
3.8	507003	Hormigón simple f'c = 210 kg/cm2	m3	423.43	129.10	54 664.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	54 664.81
3.9	528004	Corte y sellado de juntas con poliuretano, incluye cordón e imprimante	m	1 411.44	3.95	5 575.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	5 575.19
3.10	509005	Curado de superficie con aditivo químico	m2	4 234.33	0.62	2 625.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	2 625.28
4		SEÑALIZACIÓN				14 812.56		0.00		0.00		0.00		0.00		14 812.56
4.1	500018	Señalización vertical	u	6.00	148.76	892.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	892.56
4.2	500019	Pintura para señalización de tráfico, manual, franja de hasta 15cm	ml	8 700.00	1.60	13 920.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	13 920.00
5		MITIGACION DE IMPACTOS AMBIENTALES				1 860.18		824.93		622.59		320.50		92.16		0.00
5.1	500028	Letrero metálico de información del Proyecto	u	2.00	484.84	969.68	27.81	269.70	30.74	298.09	32.20	312.28	9.24	89.60	0.00	0.00
5.2	500020	Señalización con cinta	ml	200.00	0.23	46.00	63.33	29.13	36.67	16.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.3	500021	Parante con base de hormigón, 20 usos	u	20.00	6.46	129.20	63.66	82.26	36.34	46.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.4	500022	Cobertura de plástico (5 usos)	m2	50.00	0.29	14.50	0.00	0.00	25.74	3.73	56.64	8.21	17.62	2.55	0.00	0.00
5.5	500023	Difusión Social	global	1.00	700.80	700.80	63.33	443.84	36.67	256.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL:						768 639.89										
INVERSION MENSUAL								112 226.78		154 074.82		104 897.67		290 230.13		107 210.49
AVANCE PARCIAL EN %								14.60		20.05		13.65		37.76		13.95
INVERSION ACUMULADA								112 226.78		266 301.60		371 199.27		661 429.40		768 639.89
AVANCE ACUMULADO EN %								14.60		34.65		48.29		86.05		100.00

Anexo D 19. Función Polinómica

PROYECTO VIAL SAN CRISTÓBAL - MALIMA DEL KM 11.2 AL KM 14.5						
FÓRMULA POLINÓMICA						
Término	Descripción	Costo Directo	Coeficiente			
B	Cuadrilla Tipo	94 001.48	0.147			
C	Combustibles (O)	28 446.39	0.044			
D	Cemento Portland - Tipo I - Sacos	89.39	0.000			
E	Equipo y maquinaria de Construc. vial	73 798.05	0.115			
F	Acero en barras (Modif)	7 671.33	0.012			
G	Betún petróleo (Asfalto) (O)	68 334.88	0.107			
M	Madera aserrada, cepillada y/o escuadrada (preparada)	927.86	0.001			
P	Materiales pétreos (Azuay)	95 659.33	0.149			
Q	Pinturas al látex	81 097.57	0.127			
R	Repuestos para maquinaria de construcción	36 899.02	0.058			
X	Índice de Precios al Consumidor Urbano - Cuenca	153 607.93	0.240			
Totales:		640 533.24	1.000			
$PR = P0 (0.14700 B1/B0 + 0.04400 C1/C0 + 0.00000 D1/D0 + 0.11500 E1/E0 + 0.01200 F1/F0 + 0.10700 G1/G0 + 0.00100 M1/M0 + 0.14900 P1/P0 + 0.12700 Q1/Q0 + 0.05800 R1/R0 + 0.24000 X1/X0)$						
CUADRILLA TIPO						
Término	Descripción	Salario Ley	Salario Efectivo	Horas Hombre	Costo Directo	Coeficiente
401	Estructura Ocupacional E2	3.83	3.83	6 050.32	23 172.73	0.200
402	Estructura Ocupacional D2	3.87	3.87	5 014.84	19 407.42	0.166
403	Estructura Ocupacional C2	4.09	4.09	2 343.66	9 585.57	0.077
404	Topografía	4.29	4.29	2 079.99	8 923.16	0.069
405	Estructura Ocupacional C1 (Grupo I)	4.29	4.29	2 095.60	8 990.13	0.069
406	Estructura Ocupacional C2 (Grupo II)	4.09	4.09	734.76	3 005.16	0.255
407	Choferes Profesionales	5.15	5.62	2 096.48	11 782.22	0.069
408	Estructura Ocupacional C1	5.62	5.62	2 867.13	16 113.30	0.095
Totales:				23 282.78	100 979.69	1.000
$+ 0.2 \text{ SHR Estructura Ocupacional E2} + 0.166 \text{ SHR Estructura Ocupacional D2} + 0.077 \text{ SHR Estructura Ocupacional C2} + 0.069 \text{ SHR Topografía} + 0.069 \text{ SHR Estructura Ocupacional C1 (Grupo I)} + 0.255 \text{ SHR Estructura Ocupacional C2 (Grupo II)} + 0.069 \text{ SHR Choferes Profesionales} + 0.095 \text{ SHR Estructura Ocupacional C1}$						

Anexo D 20. Ruta crítica del proyecto



Anexo E 21. Evaluación de alcantarillas en la vía

Nº Alcantarilla	CODIGO	Area (Ha)	Perimetro (km)	Longitud (m)	Cota mayor	Cota menor	S (m/m)
1	AI	0.98	0.66	267.27	2680.00	2598.16	0.31
2	AI	1.00	0.76	318.58	2680.00	2563.46	0.37
3	AI	1.37	0.66	287.50	2621.36	2543.67	0.27
4	AI	4.21	0.97	198.43	2680.00	2560.00	0.60
5	AI	2.81	0.84	312.17	2600.00	2440.00	0.51
6	AI	2.20	1.03	457.26	2600.00	2400.00	0.44
7	AI	2.39	0.84	333.12	2480.00	2400.00	0.24
8	AI	0.30	0.27	149.22	2445.00	2400.00	0.30
9	AI	2.10	0.07	105.98	2410.00	2320.00	0.85
10	AI	1.35	0.05	46.42	2400.00	2365.00	0.75

Nº Alcantarilla	Tr (años)	Longitud media del cauce (km)	Pendiente (m/m)	Tiempo de concentración (h)	Intensidad (mm/h)	Coefficiente de mapa	Area (Ha)	Caudal (l/s)	Caudal (m ³ /s)
		L	S	Tc	I	C	A	Q	Q
1	25	0.267	0.306	0.038	159.128	0.900	0.983	391.370	0.391
2	25	0.319	0.366	0.040	157.278	0.900	1.003	394.689	0.395
3	25	0.288	0.270	0.042	156.215	0.900	1.367	534.293	0.534
4	25	0.198	0.605	0.023	171.181	0.900	4.209	1802.619	1.803
5	25	0.312	0.513	0.035	161.248	0.900	2.808	1132.670	1.133
6	25	0.457	0.437	0.050	151.176	0.900	2.195	830.306	0.830
7	25	0.333	0.240	0.049	151.569	0.900	2.392	906.965	0.907
8	25	0.149	0.302	0.024	170.120	0.900	0.303	129.071	0.129
9	25	0.106	0.849	0.012	182.228	0.900	2.099	956.960	0.957
10	25	0.046	0.754	0.007	189.152	0.900	1.350	638.898	0.639

N° alcnatarilla	cotas inicial msnm	cota final msnm	longitud m	pendiente	caudal de diseño m ³ /s	diametro m	velocidad (m/s)	coeficiente de rugosidad	K4	Y/D	Condicion
1	2642.81	2641.78	10.46	9.85%	0.50	1.50	6.80	0.02	0.00	0.39	CUMPLE
2	2598.75	2598.35	9.71	4.16%	0.39	1.50	8.16	0.01	0.00	0.46	CUMPLE
3	2588.59	2587.83	11.14	6.86%	0.39	1.50	5.68	0.02	0.00	0.39	CUMPLE
4	2575.95	2574.89	21.47	4.91%	1.38	1.50	4.80	0.02	0.00	0.14	CUMPLE
5	2543.43	2543.21	10.48	2.06%	1.80	1.50	3.11	0.02	0.00	0.18	CUMPLE
6	2518.77	2516.91	10.45	17.88%	1.13	1.50	9.16	0.02	0.00	0.49	CUMPLE
7	2480.31	2479.68	11.80	5.31%	0.83	1.50	4.99	0.02	0.00	0.11	CUMPLE
8	2449.21	2448.66	12.54	4.41%	0.91	1.50	4.55	0.02	0.00	0.13	CUMPLE
9	2435.22	2434.58	10.98	5.87%	0.13	1.50	5.25	0.02	0.00	0.63	CUMPLE
10	2426.72	2425.85	12.55	6.93%	0.96	1.50	5.70	0.02	0.00	0.11	CUMPLE

Anexo E 22. Fichas de alcantarillas con datos encontrados

Ficha de Registro Pasos de Aguay Atarjeas

N°1

País	Provincia	Cantón
Ecuador	Azuay	Paute

ENTRADA



Coordenadas UTM

Norte:	9687850.31
Este:	746277.365
Cota invert:	2642.814

Estructura

	SI	NO
Cabezal		
Caja	x	

Observaciones

La alcantarilla se encuentra cubierta de maleza y tierra provocando un difícil acceso.

SALIDA



Coordenadas UTM

Norte:	96876857.04
Este:	746285.369
Cota invert:	2641.784

Estructura

	SI	NO
Cabezal	x	
Caja		

Observaciones

La alcantarilla se encuentra cubierta de maleza.

ALCANTARILLA

Material	Longitud	Observaciones
PVC	10.51 m	
Hormigón	Diámetro	
Armico	1500 mm	
	x	Tubería en buen estado.



Ficha de Registro Pasos de Aguay Atarjeas

N°2

País	Provincia	Cantón
Ecuador	Azuay	Paute

ENTRADA



Coordenadas UTM

Norte:	9688021.81
Este:	746324.02
Cota invert:	2598.753

Estructura

	SI	NO
Cabezal		
Caja	x	

Observaciones

La alcantarilla se encuentra cubierta de maleza y tierra provocando un difícil acceso.

SALIDA



Coordenadas UTM

Norte:	9688027.4
Este:	746331.957
Cota invert:	2598.349

Estructura

	SI	NO
Cabezal	x	
Caja		

Observaciones

La alcantarilla se encuentra cubierta de maleza y tierra provocando un colapso en la tubería.

ALCANTARILLA

Material		Longitud	Observaciones
PVC		9.72 m	
Hormigón	x	Diámetro	
Armico		1500 mm	

Tubería en buen estado.



Ficha de Registro Pasos de Aguay Atarjeas

N°3

País	Provincia	Cantón
Ecuador	Azuay	Paute

ENTRADA



Coordenadas UTM		
Norte:	9687917.15	
Este:	746400.835	
Cota invert:	2588.592	
Estructura		
	SI	NO
Cabezal		
Caja	x	
Observaciones		
La alcantarilla se encuentra cubierta de maleza.		

SALIDA



Coordenadas UTM		
Norte:	9687924.59	
Este:	746409.126	
Cota invert:	2587.828	
Estructura		
	SI	NO
Cabezal	x	
Caja		
Observaciones		
La alcantarilla se encuentra completamente cubierta de maleza y no se visualiza.		

ALCANTARILLA

Material	Longitud	Observaciones
PVC	11.16 m	
Hormigón	Diámetro	
Armico	1500 mm	
	x	Tubería colapsada.



Ficha de Registro Pasos de Aguay Atarjeas

N°4

País	Provincia	Cantón
Ecuador	Azuay	Paute

ENTRADA



Coordenadas UTM		
Norte:	9687788.96	
Este:	746464.601	
Cota invert:	2575.945	
Estructura		
	SI	NO
Cabezal		
Caja	x	
Observaciones		
La alcantarilla se encuentra con maleza.		

SALIDA



Coordenadas UTM		
Norte:	9687801.66	
Este:	746481.905	
Cota invert:	2574.89	
Estructura		
	SI	NO
Cabezal		
Caja	x	
Observaciones		
La alcantarilla se encuentra cubierta de maleza y tierra provocando un difícil acceso además se encuentra unido a un canal.		

ALCANTARILLA

Material	Longitud	Observaciones
PVC	21.5 m	
Hormigón	Diámetro	
Armico	1500 mm	
	x	Tubería colapsada.



Ficha de Registro Pasos de Aguay Atarjeas

N°5

País	Provincia	Cantón
Ecuador	Azuay	Paute

ENTRADA



Coordenadas UTM

Norte:	9687782.74
Este:	746631.075
Cota invert:	2543.427

Estructura

	SI	NO
Cabezal		
Caja	x	

Observaciones

La alcantarilla se encuentra cubierta con algo de maleza.

SALIDA



Coordenadas UTM

Norte:	9687788.56
Este:	746639.784
Cota invert:	2543.211

Estructura

	SI	NO
Cabezal	x	
Caja		

Observaciones

La alcantarilla se encuentra cubierta de maleza y tierra provocando un difícil acceso.

ALCANTARILLA

Material	Longitud	Observaciones
PVC	10.48	Tubería en buenas condiciones.
Hormigón	Diámetro	
Armico	1500 mm	



Ficha de Registro Pasos de Aguay Atarjeas

N°6

País	Provincia	Cantón
Ecuador	Azuay	Paute

ENTRADA



Coordenadas UTM

Norte:	9687530.9
Este:	746694.925
Cota invert:	2518.774

Estructura

	SI	NO
Cabezal		
Caja	x	

Observaciones

La alcantarilla se encuentra totalmente cubierta de maleza y no se visualiza.

SALIDA



Coordenadas UTM

Norte:	9687525.63
Este:	746703.954
Cota invert:	2516.905

Estructura

	SI	NO
Cabezal	x	
Caja		

Observaciones

La alcantarilla está en buenas condiciones.

ALCANTARILLA

Material		Longitud	Observaciones
PVC		10.62 m	
Hormigón		Diámetro	
Armico	x	1500 mm	Tubería en buen estado.



Ficha de Registro Pasos de Aguay Atarjeas

N°7

País	Provincia	Cantón
Ecuador	Azuay	Paute

ENTRADA



Coordenadas UTM		
Norte:	9687473.97	
Este:	746859.754	
Cota invert:	2480.31	
Estructura		
	SI	NO
Cabezal		
Caja	x	
Observaciones		
La alcantarilla se encuentra cubierta con algo de maleza.		

SALIDA



Coordenadas UTM		
Norte:	9687472.35	
Este:	746871.44	
Cota invert:	2479.684	
Estructura		
	SI	NO
Cabezal	x	
Caja		
Observaciones		
La alcantarilla se encuentra cubierta de maleza.		

ALCANTARILLA

Material	Longitud	Observaciones
PVC	11.82 m	
Hormigón	Diámetro	
Armico	1500 mm	
	x	Tubería en buen estado.



Ficha de Registro Pasos de Aguay Atarjeas

N°8

País	Provincia	Cantón
Ecuador	Azuay	Paute

ENTRADA



Coordenadas UTM

Norte:	9687331.44
Este:	747024.516
Cota invert:	2449.221

Estructura

	SI	NO
Cabezal		x
Caja		x

Observaciones

La alcantarilla se encuentra totalmente tapada.

SALIDA



Coordenadas UTM

Norte:	9687319.83
Este:	747029.255
Cota invert:	2448.658

Estructura

	SI	NO
Cabezal		x
Caja		x

Observaciones

La alcantarilla se encuentra totalmente tapada

ALCANTARILLA

Material	Longitud	Observaciones
PVC	12.55 m	
Hormigón	Diámetro	
Armico	-	
		Tubería colapsada.



Ficha de Registro Pasos de Aguay Atarjeas

N°9

País	Provincia	Cantón
Ecuador	Azuay	Paute

ENTRADA



Coordenadas UTM

Norte:	9687458.08
Este:	747115.003
Cota invert:	2435.229

Estructura

	SI	NO
Cabezal		
Caja	x	

Observaciones

La alcantarilla se encuentra cubierta con algo de maleza.

SALIDA



Coordenadas UTM

Norte:	9687459.28
Este:	747125.823
Cota invert:	2433.576

Estructura

	SI	NO
Cabezal	x	
Caja		

Observaciones

La alcantarilla se encuentra con algo de maleza y tierra.

ALCANTARILLA

Material		Longitud	Observaciones
PVC		11 m	
Hormigón		Diámetro	
Armico	x	1500 mm	
			Tubería se encuentra cubierta de tierra.



Ficha de Registro Pasos de Aguay Atarjeas

N°10

País	Provincia	Cantón
Ecuador	Azuay	Paute

ENTRADA



Coordenadas UTM

Norte:	9687561.74
Este:	747128.443
Cota invert:	2426.728

Estructura

	SI	NO
Cabezal		
Caja	x	

Observaciones

La alcantarilla se encuentra cubierta de maleza y agua estancada.

SALIDA



Coordenadas UTM

Norte:	9687561.33
Este:	747140.107
Cota invert:	2425.357

Estructura

	SI	NO
Cabezal	x	
Caja		

Observaciones

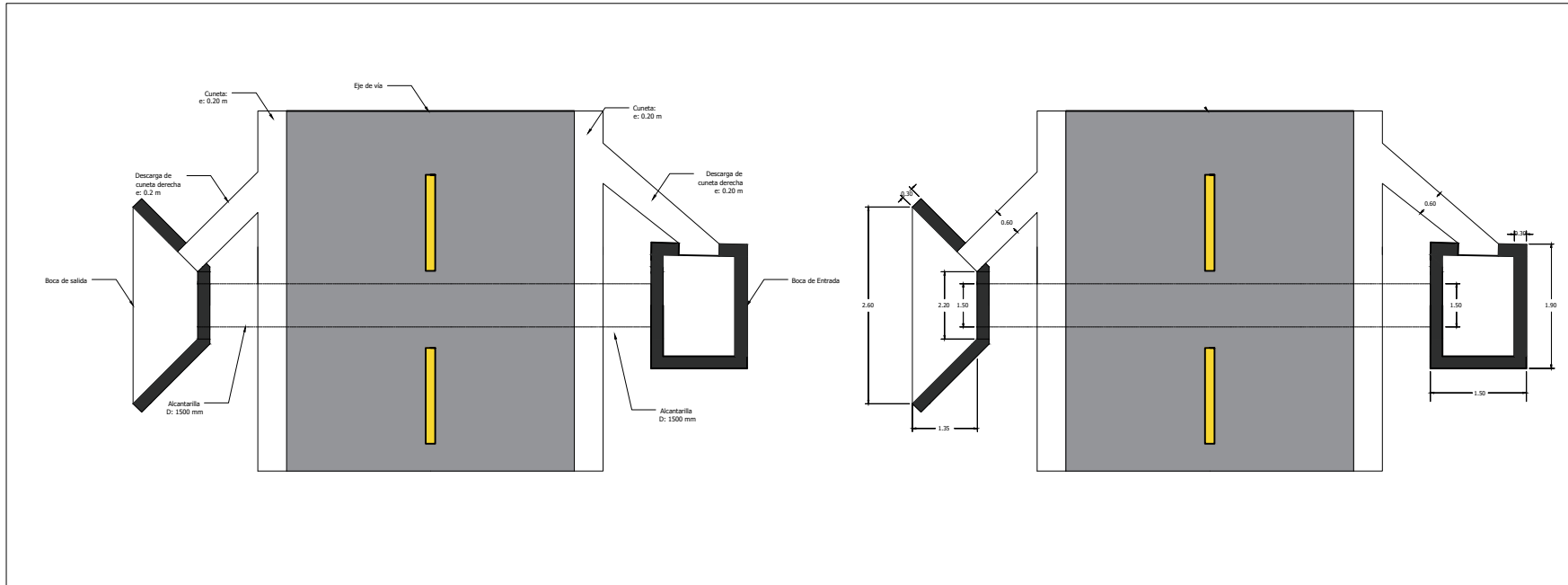
La alcantarilla se encuentra cubierta de maleza y tierra.

ALCANTARILLA

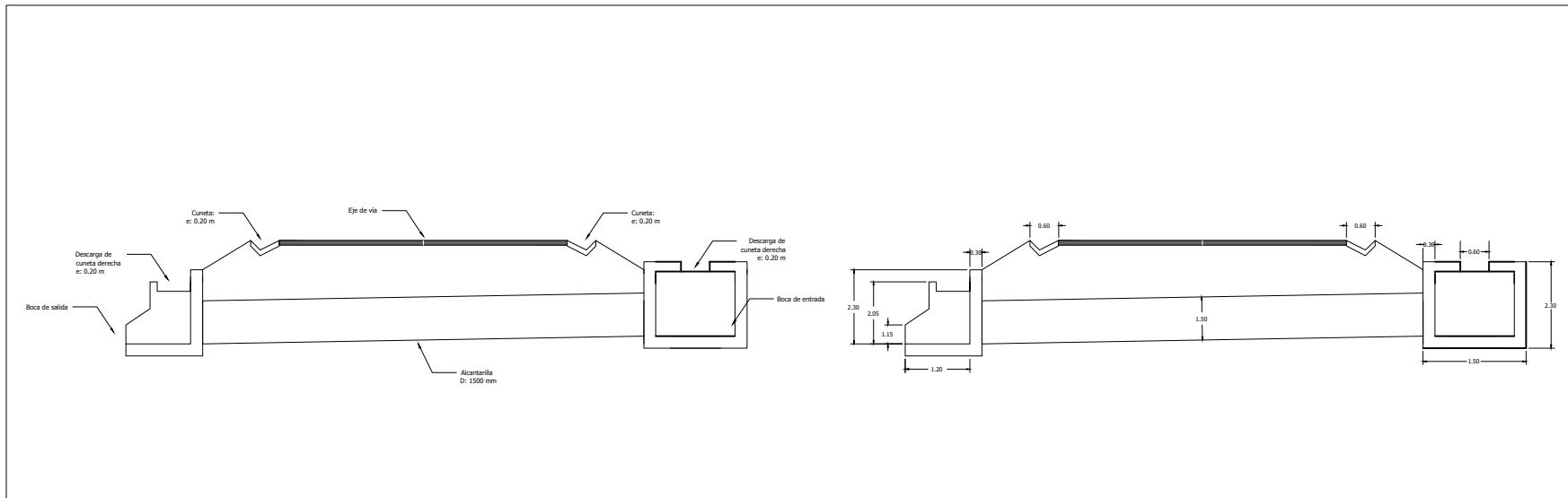
Material	Longitud	Observaciones
PVC	11.75	
Hormigón	Diámetro	
Armico	No visible	
		Tubería totalmente cubierta o colapsada.

Anexo F 23. Planos de proyecto

VISTA EN PLANTA
Esc. 1:50



VISTA EN PERFIL
Esc. 1:50

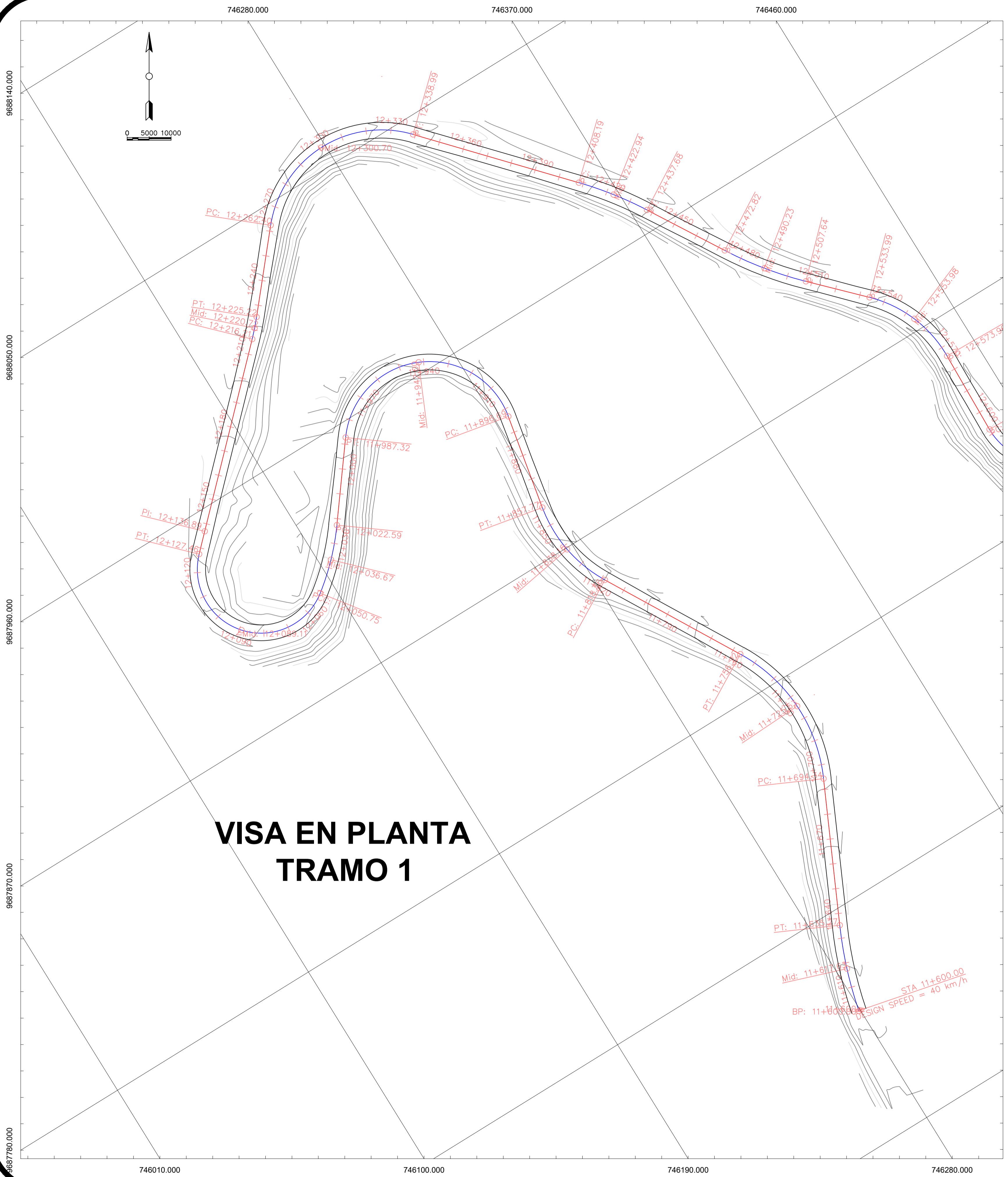


Especificaciones técnicas:
Hormigón: F'c=210 kg/cm²

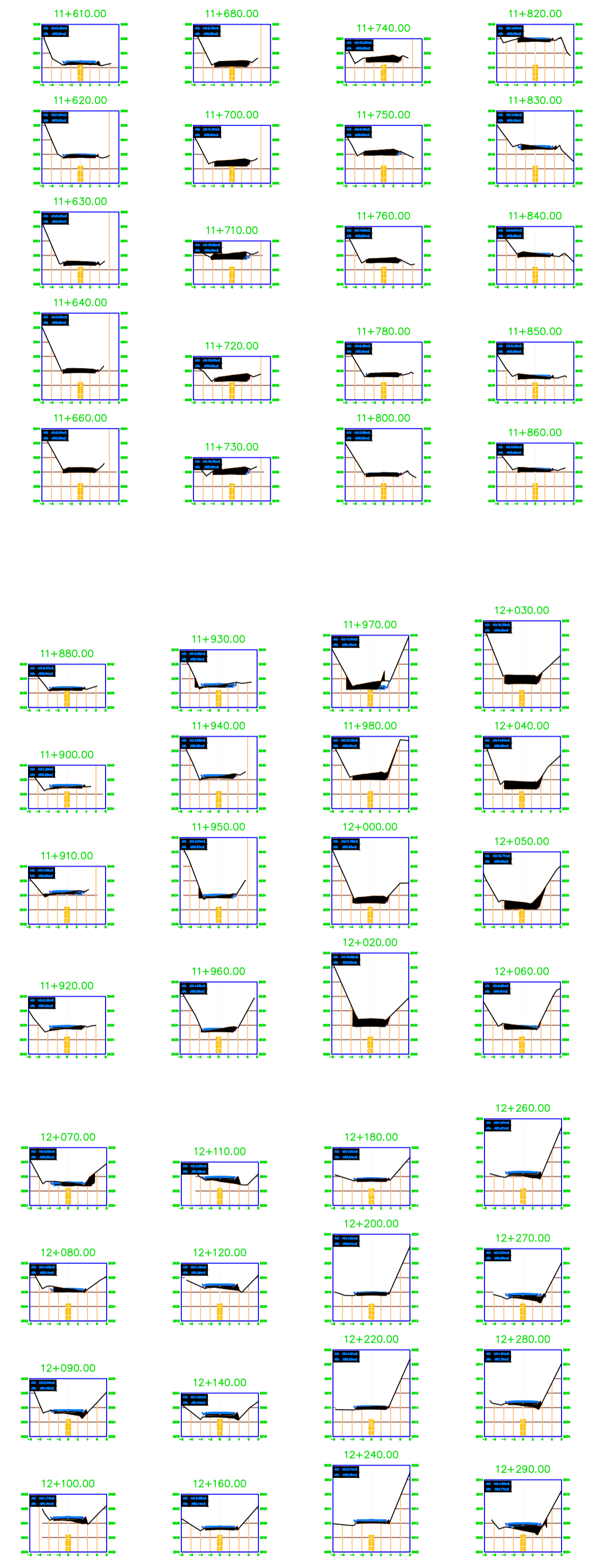
ALCANTARILLAS
D= 1500mm --- Material: Ármico

ABSCISA	DIÁMETRO (mm)	S transv. (%)
11+802 km	1500	9.85
12+343 km	1500	4.16
12+473 km	1500	6.86
12+636 km	1500	4.91
12+972 km	1500	2.06
13+255 km	1500	17.88
13+708 km	1500	5.31
14+154 km	1500	2.06
14+354 km	1500	17.88
14+456 km	1500	5.31

19.03.2007 Planos Tesis.dwg



SECCIONES TRANSVERSALES



General Notes

DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DE LA VÍA SAN CRISTÓBAL-MALIMA DE LA ABCISA 11+600 HASTA LA ABCISA 14+500 KM, PERTENECIENTE AL CANTÓN PAUTE PROVINCIA DEL AZUAY.

Diseño de curvas y pavimento en la vía de San Cristóbal, donde se expone los distintos cortes realizados en la vía y donde se expone los valores de corte y relleno, los cuales se expondrán en el valor presupuestario de construcción.

La zona de corte se expone a una distancia de 10 m.

Exposición de mejoras que se pueden realizar en curvas.

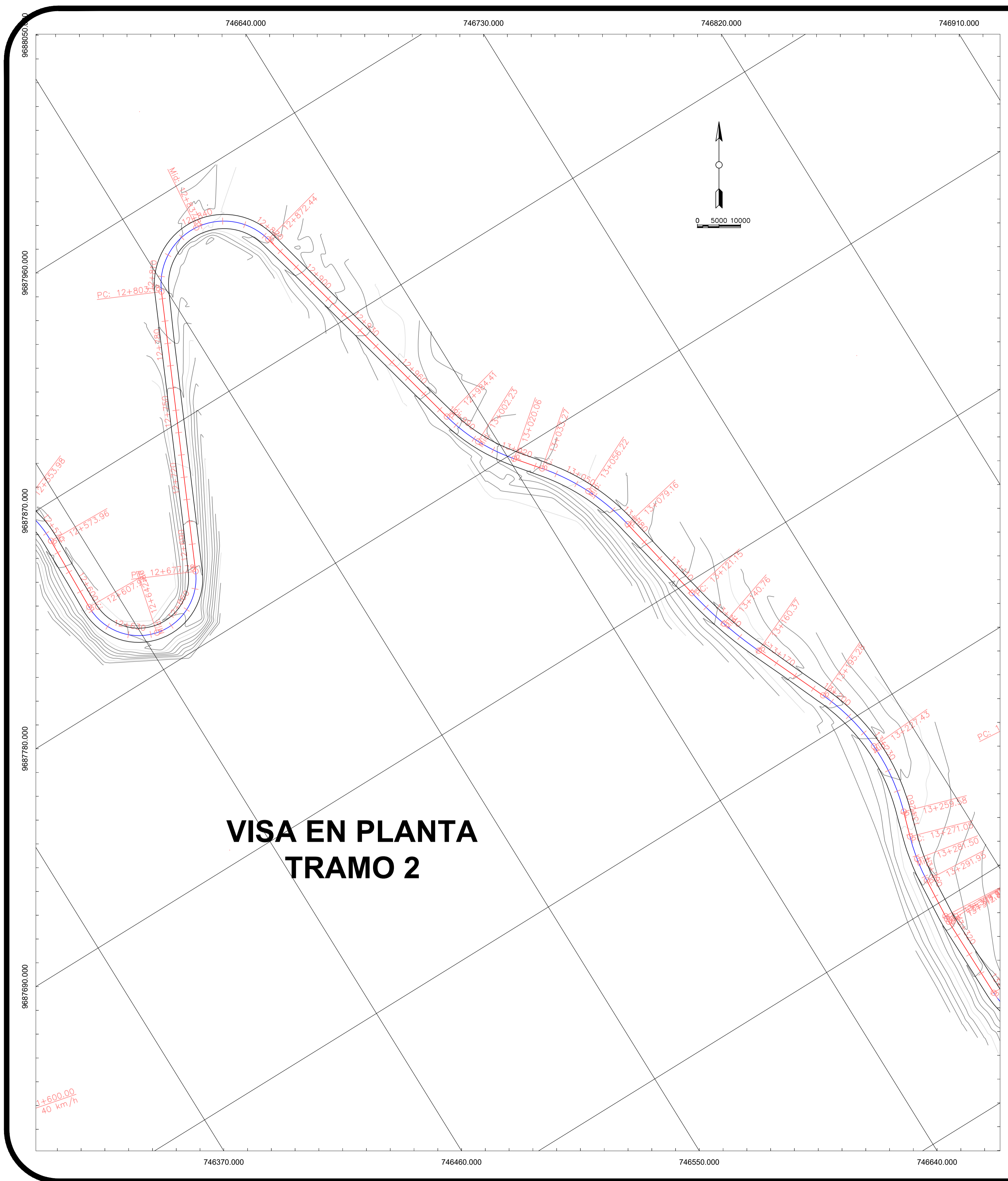
Se representa el PI, el PO y el PT, que son valores para ajustes o rediseños que se deseen realizar.

Ing.Msc.Iván Mejía Regalado		
No.	Revision/Issue	Date

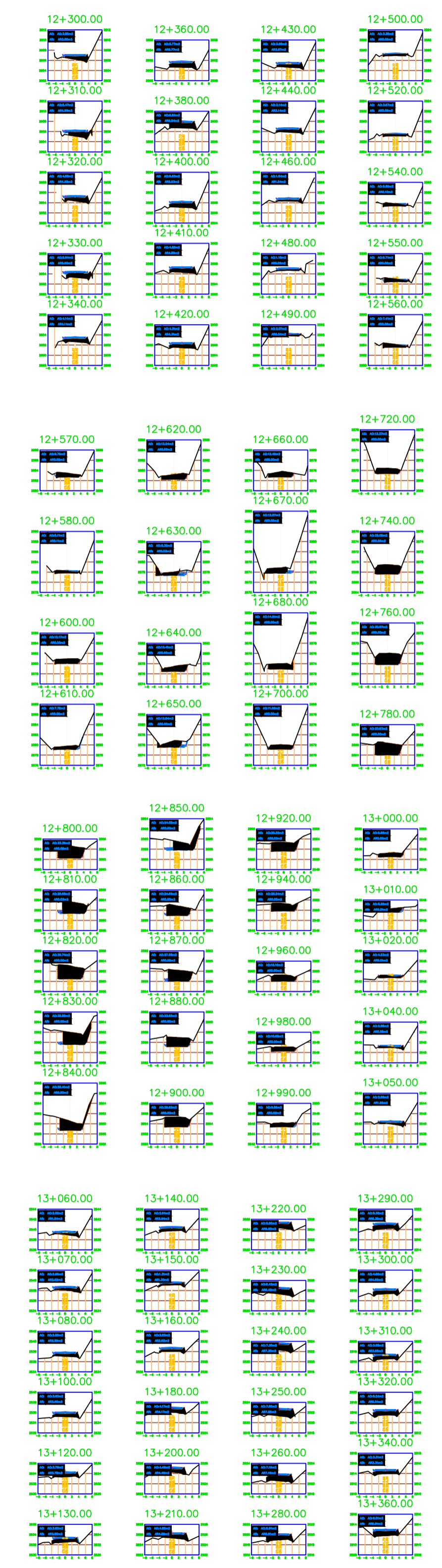
Firm Name and Address
 Jaime Patricio Mora Barros
 Edgar Fabián Taipe Orellana

Project Name and Address
 Diseño Geométrico de la vía San Cristóbal Malima en el cantón Paute provincia Azuay.

Project	Tesis de Grado	Sheet	1
Date	21.01.2024		
Scale	1:10000		



SECCIONES TRANSVERSALES



General Notes



DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DE LA VÍA SAN CRISTÓBAL-MALIMA DE LA ABCISA 11+600 HASTA LA ABCISA 14+500 KM, PERTENECIENTE AL CANTÓN PAUTE PROVINCIA DEL AZUAY.

Diseño de curvas y pavimento en la vía de San Cristóbal, donde se expone los distintos cortes realizados en la vía y donde se expone los valores de corte y relleno, los cuales se expondrán en el valor presupuestario de construcción.

La zona de corte se expone a una distancia de 10 m.

Exposición de mejoras que se pueden realizar en curvas.

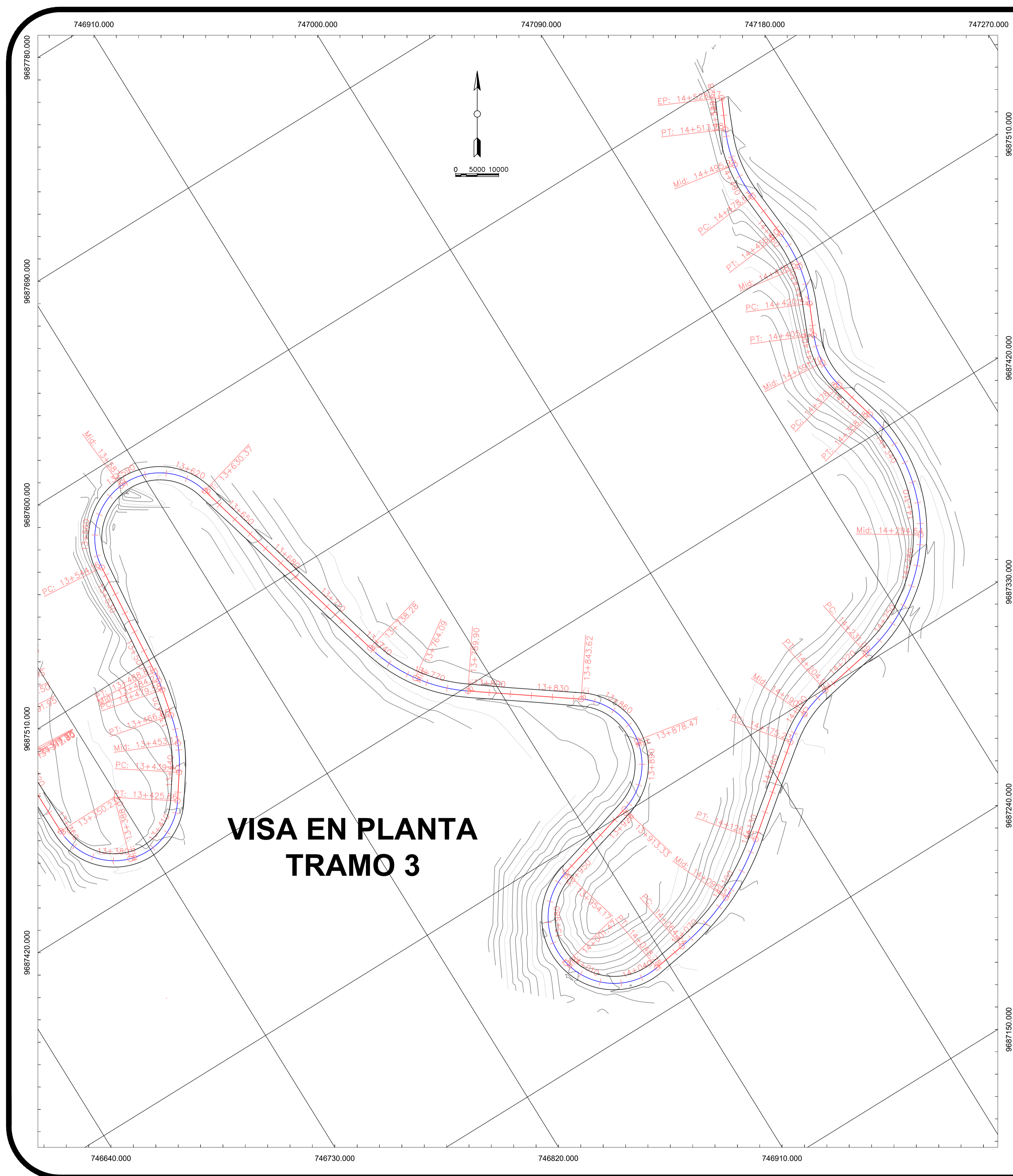
Se representa el PI, el PO y el PT, que son valores para ajustes o rediseños que se deseen realizar.

Ing.Msc.Iván Mejía Regalado		
No.	Revision/Issue	Date

Firm Name and Address
 Jaime Patricio Mora Barros
 Edgar Fabián Taipe Orellana

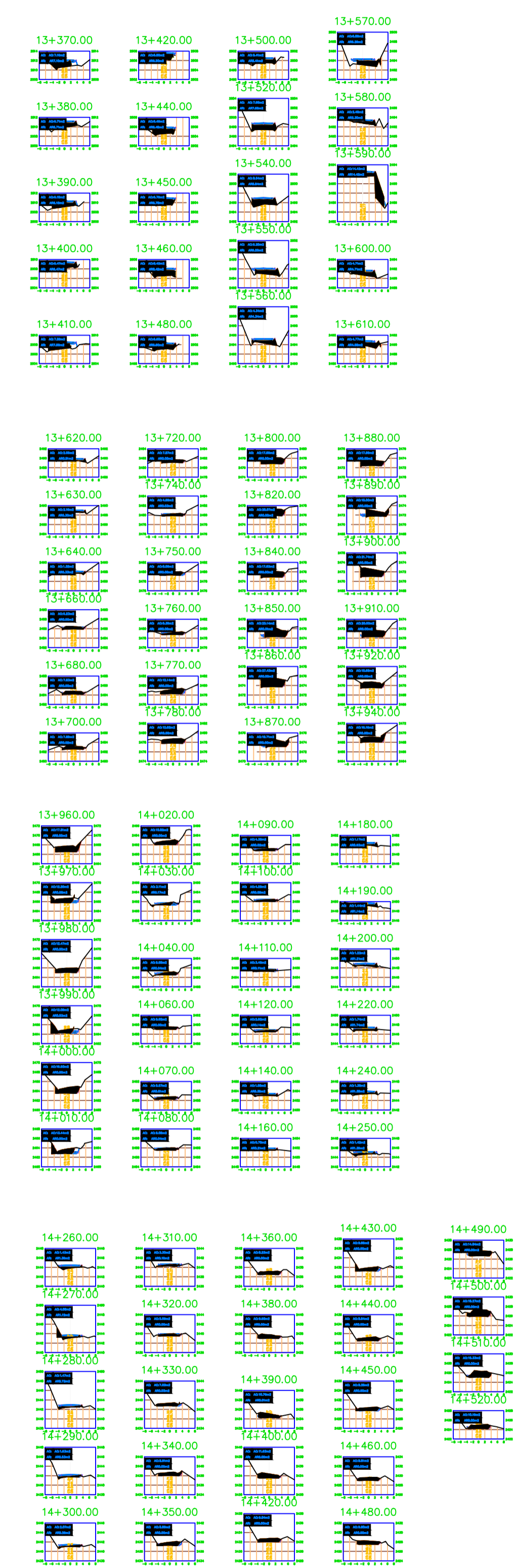
Project Name and Address
 Diseño Geométrico de la vía San Cristóbal Malima en el cantón Paute provincia Azuay.

Project	Tesis de Grado	Sheet	2
Date	21.01.2024		
Scale	1:10000		



VISA EN PLANTA TRAMO 3

SECCIONES TRANSVERSALES



General Notes



DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DE LA VÍA SAN CRISTÓBAL-MALIMA DE LA ABCSCIA 11+600 HASTA LA ABCSCIA 14+500 KM, PERTENECIENTE AL CANTÓN PAUTE PROVINCIA DEL AZUAY.

Diseño de curvas y pavimento en la vía de San Cristóbal, donde se expone los distintos cortes realizados en la vía y donde se expone los valores de corte y relleno, los cuales se expondrán en el valor presupuestario de construcción.

La zona de corte se expone a una distancia de 10 m.

Exposición de mejoras que se pueden realizar en curvas.

Se representa el PI, el PO y el PT, que son valores para ajustes o rediseños que se deseen realizar.

Ing.Msc.Iván Mejía Regalado		
No.	Revision/Issue	Date

Firm Name and Address
Jaime Patricio Mora Barros
Edgar Fabián Taipe Orellana

Project Name and Address
Diseño Geométrico de la vía San Cristóbal Malima en el cantón Paute provincia Azuay.

Project Tesis de Grado	Sheet 3
Date 21.01.2024	
Scale 1:10000	

PERFIL LONGUITUDINAL



DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DE LA VÍA SAN CRISTÓBAL-MALIMA DE LA ABCISA 11+600 HASTA LA ABCISA 14+500 KM, PERTENECIENTE AL CANTÓN PAUTE PROVINCIA DEL AZUAY

PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA
Azuay	Paute	San Cristobal

PERFIL LONGUITUDINAL TRAMO

CONTIENE:

DISEÑO:	Jaime Patricio Mora Barros Edgar Fabian Taipe Orellana	
REVISADO:	Ing. Ivan Mejia	
ESCALA:	INDICADAS	
FECHA:	ENERO DE 2024	
TIPO:	VIAL	Lámina No 2

EJE TRAMO 5 PROFILE

