



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA EL VALLE - SAN PEDRO - TIERRAS
COLORADAS, TRAMO EL VALLE - SAN PEDRO, DE 1.5 KM DE
LONGITUD, PARROQUIA EL VALLE, CANTÓN CUENCA, PROVINCIA DEL
AZUAY**

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

AUTOR: EDWIN FABRICIO GUTAMA GUTAMA

TUTOR: ING. CRISTIAN DANILO BUSTOS CABRERA, Mgst.

Cuenca - Ecuador

2024

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

Yo, Edwin Fabricio Gutama Gutama con documento de identificación N° 0106707979, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 15 de enero del 2024

Atentamente,



Edwin Fabricio Gutama Gutama

0106707979

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

Yo, Edwin Fabricio Gutama Gutama con documento de identificación N° 0106707979, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto técnico: “Diseño geométrico de la vía El Valle - San Pedro - Tierras Coloradas, tramo El Valle - San Pedro de 1.5 km de longitud, parroquia El Valle, cantón Cuenca, 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, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 15 de enero del 2024

Atentamente,



Edwin Fabricio Gutama Gutama

0106707979

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Cristian Danilo Bustos Cabrera con documento de identificación N° 0301288262, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA EL VALLE - SAN PEDRO - TIERRAS COLORADAS, TRAMO EL VALLE - SAN PEDRO, DE 1.5 KM DE LONGITUD, PARROQUIA EL VALLE, CANTÓN CUENCA, PROVINCIA DEL AZUAY, realizado por Edwin Fabricio Gutama Gutama con documento de identificación N° 0106707979, 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, 15 de enero del 2024

Atentamente,



Ing. Cristian Danilo Bustos Cabrera, Mgst.

0301288262

Dedicatoria

El presente trabajo va dedicado a mis padres Sergio y Liduvina por ser mi apoyo fundamental e incondicional en cada etapa de mi vida, por todo el esfuerzo que han realizado por verme feliz, por estar siempre a mi lado y demostrarme su cariño, por darme la fuerza necesaria para no rendirme y ser cada día mejor. A mis hermanos, por brindarme siempre su ayuda, consejos, cariño y motivación constante.

Edwin Gutama

Agradecimientos

Agradezco a Dios por ser luz en mi camino, por guiarme, bendecirme y darme la sabiduría y la fortaleza para alcanzar cada uno de mis objetivos.

A mis padres, por ser la motivación de mi vida y por permitirme alcanzar mi sueño. A mis hermanos por brindarme siempre su confianza y amor. A mi sobrino Anthony por brindarme su amistad y darme el impulso para concluir con mi carrera.

Por último, quiero agradecer a todas las personas que contribuyeron a la realización de este trabajo, gracias por su tiempo, dedicación y compromiso. Sin el apoyo de todas estas personas, este trabajo no habría sido posible.

¡Muchas gracias a todos!

Edwin Gutama

Resumen

El proyecto vial tiene como objetivo la conexión de los sectores El Valle-San Pedro-Tierras Coloradas, ubicados en la parroquia El Valle, dentro del Cantón Cuenca. Esta iniciativa surge como respuesta a la necesidad de diseñar una infraestructura vial que mejore las condiciones de vida de los residentes, reduzca los tiempos de desplazamiento de las personas y contribuya al fortalecimiento del desarrollo económico y social de la región. Para llevar a cabo el proyecto, se ha seguido una metodología que se basa en los parámetros establecidos por la normativa MOP 2003, así como las directrices proporcionadas por la SUCS Y AASTHO.

Se realizó el levantamiento topográfico de la vía para poder determinar con exactitud el perfil y las características del terreno por el que se va a construir la carretera. Se realizó el estudio de tráfico para definir la clasificación de la vía. Los resultados arrojaron un Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) de 692 vehículos por día en ambas direcciones de circulación. Este valor se consideró para un periodo de diseño de 20 años, lo que permitió clasificar la vía como una Colectora de Clase III con una longitud total de 1.5 Km.

En base al estudio de suelos, se establece la estructura del pavimento, asegurando que este compuesta por espesores adecuados para garantizar la funcionalidad y seguridad de la vía. Posteriormente, se realizó un análisis de precios unitarios con el fin de determinar el presupuesto de referencia para el proyecto técnico.

Palabras claves: Franja topográfica, Vía Colectora, Pavimentos, Valle, San Pedro, Tierras Coloradas, MOP 2003, SUCS, AASTHO, Cantidades de obra, Señalización, Presupuesto.

Abstract

The road project aims to connect the El Valle-San Pedro-Tierras Coloradas areas located in the El Valle parish, within the Cuenca Canton. This initiative arises in response to the need to design a road infrastructure that improves the living conditions of the residents, reduces travel times for people, and contributes to the strengthening of the economic and social development of the region. To carry out this project, a methodology has been followed that is based on the parameters established by the MOP 2003 regulations, as well as the guidelines provided by SUCS and AASHTO.

The topographic survey of the road was carried out to accurately determine the profile and terrain characteristics for the construction of the highway. A traffic study was also conducted to define the road's classification. The results showed an Average Annual Daily Traffic (TPDA) of 692 vehicles per day in both directions. This value was considered for a design period of 20 years, which classified the road as a Class III Collector with a total length of 1.5 kilometers.

Based on the soil study, the pavement structure is established, ensuring that it is composed of appropriate thicknesses to guarantee the functionality and safety of the road. Subsequently, a unit price analysis was conducted to determine the reference budget for the technical project.

Keywords: Topographic strip, Collector Road, Pavements, Valle, San Pedro, Tierras Coloradas, MOP 2003, SUCS, AASHTO, Quantities of work, Signage, Budget.

Índice

Portada	1
Certificado de responsabilidad y autoría	I
Certificado de cesión de derechos de autor	II
Certificado de dirección del trabajo de titulación	III
Dedicatoria	IV
Agradecimientos	V
Resumen	VI
Abstract	VII
CAPÍTULO I:GENERALIDADES	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Descripción del Problema	2
1.4 Importancia	3
1.5 Justificación	3
1.6 Delimitación	4
1.6.1 Espacial o Geográfica	4
1.7 Objetivos	5
1.7.1 Objetivo general	5
1.7.2 Objetivos específicos	5
CAPÍTULO II:MARCO TEÓRICO	6
2.1 Estudios	6
2.1.1 Topografía	6
2.1.2 carreteras	7
2.1.3 Tráfico	8
2.1.4 Estudio de suelos	10
2.2 Diseño Geométrico	13
2.2.1 Velocidad de diseño	14

2.2.2 Vehículos de diseño	14
2.2.3 Velocidad de circulación	14
2.2.3 Componentes de Diseño	15
2.2.5 Diseño Geométrico Horizontal	20
2.2.6 Diseño Geométrico Vertical	27
2.3 Diseño de Pavimento Flexible	34
2.3.1 Pavimento	34
2.3.2 Diseño de pavimentos flexibles, método AASHTO	36
2.4 Diseño de cunetas	42
2.4.1 Coeficiente de Escorrentía	42
2.4.2 Intensidad de Lluvia	43
2.4.3 Sección de canal	45
2.5 Señalización	46
2.5.1 Señalización vertical	46
2.5.2 Señalización Horizontal	47

CAPÍTULO III:METODOLOGÍA 49

3.1 Topografía	49
3.1.1 Reconocimiento de Campo	49
3.1.2 Trabajo de Campo	49
3.1.3 Trabajo de Oficina	49
3.2 Estudio de Tráfico	50
3.3 Determinación del Número de Ejes Equivalentes ESALS´S	56
3.3.1 Clasificación del tráfico	56
3.3.2 Determinación del factor equivalente de carga	56
3.4 Estudio de Suelos	58
3.5 Diseño Geométrico	58
3.5.1 Velocidad de Diseño	58
3.5.2 Velocidad de Circulación	59
3.5.3 Diseño Horizontal	59
3.5.4 Diseño Vertical	61
3.5.5 Secciones transversales	61
3.6 Diseño de cunetas	62
3.6.1 Coeficiente de escorrentía	62
3.6.2 Intensidad de lluvia	62

3.6.3 Velocidad máxima y mínima	62
3.6.4 Coeficiente de rugosidad de Manning	63
3.6.5 Relaciones geométricas para parámetros hidráulicos	64
3.7 Diseño de Pavimentos	64
3.7.1 Tráfico promedio diario anual	64
3.7.2 Cargas vehiculares ESALS'S	65
3.7.3 Confiabilidad (R)	65
3.7.4 Error estándar combinado	66
3.7.5 Índice de serviciabilidad	66
3.7.6 Módulo Resiliente “Mr”	67
3.7.7 Módulo Resiliente y Coeficiente Estructural de la Carpeta Asfáltica “a1”	67
3.7.8 Módulo Resiliente y Coeficiente Estructural de la Base “a2”	67
3.7.10 Condiciones ambientales y drenaje	68
3.7.11 Números Estructurales Requeridos	68
3.7.11 Espesor de las Capas	69
3.8 Diseño de alcantarillado	71
3.8.1 Caudal de diseño	71
3.8.2 Sección de alcantarilla	72
3.8.3 Estructura de entrada y salida	73
3.9 Presupuesto	73
Conclusiones	75
Recomendaciones	75
Referencias	78
ANEXOS	79

Lista de Tablas

1.	Ubicación geográfica del proyecto	5
2.	Tipos de terreno	8
3.	Clasificación de las carreteras en función al TPDA	8
4.	Clasificación de Suelos - AASHTO	13
5.	Velocidad de circulación para diferentes condiciones de tráfico	15
6.	Distancia de visibilidad mínima para la parada de un vehículo	17
7.	Distancia mínima de velocidad de adelantamiento	20
8.	Radios Mínimos de curvas en función del peralte (e) y del coeficiente de fricción lateral (f)	22
9.	Coefficiente de fricción lateral	25
10.	Valores de diseño de las gradientes longitudinales máximas	28
11.	Valores de diseño de las gradientes longitudinales máximas	30
12.	Curvas verticales cóncavas mínimas	32
13.	Anchos de la calzada	33
14.	Periodo de diseño según el tipo de carretera	36
15.	Factor de distribución por carril	37
16.	Nivel de confiabilidad conforme a la zona	37
17.	Valores de Zr	38
18.	Espesores mínimos según el número de ejes equivalentes en pulgadas	39
19.	Capacidad de Drenaje	41
20.	Coefficiente de escorrentía	42
21.	Velocidades máximas admisibles en canales y cunetas revestidas	46
22.	Distancia de rebasamiento mínimo	47
23.	Resumen conteo vehicular	51
24.	Volumen vehicular durante hora pico	52
25.	Tráfico promedio diario anual actual	53
26.	Tasa de crecimiento anual	54
27.	Transito proyectado a 20 años	55
28.	Determinación de la clase de la vía en función al tráfico proyectado	56
29.	Clasificación del tráfico	56
30.	Factor equivalentes de carga	57
31.	Cálculo del número de ejes equivalentes 1	57
32.	Cálculo del número de ejes equivalentes 2	58

33.	Relaciones entre velocidad de circulación y diseño	59
34.	Parámetros para el cálculo de Radio Mínimo	60
35.	Sobreebanco del proyecto	60
36.	Espaldones del proyecto	61
37.	Determinación del coeficiente de escorrentía	62
38.	Velocidades máximas no erosivas en cunetas	63
39.	Resumen de conteo vehicular por tipo de vehículo	64
40.	Resultado del cálculo del Número de Ejes Equivalentes	65
41.	Valores de confiabilidad	65
42.	Valores de confiabilidad	66
43.	Resumen de los parámetros encontrados para el diseño de pavimentos	68
44.	Espesores mínimos según los ejes equivalentes acumulados	69
45.	Cálculo de los espesores del pavimento	70
46.	Coeficiente de escorrentía	71
47.	Caudal de diseño alcantarillas	72
48.	Valores de diseño alcantarillado	73
49.	Ensayo CBR de campo	82
50.	Ensayo DCP	83
51.	Ensayo Proctor Modificado	85
52.	Clasificación del suelo	86
53.	Valores máximos recomendados de módulo resiliente por capas de rodadura	90
54.	Coeficientes de drenaje m ² , m ³	90
55.	Señalización vertical	91
56.	Señalización vertical	92

Lista de Figuras

1.	Ubicación del proyecto	4
2.	Representación del concepto curvas de nivel	6
3.	Distancia de visibilidad de Parada	17
4.	Distancia de visibilidad de adelantamiento	18
5.	Elementos de la curva circular simple	22
6.	Estabilidad del vehículo en las curvas	24
7.	Transición de peralte de una curva circular	26
8.	Sobreechanco requerido en una curva	27
9.	Tangente Vertical	29
10.	Esquema de casos de curvas convexas	30
11.	Esquema de casos de curvas cóncavas	31
12.	Sección transversal típica	32
13.	Estructura típica de Pavimento Flexible	35
14.	Ábaco Coeficiente Estructural a1	40
15.	Ábaco Coeficiente Estructural a2	40
16.	Ábaco Coeficiente Estructural a3	41
17.	Intensidad - Duración - Frecuencia Cuenca	43
18.	Intensidad de precipitación según Periodo de Retorno y Tiempo de Concentración	44
19.	Sección típica de cuneta y canales triangulares	45
20.	Ubicación del punto de conteo vehicular	50
21.	Valores del coeficiente de rugosidad de Manning	63
22.	Calculo del número estructural	69
23.	Dimensiones de la Alcantarilla	72
24.	Peso bruto vehicular	81
25.	Valores de diseño recomendados para carreteras de dos carriles y caminos vecinales de construcción	87

TEMA

DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA EL VALLE-SAN PEDRO-TIERRAS COLORADAS, TRAMO EL VALLE - SAN PEDRO, DE 1.5 KM DE LONGITUD, PARROQUIA EL VALLE, CANTÓN CUENCA, PROVINCIA DEL AZUAY.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 Introducción

Las carreteras son una parte esencial de la infraestructura de transporte que conecta comunidades, impulsa el comercio y facilita la movilidad en todo el mundo. El diseño y mantenimiento adecuado de las carreteras desempeñan un papel fundamental en la seguridad vial, la eficiencia en el transporte y la sostenibilidad ambiental. En este contexto, el diseño geométrico se convierte en un área de estudio crucial que busca optimizar la funcionalidad, la seguridad y la durabilidad de las vías.

El diseño geométrico se refiere a la configuración tridimensional de una carretera, incluyendo aspectos como la alineación horizontal y vertical, las secciones transversales, la intersección y otros elementos que determinan su forma y dimensiones. El diseño de pavimentos abarca la selección de materiales y técnicas de construcción para garantizar que la superficie de rodadura pueda soportar las cargas vehiculares y las condiciones climáticas durante un periodo prolongado.

Una carretera bien diseñada no solo busca la comodidad y la seguridad de los usuarios, si no que también tiene un impacto significativo en la economía y el medio ambiente. Un diseño deficiente, puede dar lugar a múltiples accidentes de tránsito, altos costos de mantenimiento y un aumento en la emisión de gases de efecto invernadero debido a la congestión vehicular del tráfico.

En el presente trabajo se realizó el diseño geométrico de la carretera El Valle - San Pedro - Tierras Coloradas, en el tramo Valle - san Pedro, de 1.5 Km. La carretera actual presenta varias deficiencias en el diseño geométrico, debido a este problema se presentan numerosos accidentes de tránsito y ocasionan un riesgo permanente para los usuarios de la vía, motivo por el cual se plantea dicho diseño, para mejorar las condiciones de transitabilidad de las comunidades que se van a beneficiar con dicho proyecto. El diseño geométrico se realizará basándose en el manual de diseño geométrico MTOP 2003 propuesto por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas que permita integrar los objetivos fundamentales de la carretera.

Además, se analizará dicho diseño en dos aspectos importantes, económico y de seguridad. Para poder garantizar la viabilidad del proyecto.

1.2 Antecedentes

Las carreteras son vías de comunicación fundamentales en el desarrollo económico del país. La vía el Valle - San Pedro - Tierras Coloradas, en el tramo El Valle - San Pedro, ubicada en la Parroquia el Valle, Cantón Cuenca, se encuentra en un estado de deterioro considerable, la capa de rodadura que posee la vía es deficiente para la demanda que solicitan los vehículos que transitan por la vía. La superficie de la carretera está marcada por baches, irregularidades y áreas erosionadas, lo que crea condiciones de inseguridad para los usuarios del viario.

La red vial nacional, que abarca tanto las redes secundarias como terciarias, tiene una extensión aproximada de 42.800 Km de longitud con diferentes capas de rodadura, por lo cual se convierte en un desafío introducir conceptos modernos para el diseño geométrico y mejoramiento de vías bajo requerimientos técnicos eficientes y compatibles, intentando obtener una serie de resultados positivos para la zona donde se está implementando el estudio.

El incremento poblacional a nivel mundial refleja un aumento en el uso del vehículo, creando la necesidad de construir y mejorar las carreteras (Celi Ortega, 2018). Con los constantes avances tecnológicos que se ven reflejado en los vehículos de transporte, las demandas que solicitan son mayores, por lo cual al momento de realizar el diseño se considerara criterios de velocidad, seguridad y la protección del entorno ambiental.

Debido a las limitaciones en cuanto a recursos y personal técnico que posee en este momento el GAD parroquial de El Valle, no les ha sido posible dar la atención inmediata a esta problemática presentada para los habitantes del sector.

1.3 Descripción del Problema

La carretera que conecta El Valle - San Pedro - Tierras Coloradas es una vía regional de gran importancia que desempeña un papel fundamental en el transporte y la conectividad de la región. Sin embargo, a lo largo de los años, esta carretera ha enfrentado diversos desafíos relacionados con el diseño geométrico, lo que ha llevado a problemas significativos en términos de seguridad vial, eficiencia del transporte, calidad de la infraestructura vial y su principal déficit es el drenaje insuficiente durante la temporada de invierno. El diseño geométrico de esta carretera presenta una serie de problemas y desafíos, entre los que se incluyen:

- Seguridad vial.

- Eficiencia del tráfico.
- Drenaje inadecuado.

1.4 Importancia

El presente proyecto servirá como trabajo de titulación de la carrera de Ingeniería Civil en la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, Con la aspiración que el GAD Parroquial del Valle efectuó la etapa de construcción del Diseño Geométrico de la carretera San Pedro - Tierras Coloradas, en el tramo El Valle - San Pedro de 1.5 km, ubicado en la parroquia el Valle. Es fundamental que el diseño propuesto permita una circulación más segura, por lo cual se considerará elementos de seguridad vial.

1.5 Justificación

La carretera El Valle - San Pedro - Tierras Coloradas, en el tramo El Valle- San Pedro, comprende de 1.5 km de longitud, integrando dos comunidades, cuyas principales actividades económicas son: agricultura y ganadería. Dichas actividades se ven afectadas por el déficit que comprende el diseño geométrico actual de la carretera. En determinados puntos geográficos, los vehículos de gran envergadura, específicamente los autobuses de transporte público, se ven obligados a reducir significativamente su velocidad, retroceder, invadir el carril contrario y llevar a cabo maniobras riesgosas, entre otras acciones. Estas prácticas conllevan la ocurrencia de accidentes de tránsito, generando un aumento sustancial en los costos asociados al transporte y mantenimiento de los vehículos.

La carretera actualmente no cuenta con cunetas para la evacuación de aguas lluvia, la carencia de áreas exclusivas para peatones en la carretera actual constituyen un riesgo significativo para la seguridad de los usuarios en su estado actual.

Ante las condiciones previamente mencionadas se considera la importancia de llevar a cabo el diseño geométrico de la carretera que conectara las comunidad de San Pedro y Tierras Coloradas. Esto permitirá mejorar las condiciones de transitabilidad para todos los usuarios de la vía.

Bajo criterios de seguridad y economía, incrementando el desarrollo socioeconómico de las comunidades, reduciendo indiscutiblemente los accidentes de tránsito y salvaguardando la vida de los usuarios y se disminuirá los costos de transporte, operación y mantenimiento de la vía.

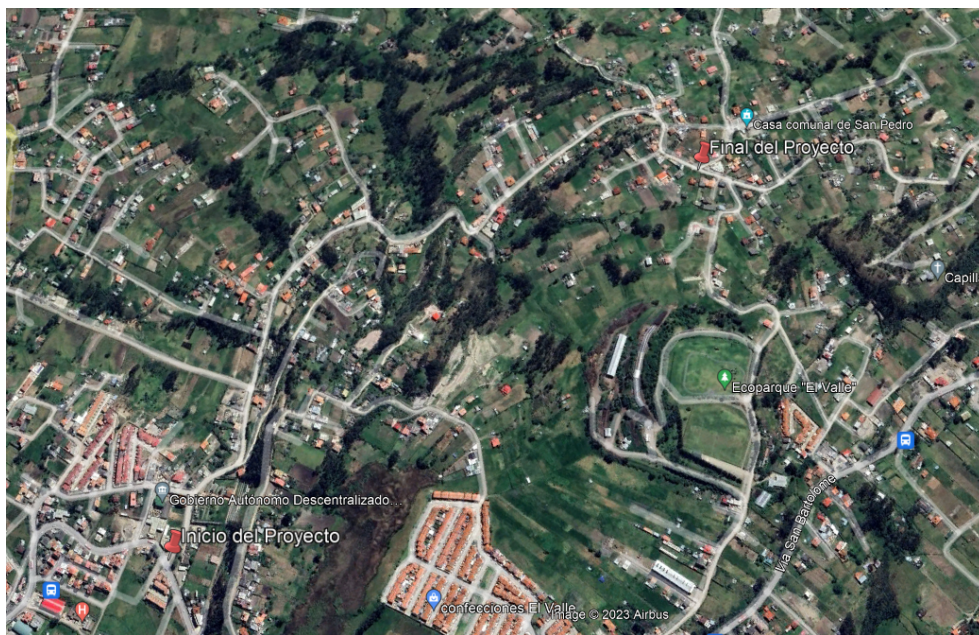
1.6 Delimitación

El problema de estudio se delimitará en las siguientes dimensiones:

1.6.1 Espacial o Geográfica

El presente proyecto de tesis consiste en proponer el diseño geométrico según las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) para la carretera de 1.5 Km, El Valle - San Pedro - Tierras coloradas en el tramo El Valle - San Pedro, ubicado en la parroquia el Valle, cantón Cuenca, bajo criterios económicos y seguridad para los usuarios. El proyecto está ubicado en las siguientes especificaciones geográficas (GAD Parroquial el Valle, 2020).

Figura 1. *Ubicación del proyecto.*



Nota: Se puede observar el área de estudio elaborado por el autor, de acuerdo a Google Earth (2020).

Tabla 1. *Ubicación geográfica del proyecto*

Ubicación	Abscisa	Coordenada E.	Coordenada N.	Cota
Valle PI	Km 0+000	726533.00	9674979.00	2612
San Pedro PF	Km 1+500	727659.00	9675179.00	2638

Fuente: Elaboración propia.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

- Realizar el diseño geométrico y de pavimentos de la vía El Valle - San Pedro - Tierras Coloradas, en el tramo El Valle - San Pedro, para mejorar las condiciones de movilidad y tránsito seguro de vehículos livianos, pesados y peatones.

1.7.2 Objetivos específicos

- Realizar el diseño geométrico de 1.5 Km de la vía El Valle - San Pedro - Tierras Coloradas, en el tramo El Valle - San Pedro, bajo los criterios y recomendaciones establecidas en la normativa MTOP para el Diseño de Carreteras rurales.
- Realizar el cálculo y diseño de las cunetas para la evacuación de aguas lluvias y evitar daños en la vía.
- Diseñar la estructura de pavimento flexible basándose en normas nacionales e internacionales para una vida útil de 10 años.
- Realizar el diseño de la señalización horizontal y vertical para mejorar la seguridad de todos los usuarios del viario.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Estudios

2.1.1 Topografía

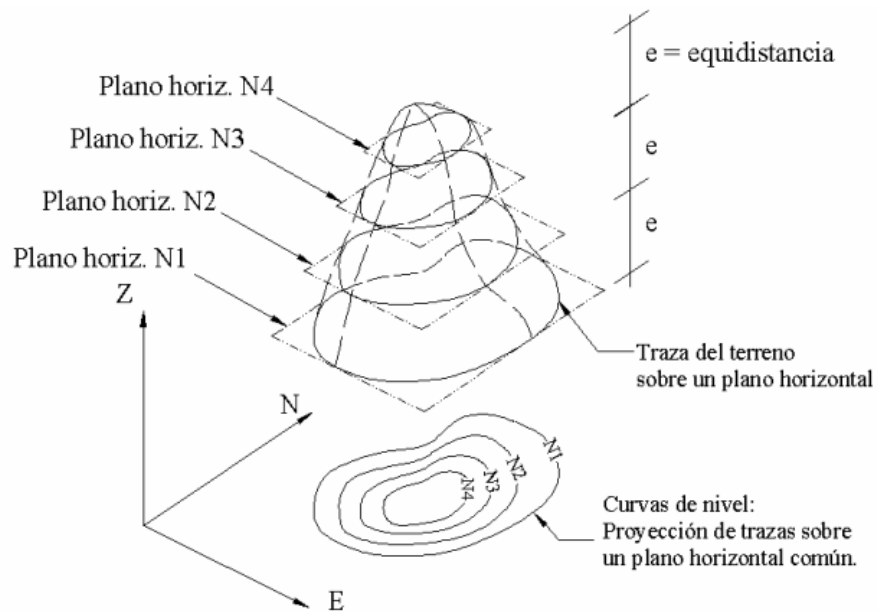
Desde el punto de vista de (Sayago, 2006) "La topografía es la ciencia que se encarga de analizar los métodos empleados para determinar las coordenadas de puntos en la superficie terrestre, con el fin de representar gráficamente su configuración, así como identificar sus características y accidentes."(p.7).

Además, se le atribuye una relevancia significativa a la determinación de la ubicación física de la vía, ya que esta decisión impacta en el alineamiento horizontal, las pendientes, las distancias de visibilidad y las secciones transversales.

2.1.1.1 Curvas de Nivel

Es la representación gráfica del relieve de la superficie del terreno, ayuda a determinar la cota o elevación de los puntos del terreno, permite trazar los perfiles, calcular las pendientes y tener una idea clara de cómo está constituido el terreno.

Figura 2. Representación del concepto curvas de nivel.



Fuente: Topografía plana, Leonardo Casanova (2002).

2.1.2 Carreteras

Las carreteras se definen como la infraestructura destinada a facilitar el transporte de manera organizada a lo largo de una franja de terreno conocida como derecho de vía. Su propósito es habilitar la circulación ininterrumpida, segura y cómoda de vehículos. Según (Gámez Morales, 2010) “Debe cumplir con condiciones de ancho, alineamiento y pendiente para permitir la circulación adecuada de los vehículos” (p.206).

2.1.2.1 Clasificación de las Carreteras

Como afirma (Chocontá, 1998) “Las carreteras se clasifican de acuerdo a ciertas características como los diferentes tipos de calzadas, el tráfico que hay en la zona, la función de los carriles que la componen o si posee o no cruces al mismo nivel” (p. 43).

2.1.2.1.1 Según su Función

- **Carreteras de primer orden:** son carreteras importantes que conectan áreas clave de un país y sus capitales de los departamentos, diseñadas para un tráfico fluido y deben ser siempre pavimentadas (Cardenas, 2013).
- **Carreteras de segundo orden:** son aquellas carreteras que unen cabeceras municipales entre sí, o enlazan con carreteras de primer orden. Pueden estar pavimentadas o en afirmado (Cardenas, 2013).
- **Carreteras de tercer orden:** son carreteras de acceso que unen cabeceras municipales con caminos vecinales, con tráfico reducido. Las carreteras consideradas como terciarias deben funcionar en afirmado (Cardenas, 2013).

2.1.2.1.2 Según el tipo de Terreno

Como afirma (Cardenas, 2013) “Estos se clasifican con base en las pendientes de sus laderas naturales en el entorno y transversalmente a la vía” (p.3).

En la Tabla 2 se observa las pendientes en función del terreno.

De esta manera, se consideran las siguientes carreteras:

- **Carreteras en terreno plano:** las pendientes longitudinales de las vías son normalmente menores al 3% (Cardenas, 2013).

Tabla 2. *Tipos de terreno*

TIPO DE TERRENO	PENDIENTE MÁXIMA MEDIA DE LAS LÍNEAS DE MÁXIMA PENDIENTE DEL TERRENO (%)	INCLINACIÓN TRANSVERSAL AL EJE DE LA VÍA DEL TERRENO (°)
Plano (P)	0-5	0-6
Ondulado (O)	5-25	6-13
Montañoso (M)	25-75	13-40
Escarpado (E)	>75	>40

Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras - J (Cardenas, 2003)

- **Carreteras en terreno ondulado:** las pendientes longitudinales se encuentran entre el 3% y el 6%. (Cardenas, 2013)
- **Carreteras en terreno montañoso:** las pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre el 6% y el 8% (Cardenas, 2013).
- **Carreteras en terreno escarpado:** generalmente sus pendientes longitudinales son superiores al 8% (Cardenas, 2013).

2.1.2.1.3 Según el Tráfico Proyectado

Como expresa (Chocontá, 1998) “Las carreteras se clasifican en función a la cuantificación del tráfico que se puede proyectar de 15 a 20 años” (p.31).

Tabla 3. *Clasificación de las carreteras en función al TPDA*

Función	Clase de Carretera	Tráfico proyectado TPDA
Corredor Arterial	R-I o R-II	Más de 8000
	I	De 3000 a 8000
Colectora	II	De 1000 a 3000
	III	De 300 a 1000
	IV	De 100 a 300
Vecinal	V	Menos de 100

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras - 2003

2.1.3 Tráfico

Como afirman (Sánchez Blanco y Gardeta Oliveros, 1997) El diseño de una carretera se fundamenta en información concreta sobre el tráfico, como la capacidad máxima de vehículos

en circulación. Esta información abarca el volumen vehicular por hora y la clasificación de los vehículos según su categoría y peso. La estimación del tráfico influye en los aspectos geométricos del diseño. (p.17).

2.1.3.1 Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

El tráfico promedio diario anual (TPDA), es el valor que se obtiene mediante el conteo vehicular durante 24 horas al día, durante los 365 días del año (MTOPI, 2003, p.12). El Tráfico Promedio Diario de Anual (TPDA) puede ser estimado en una semana, mediante la recopilación de muestras durante 24 horas al día, durante al menos cuatro días por semana, incluyendo tanto sábado como domingo. Evitando los días de feriado.

Se consideran las siguientes recomendaciones para el cálculo del TPDA.

- En carreteras que tienen una sola dirección de circulación, el volumen de tráfico se contabiliza en esa dirección.
- En carreteras de doble sentido, se llevará a cabo el conteo del volumen de tráfico en los dos sentidos.
- En autopistas, se determina el TPDA por cada dirección de la vía, influye el flujo direccional, el cual representa el porcentaje de vehículos en cada dirección de la carretera.

Tipos de conteo:

- **Manuales:** Para poder determinar el volumen de tráfico se realiza con personal en campo y permite realizar la clasificación vehicular.
- **Automáticos:** Se realiza mediante dispositivos ubicados en puntos específicos de la vía, la precisión es mayor respecto al conteo manual.

2.1.3.2 Factores de variación para obtener el TPDA

Son factores que ayudan a establecer una relación entre los datos actuales con los datos anteriormente obtenidos, para poder determinar el TPDA.

Según (MTOPI, 2003) “El TPDA se puede calcular mediante muestreos y existen cuatro factores de variación” (p.14).

- **Factor Horario (FH):** “permite transformar el volumen de tráfico que se haya registrado en un determinado número de horas a Volumen Diario Promedio” (MTOPI, 2003, p.14).

- **Factor Diario (FD):** “transforma el volumen diario promedio de tráfico en Volumen semanal Promedio”. (MTOPI, 2003, p.14)
- **Factor Semanal (FS):** “transforma el volumen semanal promedio de tráfico en Volumen Mensual Promedio”. (MTOPI, 2003, p.14)
- **Factor Mensual (FM):** “transforma el volumen mensual promedio de tráfico en Tráfico Promedio Diario Anual”. (MTOPI, 2003, p.14)

$$TPDA = T_o * FH * FD * FS * FM \quad (1)$$

Donde:

T_o = Tráfico observado.

2.1.3.3 Tráfico Futuro

Consiste en anticipar el aumento del tráfico durante un lapso definido, generalmente entre 15 y 20 años. El tránsito futuro se basa en tres criterios, el crecimiento normal del tránsito, el tránsito generado, y el tránsito por desarrollo (MTOPI, 2003).

2.1.3.4 Crecimiento normal del tráfico actual

El término “tráfico actual” se refiere a la cantidad de vehículos que circulan por una carretera antes de que se realicen estudios o mejoras viales en ella.

2.1.3.5 Tráfico proyectado

Se puede determinar mediante la siguiente fórmula:

$$TPDA_{proyectado} = TPDA * (1 + r)^t \quad (2)$$

2.1.4 Estudio de suelos

Como expresa (Bowles, 1981) El estudio de suelos permite determinar las características físicas y mecánicas del suelo, los elementos que lo componen, la capacidad de resistencia al ser sometido a una fuerza, las posibles deformaciones, el comportamiento del suelo, y permite definir el tipo de cimentación para que soporte la carga. Por lo cual es importante que se efectúe un estudio de suelos antes de dar inicio a una obra de ingeniería (p.195).

Mediante la aplicación de diversos ensayos, es posible identificar las propiedades del suelo, con un enfoque particular en proyectos viales. Esta evaluación facilita la determinación de

las características de la subrasante, lo que resulta crucial para dimensionar la estructura del pavimento.

Para el presente proyecto se realizaron los siguientes ensayos para garantizar la confiabilidad del mismo.

2.1.4.1 Granulometría

Como afirma (Badillo, 1974) El análisis granulométrico es el estudio que permite distribuir las partículas del suelo según su tamaño y determinar las características mecánicas. Se realiza mediante una serie de tamices que tienen distintas aberturas y se realiza la clasificación de los suelos gruesos o finos (p.97).

2.1.4.2 Límites de Atterberg

Permite analizar el comportamiento del suelo en relación con su contenido de humedad, existen 5 límites, se explicará 2, el límite líquido y límite plástico.

- **Límite Líquido:** el límite líquido de un suelo representa el punto de humedad crítico en el que el suelo cambia de estado plástico a líquido. (Rodríguez y Del Castillo, 1981)
- **Límite Plástico:** es el contenido de humedad en el cual el suelo deja de comportarse como un material elástico y comienza a mostrar propiedades plásticas. (Rodríguez y Del Castillo, 1981)
- **Índice de Plasticidad:** se refiere a la medida de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico como se muestra en la ecuación:

$$IP = LL - LP \quad (3)$$

Donde:

IP: Índice de plasticidad.

LL: Límite líquido.

LP: Límite plástico.

2.1.4.3 Contenido de Humedad

El ensayo para determinar el contenido de humedad ayuda a determinar la cantidad de agua presente en una cantidad de suelo y permite clasificar al suelo y poder determinar si está saturado o en estado seco (Rodríguez y Del Castillo, 1981).

El contenido de humedad se define como la relación entre el peso del agua contenida en una muestra y el peso de la muestra seca. Se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$W \% = \left(\frac{W_w}{W_s} \right) * 100 \quad (4)$$

Donde:

Ww: Peso con agua.

Ws: Peso seco.

2.1.4.4 Compactación

Desde el punto de vista de (Rodríguez y Del Castillo, 1981) “La compactación del suelo es crucial debido a su impacto directo de la capacidad de carga, estabilidad y deformación del suelo elementos críticos para la durabilidad y seguridad de las carreteras” (p.67).

El método de compactación más utilizado es el ensayo de Proctor estándar o modificado. Este método implica compactar un número específico de capas de suelo dentro de un molde con dimensiones establecidas, utilizando un pistón que se deja caer desde una altura predeterminada. Dependiendo del proyecto en estudio, variarán el número de golpes, el peso y la altura del pistón.

2.1.4.5 Ensayo de relación de soporte de California (CBR)

El ensayo CBR se emplea para evaluar la capacidad portante de un suelo, lo que resulta fundamental en el diseño de pavimentos. Este ensayo posibilita la clasificación de la capacidad máxima de un suelo para su uso como subrasante o material de base. Proporciona datos cruciales sobre la resistencia al corte del suelo bajo condiciones controladas de humedad y densidad, además de ofrecer un indicador conocido como el número de relación de soporte. El valor del CBR se obtiene al relacionar la carga unitaria necesaria para que un pistón penetre a una cierta profundidad en una muestra compactada con un contenido de humedad y densidad específicos con la carga unitaria estándar (AASHTO, 1993).

2.1.4.6 Clasificación de los Suelos

Como expresa (Das, 2013) “En la actualidad se encuentran en uso dos sistemas distintos para la clasificación de suelos American Association of State Highway Officials (AASHTO) y el sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Ambos sistemas ofrecen información

detallada sobre las características generales de los suelos, basándose en su granulometría y plasticidad.” (p.78).

2.1.4.6.1 Sistema de clasificación AASHTO

El sistema de clasificación AASHTO fue desarrollado en 1929 como el Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras. Este sistema clasifica al suelo en siete grupos principales como se observa en la Tabla 4. (Das, 2013)

Tabla 4. *Clasificación de Suelos - AASHTO*

A-1	Materiales granulares	El 35% o menos de sus partículas pasan por el tamiz N°200.
A-2		
A-3		
A-4	Limo y materiales del tipo de arcilla	Más del 35% pasa por el tamiz N°200.
A-5		
A-6		
A-7		

Fuente: Elaboración propia basada en Braja (Das, 2013)

2.1.4.6.2 Sistema de Clasificación SUCS

Fue propuesto por Casagrande 1948, clasifica a los suelos en dos grandes categorías:

- Suelo granular, pasan menos del 50% por el tamiz N°200. Los símbolos de grupo comienzan con G (Grava) o S (Suelos con arena). (Das, 2013)
- Suelo fino, más del 50% del suelo pasa por el tamiz N°200, y se compone principalmente de limos y arcillas. Los símbolos de grupo comienzan con M (Limo Inorgánico), C (Arcilla inorgánica), O (Limos y Arcillas orgánicos), Pt (Turba y suelos altamente orgánicos) (Das, 2013).

2.2 Diseño Geométrico

Según (Chocontá, 1998), es el proceso que implica la correlación de los elementos físicos de la vía con las condiciones de transitabilidad de los vehículos y las características del terreno es lo que se define como diseño geométrico. Los elementos físicos que se representan por su

geometría, los alineamientos horizontal y vertical, la distancia de visibilidad, entre otros. Para garantizar el diseño geométrico se debe cumplir con los siguientes parámetros:

- El correcto diseño de la vía permitirá una adecuada transportabilidad a través de una velocidad de operación eficiente.
- La geometría de la vía debe estar compuesta de un diseño simple, uniforme y consistente para poder garantizar seguridad.
- La vía por diseñarse debe ser compatible con el medio ambiente para poder evitar en su totalidad los impactos ambientales.

2.2.1 Velocidad de diseño

Tomando en referencia a (Cardenas, 2013, p.174), dice que la velocidad es el elemento básico para el diseño geométrico de carreteras y el parámetro de cálculo de los diversos componentes del proyecto.

La velocidad debe ser regulada, estudiada y controlada con el fin de que ella origine un perfecto equilibrio entre el usuario, y el vehículo y la carretera, de tal manera que siempre se garantice la seguridad.

La velocidad de diseño de un tramo de carretera es la velocidad guía o de referencia que se utiliza para definir las características geométricas mínimas de todos los elementos del trazado en condiciones de comodidad y seguridad. Para definir la velocidad de diseño se considera la importancia o categoría de la vía que se está diseñando, del volumen de tráfico que va a circular, de la topografía del terreno, del uso de la tierra, de la homogeneidad a lo largo del tramo, de la disponibilidad de recursos para el financiamiento.

La velocidad de diseño se podrá definir según la tabla que se presenta en el [Anexo D](#).

2.2.2 Vehículos de diseño

Los vehículos considerados para el diseño se distinguen por sus pesos, dimensiones y características de operación, los cuales se emplean para establecer los controles de diseño y determinar la clase de vehículos que circularán en la vía.

2.2.3 Velocidad de circulación

La velocidad de circulación es la velocidad de un vehículo en un tramo específico de la vía, se determina su valor mediante la división de la distancia recorrida por el tiempo que tarda él

vehículo para recorrer el tramo (Chocontá, 1998).

En la Tabla 5 se muestra la velocidad de circulación para diferentes condiciones de tráfico.

Tabla 5. *Velocidad de circulación para diferentes condiciones de tráfico*

Velocidad de diseño (kph)	Velocidad de Operación Promedio (Kph) Volumen de Tránsito		
	Bajo	Medio	Alto
40	38	35	33
50	47	42	40
60	56	52	45
70	63	60	55
80	72	65	60
100	88	75	-
120	105	85	-

Fuente: *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras - 2003*

2.2.4 Componentes de diseño

2.2.4.1 Distancia de visibilidad

La distancia de visibilidad se define como la extensión de la carretera que garantiza una visibilidad adecuada para que el conductor pueda transitar de manera segura y eficiente. Esta longitud debe permitir al conductor realizar maniobras con anticipación en caso de que se encuentre con un obstáculo o un vehículo circulando a baja velocidad (Medina, 2010).

Se considera dos tipos de distancia de visibilidad:

- La distancia necesaria para que un vehículo se detenga.
- La distancia necesaria para realizar un adelantamiento de un vehículo.

2.2.4.2 Distancia de visibilidad de Parada

Como expresa (Agudelo, 2002) “La distancia de visibilidad de parada se refiere a la distancia requerida para que un conductor pueda detener su vehículo en cualquier punto de la carretera en caso de que se presente un obstáculo repentino” (p.362).

La distancia de vía que recorre un vehículo para realizar la parada se compone por dos distancias, D1 y D2.

$$d = D1 + D2 \quad (5)$$

Donde:

d: Distancia de visibilidad de parada.

D1: Distancia recorrida durante la maniobra de percepción - reacción. Según la MTOP “para mayor seguridad, el tiempo adecuado de la percepción, más reacción es de 2.5 segundos” (p.68).

Se determina con la siguiente fórmula:

$$D1 = \frac{Vt}{3.6} \rightarrow 2.5 * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ seg}} * \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} * V \rightarrow D1 = 0,7V \quad (6)$$

Donde:

V: Velocidad de diseño en Km/h.

t: Tiempo de percepción más reacción en seg.

D2: Distancia que recorre el carro desde el momento en que se utiliza los frenos hasta el momento en que el vehículo se detiene. Se puede calcular considerando la gradiente longitudinal de la vía y el efecto de la capa de rodadura (Chocontá, 1998).

Se determina con la siguiente fórmula:

$$D2 = \frac{V^2}{254 * (f \pm G)} \quad (7)$$

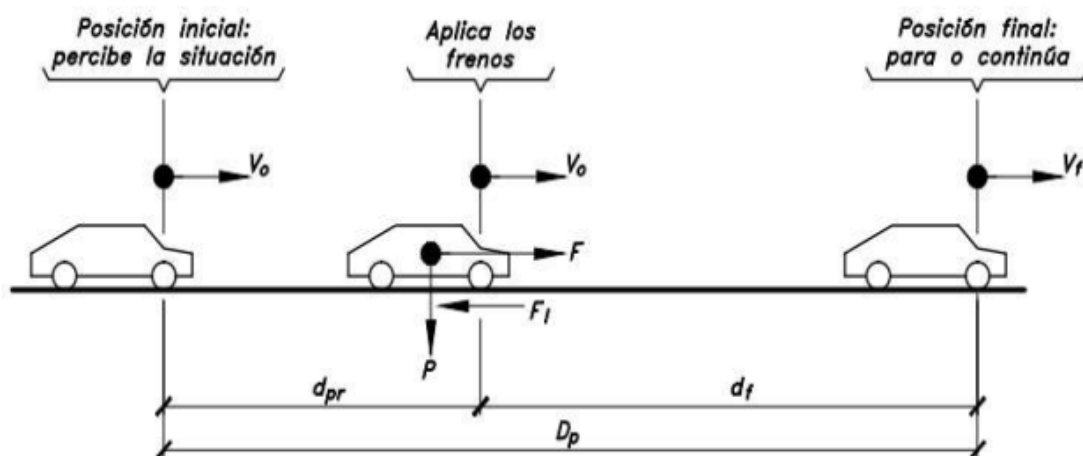
Donde:

V: Velocidad de diseño en Km/h.

f: Coeficiente de fricción del suelo.

G: Porcentaje de la gradiente.

Figura 3. *Distancia de Visibilidad de Parada*



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

La distancia de visibilidad de parada se determina según la Tabla 6 establecida por la MTOP para cada tramo de la carretera, no debe ser menor a lo indicado en la tabla.

Tabla 6. *Distancia de visibilidad mínima para la parada de un vehículo*

Velocidad de diseño, Km/h	Velocidad de Circulación Asumida		GRADIENTE "G" %							
		Coefficiente de fricción longitudinal	-12	-9	-6	-3	3	6	9	12
20	20	0.468	13.75	13.7	13.6	13.27	14.34	14.13	14.06	14.02
25	24	0.443	16.47	16.4	16.26	15.78	17.33	17.02	16.91	16.85
30	28	0.423	19.18	19.08	18.89	18.25	20.35	19.93	19.77	19.69
35	33	0.403	22.55	22.42	22.15	21.27	24.18	23.59	23.37	23.26
40	37	0.389	25.23	25.07	24.73	23.63	27.28	26.54	26.27	26.13
45	42	0.375		28.36	27.98	26.52	31.22	30.26	29.91	
50	46	0.365		30.98	30.47	28.78	34.42	33.25	32.83	
60	55	0.345		36.82	35.09	33.71	41.75	40.07	39.47	
70	63	0.332			40	37.89	48.44	46.22		
80	71	0.320			40.99	41.9	55.28	52.45		
90	79	0.310			45.81	45.73	62.28	58.76		
100	86	0.302			50.54	48.93	68.54			
110	92	0.296				51.57	74			
120	100	0.286				56.14	84.24			

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras - 2003

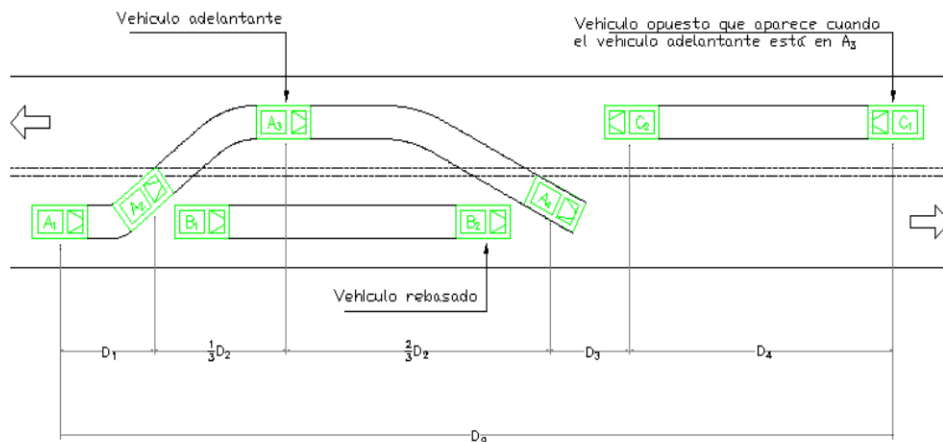
2.2.4.3 Distancia de visibilidad de Adelantamiento

Según (Cardenas, 2013), “Un tramo de carretera de dos carriles y de circulación en dos sentidos, tiene distancia de visibilidad de adelantamiento” (p.317).

Para el cálculo de la velocidad de adelantamiento se considera los siguientes aspectos:

- El vehículo que va a ser adelantado debe circular con velocidad uniforme o menor.
- El conductor que realiza la maniobra de adelantamiento dispone de un tiempo corto para conocer la zona.
- El vehículo que realiza el adelantamiento incrementa su velocidad 16 km más que el vehículo que va a ser rebasado.

Figura 4. *Distancia de visibilidad de adelantamiento*



Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras - 2003

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), define que la distancia de visibilidad de rebasamiento se conforma por cuatro partes:

$$Dr = D1 + D2 + D3 + D4 \quad (8)$$

Donde:

Dr: Distancia de visibilidad de rebasamiento, m.

D1: Distancia recorrida por el conductor del vehículo durante el tiempo de percepción –

reacción (2 seg) del conductor que realiza la maniobra.

$$D1 = 0.14t_1(2V - 2m + at_1) \quad (9)$$

Donde:

t₁: Tiempo de maniobra inicial en segundos.

V: Velocidad del vehículo que adelanta en Km/h.

m: Diferencia de la velocidad, 16 Km/h.

a: Aceleración del vehículo que adelanta en Km/h/s.

D2: Distancia recorrida durante el tiempo que invade el carril del sentido contrario hasta que regresa a su carril.

$$D2 = 0.28 * V * t_2 \quad (10)$$

Donde:

t₂: Tiempo que ocupa el vehículo el carril izquierdo en segundos.

V: Velocidad del vehículo que adelanta en Km/h.

D3: Distancia de seguridad, al terminar la maniobra.

$$D3 = 30 \text{ m a } 90 \text{ m}$$

D4: Distancia que recorre el vehículo que circula en sentido opuesto (asumida en 2/3 de D2).

$$D4 = 0.18 * V * t_2 \quad (11)$$

Donde:

t₂: Tiempo que ocupa el vehículo el carril izquierdo, seg.

V: Velocidad promedio del vehículo rebasante, Km/h.

Para calcular la distancia mínima requerida para adelantar, se asume que el vehículo que está siendo rebasado mantiene una velocidad constante. Durante la maniobra de adelantamiento, se considera que la velocidad promedio del vehículo que adelanta será aproximadamente 16 km/h más alta que la del vehículo adelantado. La variación se puede representar con la fórmula:

$$Dr = 9.54V - 218 \quad (12)$$

$$(30 < V < 100)$$

Donde:

Dr: Distancia de visibilidad de rebasamiento en metros.

V: Velocidad del vehículo rebasante en km/h.

Tabla 7. *Distancia mínima de velocidad de adelantamiento*

V_D Km/h	Velocidad de los vehículos (Km/h)		Distancia mínima de rebasamiento (m)	
	Rebasado	Rebasante	Calculada	Recomendada
25	24	40	----	(80)
30	28	44	----	(110)
35	33	49	----	(130)
40	35	51	268	270 (150)
45	39	55	307	310 (180)
50	43	59	345	345 (210)
60	50	66	412	415 (290)
70	58	74	488	490 (380)
80	66	82	563	565 (480)
90	73	89	631	640
100	79	95	688	690
110	87	103	764	830
120	94	110	831	830

Fuente: *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras - 2003*

2.2.5 Diseño Geométrico Horizontal

Como expresa (Cardenas, 2013) en su trabajo, “de manera general el diseño geométrico de carreteras es el proceso de correlación entre los elementos físicos y las características de operación de los vehículos. La carretera queda geoméricamente definida por el trazado del eje en planta y perfil y por el trazado de la sección transversal” (p.13).

La alineación horizontal está influenciada por la topografía, las condiciones de drenaje, aspectos hidrológicos y las propiedades de la subrasante.

2.2.5.1 Tangentes

Son líneas rectas que unen dos puntos. Cuando se intercepta dos tangentes sucesivamente se denomina PI y el ángulo que se forma por la prolongación de una tangente se llama ángulo de deflexión “ α ” (Cardenas, 2013).

2.2.5.2 Curvas Circulares

Las curvas circulares son segmentos de círculo que se utilizan en la proyección horizontal para conectar dos tramos rectos consecutivos de una vía. Estas curvas pueden ser simples o compuestas. A continuación, se describen los elementos principales:

- **Grado de curvatura:** Es el ángulo formado por un arco de 20 metros, es el valor máximo que permite recorrer la curva con el peralte máximo a máxima velocidad. Se representa con G_c y la fórmula es la siguiente:

$$\frac{G_c}{20} = \frac{360}{2\pi R} \rightarrow G_c = \frac{1145.92}{R} \quad (13)$$

- **Radio de curvatura:** Es el radio de la curva circular y se puede determinar en función del grado de curvatura (Cardenas, 2013):

$$R = \frac{1145.92}{G_c} \quad (14)$$

2.2.5.3 Radio mínimo de curvatura Horizontal

Según (Cardenas, 2013), el radio mínimo R_{\min} , es el límite para una velocidad específica, se calcula a partir del peralte (e) y del coeficiente de fricción lateral (f), según la siguiente ecuación:

$$R = \frac{V^2}{127(e + f)} \quad (15)$$

Donde:

R: Radio mínimo de curva horizontal, m.

V: Velocidad de diseño, Km/h.

f: Coeficiente de fricción lateral.

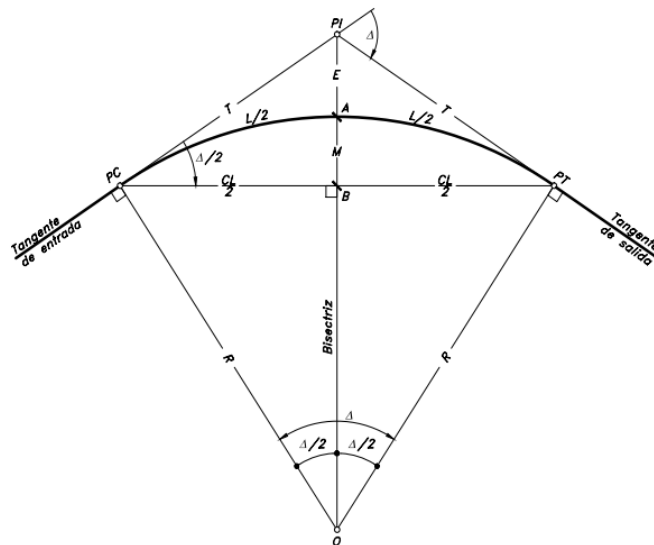
e: Peralte de la curva, m/m.

Tabla 8. Radios Míminos de curvas en función del peralte (e) y del coeficiente de fricción lateral (f)

Velocidad de diseño (Km/h)	f máximo	Radio mínimo calculado				Radio mínimo recomendado			
		e = 0.10	e = 0.08	e = 0.06	e = 0.04	e = 0.10	e = 0.08	e = 0.06	e = 0.04
20	0.350		7.32	7.68	8.08		18	20	20
25	0.315		12.46	13.12	13.86		20	25	25
30	0.284		19.47	20.60	21.87		25	30	30
35	0.255		28.79	30.62	32.70		30	35	36
40	0.221		41.86	44.83	48.27		42	45	50
45	0.206		55.75	59.94	64.82		58	60	66
50	0.190		72.91	78.74	85.59		75	80	90
60	0.165	106.97	115.70	125.98	138.28	110	120	130	140
70	0.150	154.33	167.75	183.73	203.07	160	170	185	205
80	0.140	209.97	229.06	251.97	279.97	210	230	255	280
90	0.134	272.56	298.04	328.76	366.55	275	300	330	370
100	0.130	342.35	374.95	414.42	463.18	350	375	415	465
110	0.124	425.34	467.04	517.80	580.95	430	470	520	585
120	0.120	515.39	570	629.92	708.66	520	570	630	710

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras (MTO, 2003)

Figura 5. Elementos de la curva circular simple



Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras (Cardenas, 2013)

Donde:

PI: Punto de intersección de las tangentes o vértice de la curva.

PC: El punto en el cual finaliza la tangente de entrada y comienza la curva se conoce como el principio de la curva.

PT: El principio de la tangente es el punto en el cual finaliza la curva y comienza la tangente de salida.

O: Centro de la curva circular.

Δ : El ángulo de deflexión de las tangentes se define como el ángulo central formado por el arco PC-PT.

R: Radio de la curva circular simple.

$$R = \frac{T}{\operatorname{tg} \frac{\Delta}{2}} \quad (16)$$

T: Tangente, distancia entre el PI al PC o entre el PI al PT.

$$T = R * \operatorname{tg} \frac{\Delta}{2} \quad (17)$$

L: Longitud curva circular, distancia entre el PC al PT a lo largo del arco circular.

CL: Cuerda larga, distancia en línea recta entre el PC al PT.

$$CL = 2 * R * \operatorname{sen} \frac{\Delta}{2} \quad (18)$$

E: Externa, distancia entre el PI al punto medio de la curva A.

$$E = T * \operatorname{tg} \frac{\Delta}{4} \quad (19)$$

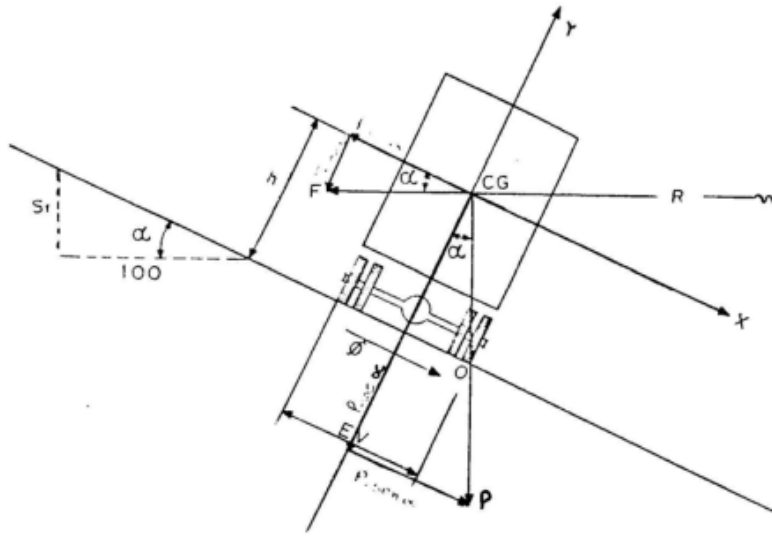
M: Ordenada media, distancia entre el punto medio de la curva A al punto medio de la curva B.

$$M = R * \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right) \quad (20)$$

2.2.5.4 Peralte

Cuando el vehículo inicia una trayectoria circular es empujado hacia afuera por efecto de la fuerza centrífuga “F”. Esta fuerza es contrarrestada por las fuerzas componentes del peso (P) del vehículo, debido al peralte, y por la fuerza de fricción desarrollada entre llantas y la calzada (MTOP, 2003, p.51).

Figura 6. Estabilidad del vehículo en las curvas



Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras (MTOP, 2003)

Se utiliza la siguiente fórmula para determinar la fuerza centrífuga F :

$$F = \frac{mV^2}{R} = \frac{P * V^2}{g * R} \quad (21)$$

Donde:

P: Peso del vehículo, Kg.

V: Velocidad de diseño en m/seg.

g: gravedad, 9.81 m/seg²

R: Radio de la curva circular en m.

La fórmula para el cálculo del peralte (e), se presenta a continuación:

$$e = \frac{V^2}{127R} - f \quad (22)$$

Donde:

e: Peralte de la curva en m/m.

V: Velocidad de diseño en m.

R: Radio de la curva en m.

f: Coeficiente de fricción lateral.

Tabla 9. *Coefficiente de fricción lateral*

Velocidad específica (Km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Coefficiente de Fricción lateral	0.18	0.172	0.164	0.157	0.149	0.141	0.133	0.126	0.118	0.11	0.10	0.094	0.087

Fuente: *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras (MTOPI, 2003)*

Magnitud del Peralte

El peralte garantiza seguridad y comodidad al vehículo que circula sobre la vía en curvas horizontales, es por ello por lo que se debe garantizar que el peralte sea el adecuado para evitar deslizamiento del vehículo hacia el interior de la curva.

Para contrarrestar la fuerza centrífuga es el 55% del peralte y el 45% la fricción lateral (MTOPI, 2003, p.56).

2.2.5.5 Transición de Peralte

La transición de peralte, también conocida como transición de inclinación, implica un cambio gradual en la inclinación. El valor de bombeo dependerá del tipo de superficie y de la intensidad de las lluvias en la zona del proyecto, variando de 1% al 4% (Cardenas, 2013, p.199).

Para transitar de una sección transversal con inclinación normal a otra con peralte, se requiere un cambio gradual en la inclinación de la calzada a lo largo de la vía entre ambas secciones. Este tramo de la carretera se denomina transición de peralte (Cardenas, 2013, p.200).

La figura 7 ilustra de manera esquemática y tridimensional cómo se produce la transición del peralte en una curva circular al girar la calzada alrededor de su eje central, donde:

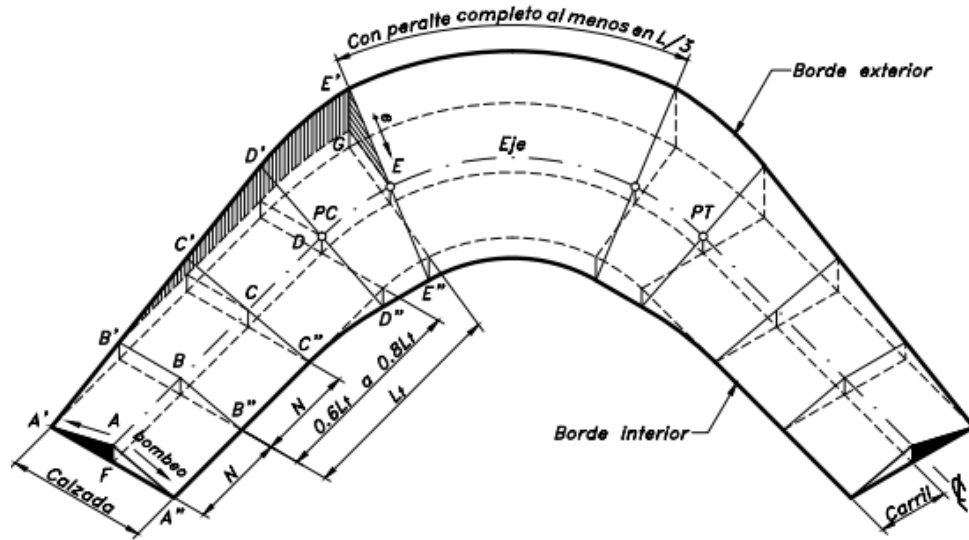
L_t: Longitud de transición.

N: Longitud de aplanamiento.

L: Longitud de la curva circular.

e: Peralte necesario de la curva circular.

Figura 7. Transición de peralte de una curva circular



Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras (Cardenas, 2013)

2.2.5.6 Sobreancho

Cuando un vehículo atraviesa una curva horizontal, las ruedas traseras siguen una trayectoria diferente a las delanteras, lo que resulta en un radio de giro más pequeño para las ruedas traseras. Esto significa que la rueda interior del eje trasero tiende a desviarse de la carretera. En ciertos casos, se requiere especificar un ancho adicional de la calzada en las curvas para prevenir que los vehículos se salgan de la vía. Este ancho adicional puede variar según las condiciones de la carretera y la curva en sí (Agudelo, 2002, p.459).

Para poder determinar el sobreancho se utiliza la siguiente expresión matemática:

$$S = R - \sqrt{R^2 - L^2} \quad (23)$$

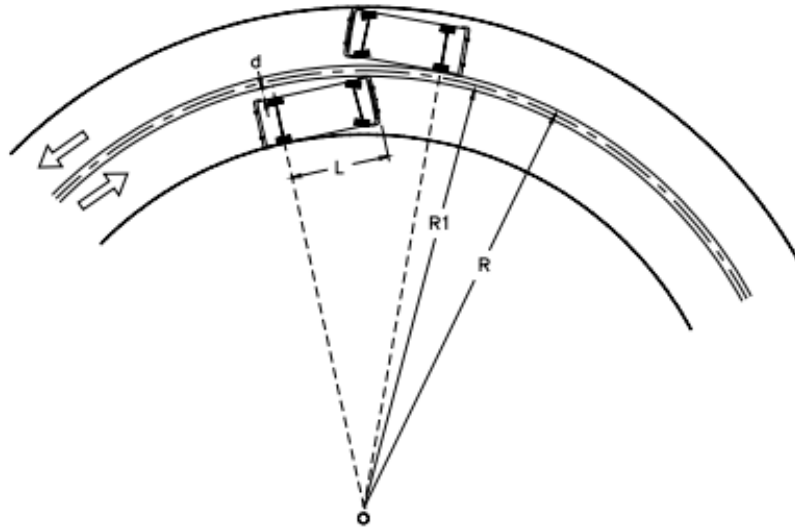
Donde

S: Sobreancho en m.

R: Radio de la curva en m.

L: Longitud entre la pared frontal y el eje posterior del vehículo de diseño en m.

Figura 8. *Sobrecancho requerido en una curva*



Fuente: Diseño Geométrico de Vías (Agudelo, 2002)

2.2.6 Diseño Geométrico Vertical

Tomando como referencia a (Cardenas, 2013), se establece que el diseño geométrico vertical de una carretera, también conocido como alineamiento en perfil, se define como la proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo. Esta proyección, dada su condición de paralelismo, exhibirá la longitud real del eje de la vía. Cabe destacar que este eje es comúnmente denominado rasante o sub-rasante (p. 307).

2.2.6.1 Gradiente Longitudinal

Las gradientes a adoptarse se ven influenciadas proporcionalmente a la topografía del terreno y por general deben tener valores bajos, para permitir velocidades razonables de circulación y facilitar al conductor del vehículo (MTOP, 2003, p.204).

2.2.6.2 Gradiente Máxima

Según (MTOP, 2003), los valores máximos que se puede optar para las gradientes longitudinales dependen del volumen de tráfico y la topografía (p.204).

Tabla 10. Valores de diseño de las gradientes longitudinales máximas

Categoría de la Vía	TPDA Esperado	Valor Recomendado			Valor Absoluto		
		L	O	M	L	O	M
R-I o R-II	> 8000	2	3	4	3	4	6
I	3000 - 8000	3	4	6	3	5	7
II	1000 - 3000	3	4	7	4	6	8
III	300 - 1000	4	6	7	6	7	9
IV	100 - 300	5	6	8	6	8	12
V	< 100	5	6	8	6	8	14
L = Llano, O = Ondulado, M = Montañoso							

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras (MTOPI, 2003)

2.2.6.3 Gradiente Mínima

Según (MTOPI, 2003) “La gradiente longitudinal mínima es de 0.5, Se puede optar una gradiente de cero para terrenos de relleno mayor a 1 m de altura” (p.205).

2.2.6.4 Tangentes Verticales

Las tangentes verticales son dos segmentos de línea recta que se sitúan entre dos curvas consecutivas y se definen por su longitud y la pendiente (m).

Se determina con la siguiente formula

$$m = \frac{\Delta y}{T_v} \quad (24)$$

Donde:

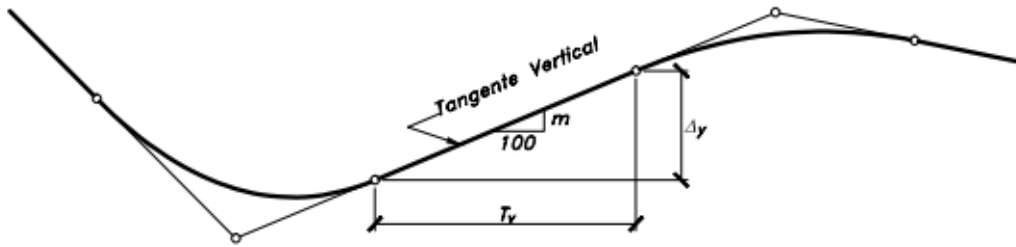
m: Pendiente de la tangente vertical.

T_v: Longitud de la tangente vertical se determina por la diferencia en las coordenadas horizontales, medida en metros

Δy: Diferencia de elevación de un tramo de la vía se expresa en metros.

Como se observa en la Figura 9, una tangente vertical es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente (Cardenas, 2013, p.308).

Figura 9. *Tangente Vertical*



Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras - (Cardenas, 2013)

2.2.6.5 Curvas Verticales

Tomando en referencia a (Duque Escobar y Escobar Potes, 2002), “La curva vertical es el elemento que permite la conexión de dos tangentes verticales consecutivas cuando se efectúan cambios graduales de la gradiente, tomando en cuenta la velocidad de diseño y la distancia de visibilidad” (p.52).

2.2.6.5.1 Curvas verticales Convexas

La longitud mínima de las curvas verticales se determina en base a los requisitos de distancia de visibilidad necesarios para permitir la detención segura de un vehículo. Este cálculo considera una altura de ojo del conductor de 1,15 metros y una altura del objeto visible sobre la carretera de 0,15 metros, conforme a las especificaciones del MTOP (2003, p. 208).

Se calcula con la siguiente expresión:

$$L_{min} = 0.60 * V \quad (25)$$

Donde:

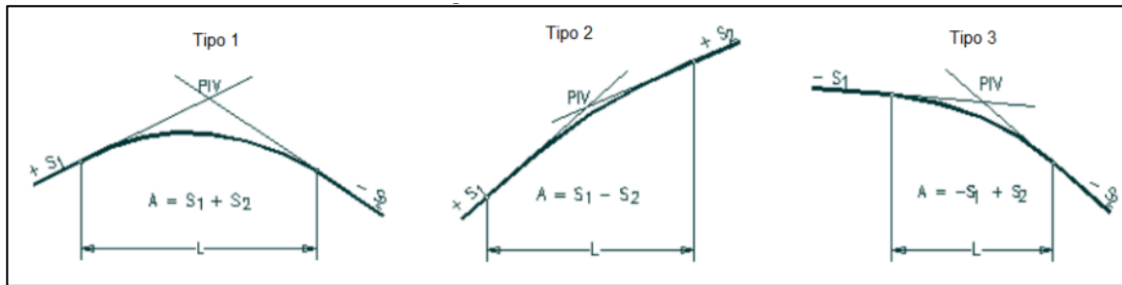
L: Longitud mínima de la curva.

V: Velocidad de diseño en Km/h.

Como expresa (Cardenas, 2013), se puede tener tres casos de curvas convexas:

1. **Caso 1:** la gradiente de entrada es mayor a cero y la gradiente de salida es menor a cero.
2. **Caso 2:** la gradiente de entrada es mayor a cero y la gradiente de salida es mayor a cero.
3. **Caso 3:** la gradiente de entrada es menor a cero y la gradiente de salida es menor a cero.

Figura 10. Esquema de casos de curvas convexas



Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras - (Cardenas, 2013)

Para los valores de K para diferentes velocidades de diseño se observa en la Tabla 11.

Tabla 11. Valores de diseño de las gradientes longitudinales máximas

Velocidad de diseño (Km/h)	Distancia de Visibilidad para paradas "s" (m)	Coeficiente K	
		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	11.5	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

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras (MTOP, 2003)

2.2.6.5.2 Curvas verticales Cóncavas

Por razones de seguridad, las curvas verticales cóncavas deben tener una longitud adecuada para garantizar que la distancia de visibilidad requerida para detener un vehículo sea

aproximadamente igual a la longitud de los rayos de luz de los faros del vehículo. (MTO, 2003, p.211).

Se calcula con la siguiente expresión:

$$L_{min} = 0.60 * V \quad (26)$$

Donde:

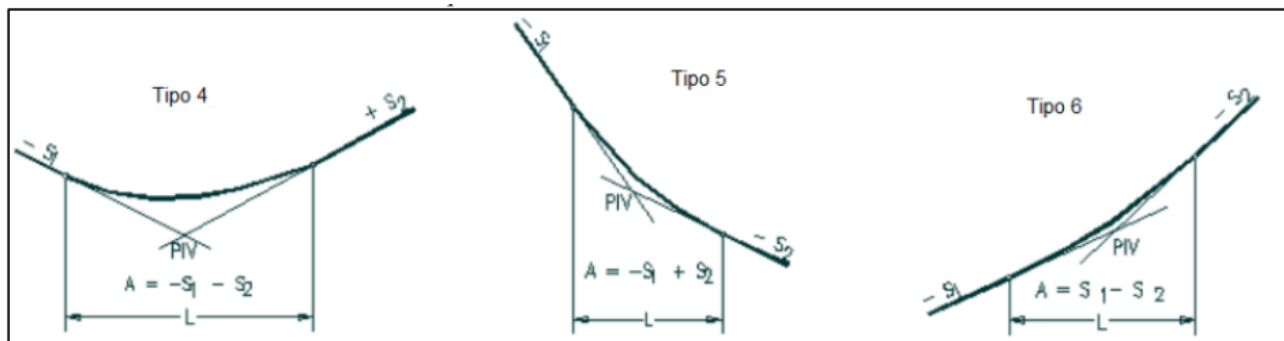
L: Longitud mínima de la curva.

V: Velocidad de diseño en Km/h.

Como expresa (Cardenas, 2013), se puede tener tres casos de curvas cóncavas:

1. **Caso 1:** la gradiente de entrada es menor a cero y la gradiente de salida es mayor a cero.
2. **Caso 2:** la gradiente de entrada es menor a cero y la gradiente de salida es menor a cero.
3. **Caso 3:** la gradiente de entrada es mayor a cero y la gradiente de salida es mayor a cero.

Figura 11. Esquema de casos de curvas cóncavas



Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras - (Cardenas, 2013)

Para los valores de K para diferentes velocidades de diseño se observa en la Tabla 12

Tabla 12. Curvas verticales cóncavas mínimas

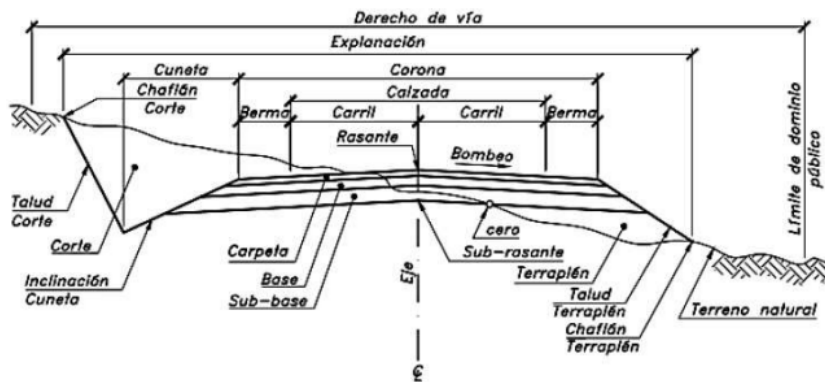
Velocidad de diseño (Km/h)	Distancia de Visibilidad para paradas "s" (m)	Coeficiente K	
		Calculado	Redondeado
20	20	2.08	2
25	25	2.98	3
30	30	3.96	4
35	35	5.01	5
40	40	6.11	6
45	50	8.42	8
50	55	9.62	10
60	70	13.35	13
70	90	18.54	19
80	110	23.87	24
90	135	30.66	31

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras (MTOP, 2003)

2.2.6.6 Secciones Transversales

La sección transversal típica de una carretera se refiere al corte vertical a lo largo del eje del alineamiento horizontal, lo que ayuda a determinar la ubicación, cantidades y dimensiones de cada componente de la vía. Los elementos presentes en estas secciones transversales están determinados por factores como el volumen de tráfico, las características del terreno y la velocidad de diseño (Cardenas, 2013).

Figura 12. Sección transversal típica



Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras - (Cardenas, 2013)

Se compone por distintos elementos que se detalla a continuación:

2.2.6.6.1 Ancho de la sección transversal

Desde el punto de vista de (Cardenas, 2013), El ancho de la carretera comprende el pavimento, los espaldones, los taludes y las cunetas. El ancho de la estructura del pavimento se determina teniendo en cuenta el volumen y la composición del tráfico, así como las características del terreno. Debe ser lo suficientemente amplio para resistir el deterioro causado por las cargas de los vehículos a los que está expuesto (p.422).

Tabla 13. *Anchos de la calzada*

Categoría de la Vía	TPDA Esperado	Ancho de Calzada (m)	
		Recomendable	Absoluto
R-I o R-II	> 8000	7.30	7.30
I	3000 - 8000	7.30	7.30
II	1000 - 3000	7.30	6.50
III	300 - 1000	6.70	6.00
IV	100 - 300	6.00	6.00
V	< 100	4.00	4.00

Fuente: *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras (MTO, 2003)*

2.2.6.6.2 Espaldones

La función que realizan es brindar un espacio para el estacionamiento de vehículos de manera temporal y amplitud para la operación de los vehículos ante una situación inesperada.

2.2.6.6.3 Taludes

Los taludes en corte y en relleno son muy importantes en la seguridad y buena apariencia de una carretera, además de influir en su costo de mantenimiento. Aunque su diseño depende de las condiciones de los suelos y de las características geométricas de la vía, como regla general los taludes deben diseñarse con la menor pendiente económicamente permisible (MTO, 2003, p.235).

2.2.6.6.4 Drenaje

El agua que fluye sobre la superficie de la carretera proviene tanto de los taludes adyacentes como del escurrimiento local. Es esencial que este drenaje no cause daños a la carretera.

Por lo tanto, el principal propósito de un sistema de drenaje es facilitar el movimiento del agua estancada y garantizar la estabilidad, durabilidad y seguridad del tráfico en la carretera (Ponce, 2018).

2.2.6.6.5 Cuneta

Según (Cardenas, 2013), las cunetas son canales o zanjas excavadas a lo largo de los márgenes de una carretera o camino, diseñadas para recoger y canalizar el agua de lluvia y otras aguas superficiales lejos de la vía pavimentada. Su propósito principal es evitar la acumulación de agua en la carretera, lo que podría provocar inundaciones, erosión del pavimento y condiciones peligrosas para el tráfico vehicular.

2.3 Diseño de Pavimento Flexible

En este capítulo se expondrán los criterios, normativas y parámetros empleados en el diseño estructural del pavimento, siguiendo el método AASHTO-1993, el cual es reconocido como el enfoque más avanzado y completo para el diseño de pavimentos. Este método abarca todos los factores relevantes que influyen en la estabilidad y durabilidad del pavimento.

2.3.1 Pavimento

El pavimento consiste en una estructura compuesta por múltiples capas que se construyen utilizando materiales adecuados y compactados, apoyados sobre una subrasante o base apropiada de la carretera. Su principal función es proporcionar una superficie de rodaje que permita un tránsito seguro y a las velocidades de diseño previstas, independientemente de las condiciones climáticas. Es fundamental asegurar la resistencia del pavimento ante las cargas a las que está expuesto (AASHTO, 1993).

2.3.1.1 Estructura del Pavimento

- **Subrasante o suelo de fundación:** La función que realiza es soportar las cargas que transmite el pavimento y darle sustentación, se tiene en consideración la cimentación del pavimento luego de haber concluido con el movimiento de tierra, haber compactado y dadas las pendientes específicas.
- **Sub-base:** Su funcionalidad es servir como capa de drenaje al pavimento controlando los posibles cambios de volumen y elasticidad, reduciendo de manera notoria la plasticidad

que afecta directamente a la subrasante y controlando la capilaridad del agua.

“La capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor del 30%” (MOP-001-F,2002,pp. IV-38)

- **Base:** Su función es absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos que transitan por la vía, repartiendo uniformemente a la capa de la sub-base y a la subrasante.

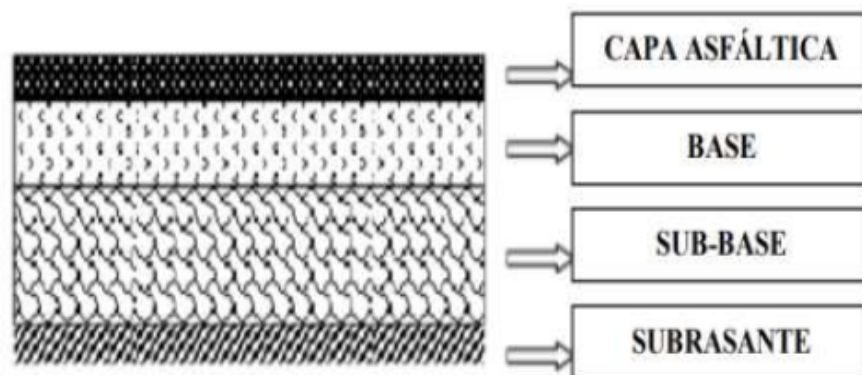
“El valor de soporte CBR deberá ser igual o mayor al 80%” (MOP-001-F,2002,pp. IV-48)

- **Capa de rodadura:** Su funcionalidad es proteger a la capa de la base mediante la impermeabilización de la superficie para evitar el desgaste de la base debido a los vehículos que transitan por la vía.

2.3.1.2 Clase de Pavimentos

- **Pavimento Flexibles:** Está formado por una capa bituminosa apoyada por dos capas no rígidas, la base y la sub-base, tiene una capacidad para adaptarse a deformaciones del suelo sin provocar tensiones adicionales (AASHTO, 1993).

Figura 13. Estructura típica de Pavimento Flexible



Fuente: Guía para el diseño de la estructura del pavimento, AASHTO 93.

- **Pavimentos Semirrígidos:** La estructura es similar a la del pavimento flexible, donde una de sus capas se refuerza artificialmente mediante la adición de un agente estabilizador, como asfalto, emulsión, cemento, cal o productos químicos. La incorporación de estos aditivos sirve para ajustar o mejorar las propiedades mecánicas de los materiales utilizados (AASHTO, 1993).

- **Pavimentos Rígidos:** Están compuestos por una losa de concreto que se apoya sobre la subrasante o sobre la capa de material seleccionado, transmite los esfuerzos al suelo de forma mínima (AASHTO, 1993).
- **Pavimento Articulado:** Compuesto por la capa de rodadura que se elabora con bloques de concreto prefabricado que se llama adoquines, tienen espesores uniformes e iguales entre sí (AASHTO, 1993).

2.3.2 Diseño de pavimentos flexibles, método AASHTO

El método AASHTO para pavimentos flexibles se fundamenta en la determinación del número estructural (SN), el cual representa la resistencia necesaria de la estructura del pavimento. Esta determinación se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r \cdot S_0 + 9.36 \cdot \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \log_{10}(M_r) - 8.07 \quad (27)$$

Donde:

W₁₈: Número de ejes equivalentes para el periodo de diseño.

Z_r: Desviación normal estándar.

S₀: Desviación estándar de las variables.

ΔPSI: Perdida de serviciabilidad.

M_r: Modulo de resiliente de la subrasante (Psi).

SN: Número estructural.

2.3.2.1 Vida útil del pavimento

Es el periodo que transcurre desde que la vía empieza a funcionar sin presentar ninguna falla posible, hasta cuando presenta bajo servicios de serviciabilidad (Cardenas, 2013).

Tabla 14. *Periodo de diseño según el tipo de carretera*

Tipo de Carretera	Periodo de Análisis
Urbanas de alto volumen	30-50
Rural de alto volumen	20-50
Pavimentadas de bajo volumen	15-25
Tratada superficialmente de bajo volumen	10

Fuente: *Guía para el diseño de la estructura del pavimento, AASHTO 93*

2.3.2.2 Tránsito Equivalente (W18)

Se trata de la conversión de las cargas aplicadas por diferentes configuraciones de vehículos pesados en una carga equivalente. Este valor equivalente se calcula como el número de pasadas de un eje sencillo de 1800 libras, acumuladas durante el período de diseño (Cárdenas Grisales, 2013).

Tabla 15. *Factor de distribución por carril*

N° de carriles en una dirección	Percentil del W18 en el carril de diseño
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

Fuente: *Guía para el diseño de la estructura del pavimento, AASHTO 93*

2.3.2.3 Nivel de Confiabilidad “R”

Como expresa (AASHTO, 1993), el factor R toma en cuenta el comportamiento y desempeño del pavimento frente al entorno natural, se puede garantizar que el comportamiento del pavimento sea igual o menor que el previsto para la vida útil del pavimento.

Tabla 16. *Nivel de confiabilidad conforme a la zona*

Tipo de Camino	Nivel de confiabilidad recomendada "R"	
	Zona urbana	Zona rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Fuente: *Guía para el diseño de la estructura del pavimento, AASHTO 93*

2.3.2.4 Desviación estándar Normal “Zr”

La selección de la desviación estándar se realiza en función del nivel de confiabilidad, tal como se detalla en la Tabla 17.

Tabla 17. Valores de Zr

Confiabilidad R%	Desviación Estándar Normal "Zr"	Confiabilidad R%	Desviación Estándar Normal "Zr"
50	0	93	-1.467
60	-0.253	94	-1.555
70	-0.524	95	-1.645
75	-0.674	96	-1.751
80	-0.841	97	-1.881
85	-1.037	98	-2.054
90	-1.282	99	-2.327
91	-1.34	99.9	-3.09
92	-1.405	99.99	-3.75

Fuente: *Guía para el diseño de la estructura del pavimento, AASHTO 93*

2.3.2.5 Desviación estándar “So”

Este factor está asociado con las condiciones específicas del sitio, teniendo en cuenta el comportamiento del pavimento y la predicción del tráfico. La AASHTO recomienda un valor de 0,45 para el diseño de pavimentos flexibles (AASHTO, 1993).

2.3.2.6 Modulo de resiliencia “Mr”

Permite conocer las propiedades del terreno de fundación o subrasante, sobre el cual se va a colocar el pavimento, con estos valores podemos determinar los espesores de las diferentes capas del pavimento (Cárdenas Grisales, 2013). El módulo de resiliencia se determina mediante las ecuaciones que dependen del ensayo CBR calculado, como se muestra a continuación.

- $Mr \text{ (psi)} = 1500 * CBR$ CBR < 10 %
- $Mr \text{ (psi)} = 3000 * CBR^{0.65}$ CBR del 10 % al 20 %
- $MR \text{ (psi)} = 4326 * \ln CBR + 241$ Para suelos Granulares

2.3.2.7 Índice de servicialidad “ΔPSI”

La servicialidad de un pavimento se caracteriza por su capacidad para proporcionar un manejo cómodo y seguro de la vía a lo largo de un periodo específico. Según (AASHTO, 1993), en el caso de pavimentos flexibles, se establece un índice de servicio inicial de 4,2,

mientras que el índice de servicio final varía entre 2,5 y 3 para carreteras principales. En el caso de carreteras secundarias, se recomienda un valor de 2,0. Es importante destacar que estos valores son indicadores clave para evaluar la eficacia y durabilidad de los pavimentos, asegurando condiciones óptimas para el tránsito vehicular.

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

2.3.2.8 Determinación de los espesores por capa

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad (28)$$

Donde:

a₁, a₂, a₃: Son coeficientes estructurales, que pertenecen a la carpeta asfáltica, base y subbase.

D₁, D₂, D₃: Espesores de la carpeta asfáltica.

La AASHTO-93 recomienda valores de espesores mínimos recomendables, según la cantidad de ejes equivalentes simples acumulados, como se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18. *Espesores mínimos según el número de ejes equivalentes en pulgadas*

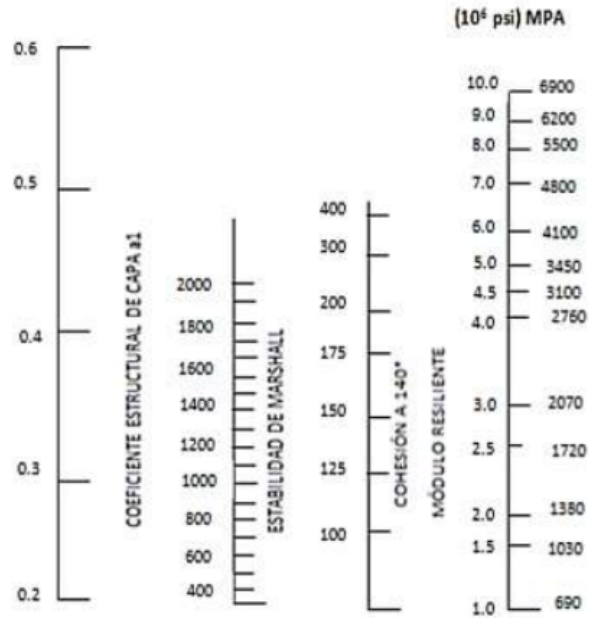
Tránsito W18	Carpeta Asfáltica D1	Capa Base D2
Menores de 50000	1,0 ó Tándem Superficial	4.0
50001 a 150000	2.0	4.0
150001 a 500000	2.5	4.0
500001 a 2000000	3.0	6.0
2000001 a 7000000	3.5	6.0
Mayores a 7000000	4.0	6.0

Fuente: *Guía para el diseño de la estructura del pavimento, AASHTO 93*

2.3.2.9 Coeficientes estructurales a₁, a₂, a₃

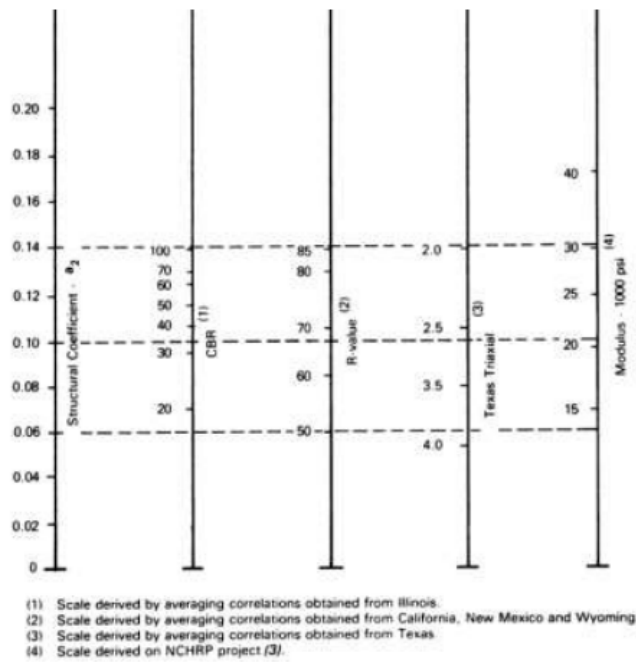
Los coeficientes estructurales son parámetros que proporcionan información sobre la capacidad de un material para resistir las cargas generadas por el tráfico vehicular. Estos coeficientes se determinan mediante pruebas realizadas en laboratorio (Cárdenas Grisales, 2013).

Figura 14. *Ábaco Coeficiente Estructural a1*



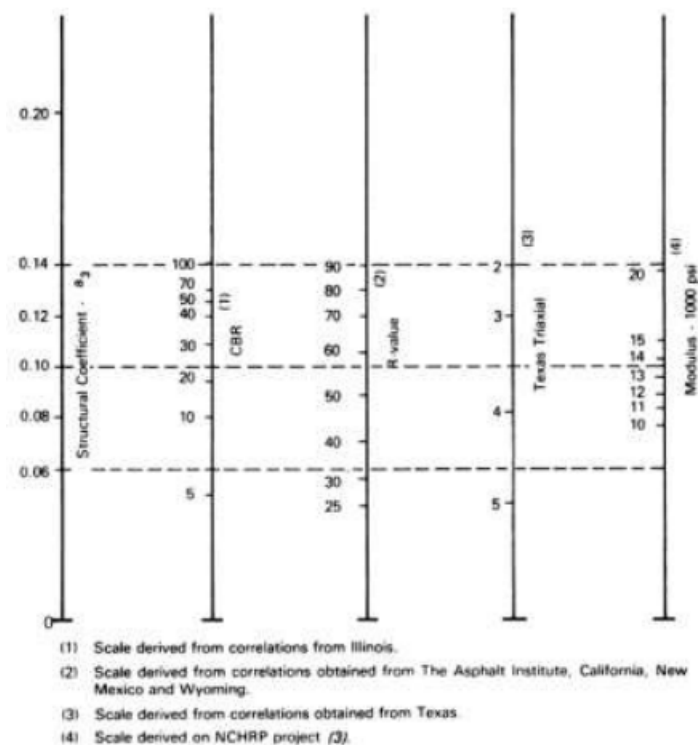
Fuente: Guía para el diseño de la estructura del pavimento, AASHTO 93.

Figura 15. *Ábaco Coeficiente Estructural a2*



Fuente: Guía para el diseño de la estructura del pavimento, AASHTO 93.

Figura 16. *Ábaco Coeficiente Estructural a_3*



Fuente: Guía para el diseño de la estructura del pavimento, AASHTO 93.

2.3.2.10 Coeficientes de drenaje (m2, m3)

La calidad del drenaje se refiere al tiempo que tarda el agua en evacuarse de las capas granulares (Capa base y subbase) (Cárdenas Grisales, 2013).

Tabla 19. *Capacidad de drenaje*

Calidad del drenaje	Tiempo de eliminación de agua
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Deficiente	Agua no drenada

Fuente: Guía para el diseño de la estructura del pavimento, AASHTO 93

2.4 Diseño de Cunetas

Las cunetas son estructuras de drenaje, que se encargan de captar las aguas de escorrentía superficial provenientes de la vía y de los taludes, las aguas captadas son conducidas longitudinalmente hasta llegar a un lugar seguro, donde tenga una adecuada disposición para drenar el agua (INVIAS, 2009).

Se adopta los siguientes criterios para el diseño de la cuneta:

- La cuneta tendrá la misma pendiente longitudinal que la rasante de la vía.
- La inclinación del talud en corte será 1V/1H y su arista está redondeado con un radio mínimo de 0.10 m.
- La cuneta i de la berma exterior.

2.4.1 Coeficiente de Escorrentía

Como afirma (MTO, 2003, p.298), “Este coeficiente establece la relación que existe entre la cantidad total de lluvia que se precipita y la que se escurre superficialmente”.

Los datos para calcular el coeficiente de escorrentía según el tipo de suelo están disponibles en la Tabla 20.

Tabla 20. *Coeficiente de escorrentía*

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA C						
COBERTURA VEGETAL	TIPO SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPECIABLE
		50%	20%	5%	1%	
SIN VEGETACION	IMPERMEABLE	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	SEMIPERMEABLE	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	PERMEABLE	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
CULTIVOS	IMPERMEABLE	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	SEMIPERMEABLE	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	PERMEABLE	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
PASTOS VEGETACION LIGERA	IMPERMEABLE	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	SEMIPERMEABLE	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	PERMEABLE	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
HIERBA, GRAMA	IMPERMEABLE	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	SEMIPERMEABLE	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	PERMEABLE	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
BOSQUES DENSA VEGETACION	IMPERMEABLE	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	SEMIPERMEABLE	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	PERMEABLE	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Fuente: *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MTO - 2003*

2.4.2 Intensidad de Lluvia

La intensidad de lluvia se define como la cantidad de precipitación que cae en un período de tiempo específico. Según lo indicado por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, se utilizan expresiones particulares para calcular la intensidad de lluvia en la estación M0067 - Aeropuerto Cuenca.

Figura 17. *Intensidad - Duración - Frecuencia Cuenca*

ESTACIÓN		INTERVALOS DE TIEMPO (minutos)	Ecuaciones	R	R ²
CÓDIGO	NOMBRE				
M0067	CUENCA	5 < 60	$i = 201.93 * T^{0.1845} * t^{-0.4926}$	0.9885	0.9771
	AEROPUERTO	60 < 1440	$i = 1052.78 * T^{0.1767} * t^{-0.8921}$	0.9979	0.9958

Fuente: (INAMHI, 2015)

Para determinar la intensidad de lluvia se utilizo las siguientes formulas pluviométricas proporcionadas por el INAMHI.

$$I = \frac{4.14 * T^{0.18} * P_{max}}{t_c^{0.58}} \quad (29)$$

Donde

I: Intensidad de precipitación en (mm/h).

P_{max}: Precipitación máxima en 24 horas.

T: Periodo de retorno (10 años, intervalos de tiempo en que se estima una creciente).

t_c: Tiempo de concentración de la lluvia.

Para el calculo del tiempo de concentración se utiliza la siguiente fórmula:

$$t_c = 0.0195 \cdot \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \quad (30)$$

Donde:

L: Longitud del área de drenaje en metros.

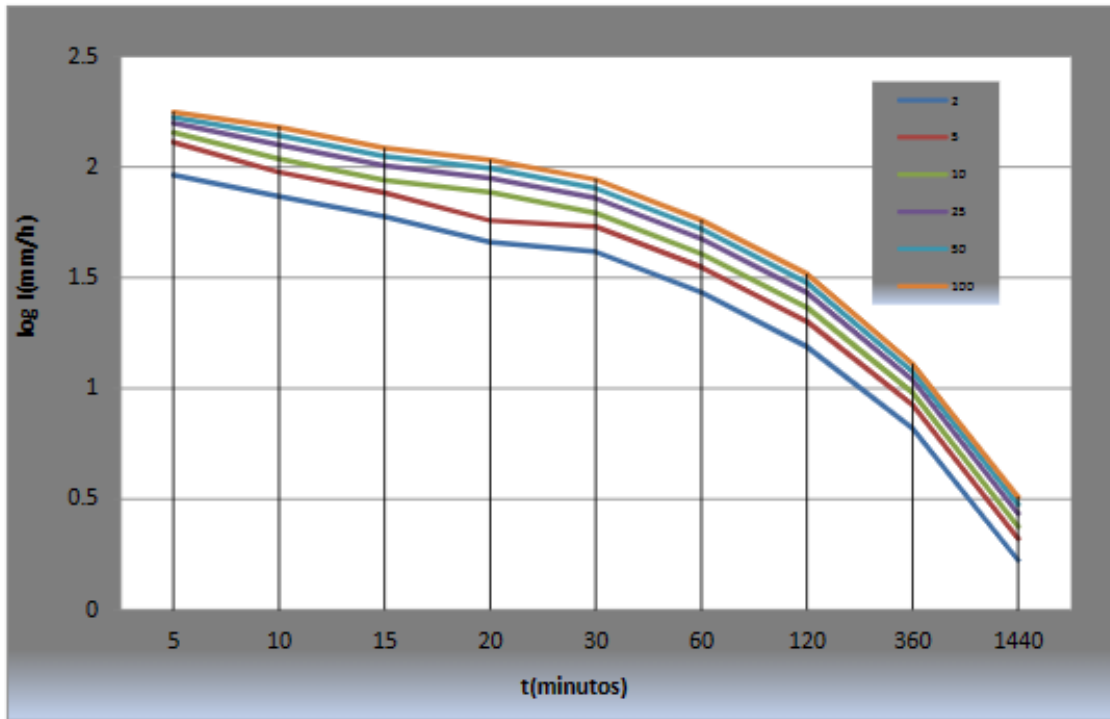
H: Desnivel entre el inicio de la cuneta y el punto de descarga en m.

I: Pendiente del tramo.

Como afirma (NEVI, 2012) “Los caudales de diseño para el drenaje de la plataforma se calcularán utilizando el método racional, considerando un tiempo de concentración mínimo

de 10 minutos y un periodo de retorno de 25 años”, en la figura 18 se observa la Intensidad de Precipitación según el Periodo de Retorno y el Tiempo de Concentración para la estación M0067:

Figura 18. Intensidad de precipitación según Periodo de Retorno y Tiempo de Concentración



T (min)	Período de Retorno T (años)					
	2	5	10	25	50	100
5	103.9	123.0	139.8	165.5	188.1	213.7
10	73.8	87.4	99.3	117.6	133.7	151.9
15	60.5	71.6	81.4	96.3	109.5	124.4
20	52.5	62.1	70.6	83.6	95.0	108.0
30	43.0	50.9	57.8	68.5	77.8	88.4
60	30.8	36.3	41.0	48.2	54.5	61.6
120	16.6	19.5	22.1	26.0	29.4	33.2
360	6.2	7.3	8.3	9.7	11.0	12.5
1440	1.8	2.1	2.4	2.8	3.2	3.6

INTENSIDAD MAXIMA (mm/h)

Fuente: (INAMHI, 2015)

2.4.3 Sección de canal

Según la (MTO, 2003, p.255), “Las cunetas según la forma de su sección transversal, pueden ser: triangulares, rectangulares y trapezoidales. El uso de cunetas triangulares es generalizado, posiblemente, por su facilidad de construcción y mantenimiento”.

Figura 19. Sección típica de cuneta y canales triangulares

	Tipo de Cuneta o Canal	
Ancho Superficial (l)	$(z_a + z_b) \cdot h$	$x + z_b \cdot \left(h - \frac{x}{z_a} \right)$
Área (z)	$\frac{(z_a + z_b) \cdot h^2}{2}$	$x \cdot h + \frac{z_b \cdot h^2}{2} + \frac{x^2}{2 \cdot z_a} \cdot \left(\frac{z_b}{z_a} - \frac{2 \cdot z_b \cdot h}{x} - 1 \right)$
Perímetro Mojado (P)	$(\sqrt{1 + z_a^2} + \sqrt{1 + z_b^2}) \cdot h$	$h + \sqrt{x^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{z_a^2} \right)} + \sqrt{z_b^2 + 1} \cdot \left(h - \frac{x}{z_a} \right)$
Radio Hidráulico (R)	$\frac{(z_a + z_b) \cdot h}{2 \cdot (\sqrt{1 + z_a^2} + \sqrt{1 + z_b^2})}$	$\frac{x \cdot h + \frac{z_b \cdot h^2}{2} + \frac{x^2}{2 \cdot z_a} \cdot \left(\frac{z_b}{z_a} - \frac{2 \cdot z_b \cdot h}{x} - 1 \right)}{h + \sqrt{x^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{z_a^2} \right)} + \sqrt{z_b^2 + 1} \cdot \left(h - \frac{x}{z_a} \right)}$

Fuente: Norma para estudios y diseños viales (NEVI, 2012)

La capacidad hidráulica de las cunetas se puede calcular con la siguiente expresión de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} * (A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}) \quad (31)$$

Donde:

Q: Caudal de diseño.

n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

A: Área mojada sección.

R: Radio hidráulico.

S: Pendiente transversal (m/m).

El agua debe mantener una velocidad que evite la sedimentación y la erosión del material. Se recomienda una velocidad mínima de 0.25 m/s para asegurar que estos procesos no ocurran. En la Tabla 21 se observa las velocidades máximas para obras revestidas.

Tabla 21. *Velocidades máximas admisibles en canales y cunetas revestidas*

Tipo de revestimiento	Velocidad máxima admisible, m/s
Mezclas asfálticas en sitio y tratamientos superficiales	3.00
Mampostería de piedra	4.50
Hormigón asfáltico o de cemento portland	4.50

Fuente: *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MTOP - 2003*

2.5 Señalización

Como expresa (INEN, 2011a), “las señales de tránsito se utilizan para ayudar al movimiento seguro y ordenado del tránsito de peatones y vehículos” (p.6).

2.5.1 Señalización vertical

2.5.1.1 Señales regulatorias

“Controlan y gestionan el flujo del tráfico, además de indicar el cumplimiento de requisitos legales específicos. El incumplimiento de estas indicaciones puede resultar en una infracción de tráfico.” (INEN, 2011a)

Pare (R1-1): “se coloca en las proximidades de las intersecciones donde una vía tiene preferencia sobre otra, y requiere que los vehículos se detengan antes de ingresar a la intersección” (INEN, 2011a)

Doble vía (R2-2): “la señal se encuentra al inicio de una calle o carretera de doble sentido y se repite en todas las intersecciones y cruces. Es importante que estas señales estén colocadas en ambos lados de la calle para garantizar su visibilidad” (INEN, 2011a)

Límite máximo de velocidad (R4-1): “se emplea para señalar la velocidad máxima permitida en un tramo específico de la vía.” (INEN, 2011a)

2.5.1.2 Señales preventivas

“Se emplean para advertir a los conductores sobre posibles peligros que pueden encontrarse en su ruta” (INEN, 2011a)

Curva cerrada izquierda (P1-1I): “estas señales indican la aproximación a curvas cerradas; y se instalan antes de una curva con ángulo de viraje $\leq 90^\circ$ ” (INEN, 2011a)

Curva abierta izquierda (P1-2I) y derecha (P1-2D): “estas señales indican la cercanía a curvas abiertas y se colocan en las aproximaciones a una curva abierta, ya sea a la izquierda o a la derecha.” (INEN, 2011a)

Animales en la vía (P6-17): “este tipo de señal debe ser utilizada para alertar sobre la posible presencia de animales en la carretera, ya sean domésticos o de ganado.” (INEN, 2011a)

Alineamiento horizontal (D6-1I o (D6-1D)): “este tipo de señal se emplea en las curvas abiertas, ya sea hacia la izquierda o hacia la derecha, según la dirección del trazado de la curva.” (INEN, 2011a)

2.5.2 Señalización Horizontal

Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta: “estas marcas viales son de color amarillo y pueden ser cruzadas con precaución cuando sea seguro hacerlo. Se utilizan en tramos de carretera donde las condiciones geométricas permiten realizar adelantamientos y giros” (INEN, 2011, p.11).

Zonas de no rebasar: “una zona de NO REBASAR se justifica donde la distancia de visibilidad de rebasar es menor que la distancia de rebasamiento mínimo” (INEN, 2011, p.15).

Tabla 22. *Distancia de rebasamiento mínimo*

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

Fuente: (INEN, 2011b)

Líneas de borde: “estas señales son utilizadas para guiar a los conductores, especialmente

en situaciones de visibilidad reducida, indicando la ubicación del borde de la calzada para que puedan posicionarse correctamente con respecto a él” (INEN, 2011, p.22).

Línea de pare en intersección con señal vertical de pare: “La línea de pare se marca siguiendo la alineación de la proyección de los bordillos hacia el interior de la vía, indicando el punto donde se requiere que el tráfico se detenga” (INEN, 2011, p.27).

Líneas de cruce cebra: “esta señalización delimita una zona de la calzada donde el peatón tiene derecho de paso de forma irrestricta” (INEN, 2011, p.40).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Topografía

3.1.1 Reconocimiento de Campo

Para realizar el levantamiento topográfico del proyecto se realizó un recorrido de la zona con el objetivo de obtener datos e información de la carretera mediante el levantamiento topográfico, de una franja de 80 metros (40 metros a cada lado del eje de la carretera), utilizando la estación total, un GPS de alta precisión y los equipos necesarios para realizar el trabajo.

3.1.2 Trabajo de Campo

- Como primer paso para realizar el levantamiento topográfico se toma las coordenadas georreferenciadas con el GPS, los datos previamente obtenidos se ingresan a la estación total para obtener mayor precisión.
- Ya obtenido las coordenadas de partida con el GPS, se realizó el levantamiento topográfico en base a la carretera existente El Valle - San Pedro - Tierras Coloradas, tramo El Valle - San Pedro, con una longitud de 1.459 Km. Los puntos se tomaron a lo largo del eje de la carretera a detalle con una franja topográfica de 80 m (40 m cada lado del eje de la vía), los cuales cuentan con su respectiva numeración, coordenadas (Norte, Este, Cota) y descripción.
- Se colocó estacas de madera como referencia para el cambio de la estación total.

En el [Anexo A](#) se presenta fotografías de los equipos utilizados y ensayos realizados para el proyecto.

3.1.3 Trabajo de Oficina

3.1.3.1 Transferencia de datos

Luego de haber obtenido los datos de campo, se transfirieron del equipo topográfico a la computadora. Se realizó mediante el respectivo cable de la estación.

3.1.3.2 Procesamiento y análisis de datos

En esta etapa se revisó los datos obtenidos, verificando errores y la precisión de los mismos, se eliminó puntos erróneos o no necesarios, y se exportaron los puntos obtenidos al Civil 3D programa que se utilizó para realizar el diseño geométrico de la carretera.

3.1.3.3 Corrección de las curvas de nivel

Para realizar la corrección de las curvas de nivel se realizó mediante el método de triangulación, es una técnica basada en las mediciones angulares principales. Consiste en determinar las coordenadas de una serie de puntos distribuidos en triángulos partiendo de dos conocidos.

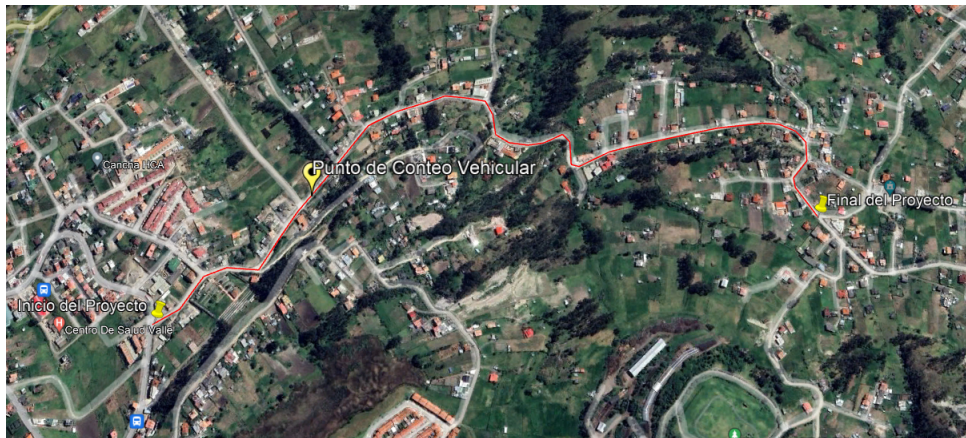
3.1.3.4 Generación de informes y mapas

Luego de haber concluido el procesamiento y análisis de datos, se realizó informes respectivos y mapas topográficos, los cuales incluyen sus respectivas coordenadas, elevación, perfil del terreno, perfil del proyecto y curvas de nivel, los cuales se observan en el [Anexo I](#).

3.2 Estudio de Tráfico

El conteo del tráfico se realizó de forma manual, ubicando a una persona en el punto estratégico de la carretera (abscisa 0+400) en un periodo de 12 horas (6:00 a 18:00) por siete días (25/09/2023 al 01/10/2023), en un intervalo de tiempo de 15 minutos, el conteo se realizó en ambos sentidos de circulación.

Figura 20. *Ubicación del punto de conteo vehicular*



Fuente: (Google Earth, 2020)

El tránsito vehicular de la zona está compuesto por: automóviles, camionetas, buses, camiones livianos y pesados. El día donde se evidencio mayor presencia de vehículos fue el domingo 1 de octubre del 2023 con un total de 521 vehículos, dando como resultado la hora pico de 8:00 a 9:00 am.

Tabla 23. *Resumen conteo vehicular*

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
Proyecto: Diseño geométrico vial y de pavimento de la vía El Valle - San Pedro - Tierras coloradas en el tramo El Valle - San Pedro, en la parroquia El Valle, cantón Cuenca, provincia del Azuay"									
Mes	Año	Sentido			Abscisa			Realizado	
Octubre	2023	Ambos sentidos			0+015			Edwin Gutama	
Día	Livianos	Pesados							Total
		Bus	2D	2DA	2DB	3A	4C	Mayor a 4C	
Lunes	157	11	6	4	3	0	0	0	181
Martes	140	14	10	6	6	1	0	0	177
Miércoles	147	16	17	9	9	7	0	0	205
Jueves	156	14	6	5	13	12	0	0	206
Viernes	147	15	0	11	4	0	0	0	177
Sábado	236	11	4	6	7	0	0	0	264
Domingo	299	11	5	1	2	1	0	0	319
Total	1282	92	48	42	44	21	0	0	1529

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 24. *Volumen vehicular durante hora pico*

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA										
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
Proyecto: Diseño geométrico vial y del pavimento de la vía El Valle - San Pedro - Tierras coloradas en el tramo El Valle - San Pedro, en la parroquia El Valle, cantón Cuenca, provincia del Azuay"										
Día	Mes	Año	Sentido		Abscisa	Realizado			Día N°	
Domingo, 1	Octubre	2023	Ambos sentidos		0+015	Edwin Gutama			7	
Hora	Livianos	Buses	PESADOS						Total	Acumulado por hora
			2D	2DA	2DB	3A	4C	Mayor a 4C		
8:00 - 8:15	13	1	0	1	0	0	0	0	15	57
8:15 - 8:30	9	0	0	0	0	0	0	0	9	53
8:30 - 8:45	6	0	0	0	0	0	0	0	6	51
8:45 - 9:00	8	1	0	0	0	0	0	0	9	39
	36	2	0	1	0	0	0	0		
VHP =	36	2			1					

Fuente: *Elaboración propia*

Con los cálculos que se presentaron en la tabla 24, mediante la acumulación de vehículos por hora se obtiene los siguientes resultados, de 40 vehículos que equivale al 100% con una distribución de 95% para livianos, 3.33% buses y 1.67% pesados.

Factor de hora pico

$$FHP = \frac{\text{Volumen horario de máxima demanda}}{N * Q_{15max}} \quad (32)$$

Donde se obtuvo un valor de FHP de 0.83, se utiliza 1 para efectos de cálculo.

Tráfico promedio diario anual actual (TPDA)

$$TPDA_{actual} = \frac{VPH * FPH}{K} \quad (33)$$

Donde:

VPH: Volumen durante la hora pico.

FPH: Factor de la hora pico.

K: Porcentaje de la 30va hora de diseño.

En la Tabla 26 se presenta los resultados del Tráfico promedio diario anual actual.

Tabla 25. *Tráfico promedio diario anual actual*

$TPDA_{actual} = \frac{\text{Vehiculos}}{\text{dia}}$			
Livianos	Bus	Pesados	Total
240	13	7	260

Fuente: *Elaboración propia*

Tráfico generado

como expresa la norma MTOP “se debe considerar un incremento del 20% del TPDA”. Para determinar se utiliza la siguiente formula:

$$T_G = 20\%TPDA_{actual} \quad (34)$$

Se obtiene los siguientes resultados:

Livianos= 48

Bus= 3

Pesados= 1

Tráfico atraído

Se determino el tráfico atraído con la siguiente expresión:

$$T_A = 10\%TPDA_{actual} \quad (35)$$

Se obtiene los siguientes resultados:

Livianos= 24

Bus= 1

Pesados= 1

Tráfico desarrollado

Se determino el tráfico desarrollado con la siguiente expresión:

$$T_D = 5\%TPDA_{actual} \quad (36)$$

Se obtiene los siguientes resultados:

Livianos= 12

Bus= 1

Pesados= 0

Trafico actual

$$T_a = TPDA_{actual} + T_G + T_a + T_D \quad (37)$$

Se obtiene los siguientes resultados:

Livianos= 324

Bus= 18

Pesados= 9

Trafico futuro

$$T_f = T_a(1 + i)^n \quad (38)$$

Donde:

Ta: Tráfico actual.

i: Índice de crecimiento.

n: Años proyectado.

Tomando como referencia al manual de diseño geométrico de carreteras, “el índice de crecimiento para el tráfico de vehículos livianos es de 3.27%, 1.54% para buses y 2.48% para pesados en el periodo 2021-2040”.

Tabla 26. *Tasa de crecimiento anual*

PERIODO	LIVIANO	BUS	CAMION
2005-2010	4.49	2.12	3.41
2011-2015	3.99	1.89	3.03
2016-2020	3.60	1.70	2.72
2021-2040	3.27	1.54	2.48

Fuente: *Coordinación de Factibilidad - MTOP*

Se obtiene los siguientes resultados:

Livianos= 324

Bus= 18

Pesados= 9

Luego de realizar los cálculos respectivos se tiene el valor del TPDA proyectado a 20 años, como se muestra en la Tabla 28. El resultado del Trafico Promedio Diario Anual (TPDA) para el periodo de diseño de 20 años es 692 vehículos, este valor ayuda a determinar la clasificación de la carretera en función del TPDA.

Tabla 27. *Transito proyectado a 20 años*

Año	n	Índice de crecimiento (i%)			TPDA futuro = $Ta(1+i)^n$			Total
		Livianos	Bus	Pesados	Livianos	Bus	Pesados	
2023	0	3.57	1.78	1.74	324	18	9	351
2024	1	3.57	1.78	1.74	336	18	9	363
2025	2	3.57	1.78	1.74	348	19	9	376
2026	3	3.57	1.78	1.74	360	19	9	388
2027	4	3.57	1.78	1.74	373	19	10	402
2028	5	3.57	1.78	1.74	386	20	10	416
2029	6	3.57	1.78	1.74	400	20	10	430
2030	7	3.57	1.78	1.74	414	20	10	444
2031	8	3.57	1.78	1.74	429	21	10	460
2032	9	3.57	1.78	1.74	444	21	11	476
2033	10	3.57	1.78	1.74	460	21	11	492
2034	11	3.57	1.78	1.74	477	22	11	510
2035	12	3.57	1.78	1.74	494	22	11	527
2036	13	3.57	1.78	1.74	511	23	11	545
2037	14	3.57	1.78	1.74	529	23	11	563
2038	15	3.57	1.78	1.74	548	23	12	583
2039	16	3.57	1.78	1.74	568	24	12	604
2040	17	3.57	1.78	1.74	588	24	12	624
2041	18	3.57	1.78	1.74	609	25	12	646
2042	19	3.57	1.78	1.74	631	25	12	668
2043	20	3.57	1.78	1.74	653	26	13	692

Fuente: *Elaboración propia*

Clasificación de la vía en función del TPDA

A partir de los cálculos previos, se determina un volumen de tráfico de 692 vehículos diarios para la proyección de 20 años. De acuerdo con las disposiciones de la normativa MTOP 2003, la carretera se clasifica como clase III, lo que corresponde a una carretera convencional de dos carriles.

Tabla 28. Determinación de la clase de la vía en función al tráfico proyectado

Función	Clase de carretera	Trafico Proyectado TPDA
Corredor Arterial	R-I o R-II	Más de 8000
	I	De 3000 a 8000
Colectora	II	De 1000 a 3000
	III	De 300 a 1000
	IV	De 100 a 300
Vecinal	V	Menos de 100

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras (MTOP, 2003)

3.3 Determinación del Número de Ejes Equivalentes ESALS 'S

3.3.1 Clasificación del tráfico

Después de recopilar los datos de tráfico, se realizó la clasificación por categorías, ya que cada uno de estos tiene distintas características de carga y el efecto de daño en el pavimento.

Tabla 29. Clasificación del tráfico

AÑO 2023	TOTAL	Porcentaje de vehiculos	
TPDA TOTAL	351		
AUTOS	324	92.3%	
BUSES	18	5.1%	
CAMIONES	9	2.6%	Distribución camiones
2DA	6	1.7%	66.7%
2DB	2	0.6%	22.2%
3-A	1	0.3%	11.1%
4-C	0	0.0%	0.0%
2S2	0	0.0%	0.0%
2R3	0	0.0%	0.0%
3R3	0	0.0%	0.0%
3S2	0	0.0%	0.0%
3S3	0	0.0%	0.0%

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Determinación del factor equivalente de carga

El factor de ejes equivalentes fue calculado siguiendo el Método AASHTO 93, utilizando el peso bruto vehicular establecido en la NEVI 12, [Anexo B](#)

Tabla 30. Factor equivalentes de carga

PESOS ESTANDAR		TN						FACTOR FEC	
		6.6		8.2		15	23		
FACTORES DE EQUIVALENTE DE CARGA POR TIPO DE VEHICULO									
TIPO	SIMPLE		SIMPLE DOBLE		TANDEM		TRIDEM		
	tons	(P/6.6)^4	tons	(P/8.2)^4	tons	(P/15)^4	tons	(P/23)^4	
BUS	4	0.13	9	1.45					1.59
2DA	3	0.04	7	0.53					0.57
2DB	7	1.27	11	3.24					4.50
3A	7	1.27			20	3.16			4.43
4C	7	1.27					24	1.19	2.45
2S2	7	1.27	11	3.24	20	3.16			7.66
2R3	7	1.27	11	3.24	20	3.16			7.66
			11	3.24					7.66
3R3	7	1.27	11	3.24	20	3.16			7.66
					20	3.16			7.66
3S2	7	1.27			20	3.16			4.43
					20	3.16			4.43
3S3	7	1.27			20	3.16	24	1.19	5.61

Fuente: Elaboración propia

Después de obtener el factor equivalente de carga, se procede a calcular el número de ejes equivalentes (ESALS) para un período de 20 años, obteniendo un valor de $W_{18}=178458$, para una carretera de 2 carriles.

Tabla 31. Cálculo del número de ejes equivalentes 1

AÑO	% Crecimiento				TRANSITO PROMEDIO DIARIO				
	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO	TPDA TOTAL	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO
2023	2.20%	0.84%	0.84%	0.84%	351	324	18	6	3
2024	2.20%	0.84%	0.84%	0.84%	358	331	18	6	3
2025	2.20%	0.84%	0.84%	0.84%	366	338	18	6	3
2026	2.20%	0.84%	0.84%	0.84%	375	346	18	6	5
2027	2.20%	0.84%	0.84%	0.84%	383	353	19	6	5
2028	2.20%	0.84%	0.84%	0.84%	391	361	19	6	5
2029	1.03%	0.81%	0.81%	0.81%	395	365	19	6	5
2030	1.03%	0.81%	0.81%	0.81%	399	369	19	6	5
2031	1.03%	0.81%	0.81%	0.81%	403	373	19	6	5
2032	1.03%	0.81%	0.81%	0.81%	407	376	19	6	5
2033	1.03%	0.81%	0.81%	0.81%	412	380	20	7	5
2034	0.81%	0.77%	0.77%	0.77%	415	383	20	7	5
2035	0.81%	0.77%	0.77%	0.77%	418	386	20	7	5
2036	0.81%	0.77%	0.77%	0.77%	422	390	20	7	5
2037	0.81%	0.77%	0.77%	0.77%	425	393	20	7	5
2038	0.81%	0.77%	0.77%	0.77%	428	396	20	7	6
2039	0.75%	0.75%	0.75%	0.75%	432	399	20	7	6
2040	0.75%	0.75%	0.75%	0.75%	435	402	21	7	6
2041	0.75%	0.75%	0.75%	0.75%	438	405	21	7	6
2042	0.75%	0.75%	0.75%	0.75%	441	408	21	7	6
2043	0.75%	0.75%	0.75%	0.75%	445	411	21	7	6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Cálculo del número de ejes equivalentes 2

CAMIONES									W ₁₈	W ₁₈
2DA	2DB	3 - A	4 - C	2S2	2R3	3R3	3S2	3S3	Acumulado	Carril Diseño
6	1	0	0	0	0	0	0	0	13321	6660
6	2	0	0	0	0	0	0	0	28373	14187
6	2	0	0	0	0	0	0	0	43524	21762
7	1	1	0	0	0	0	0	0	58935	29467
7	1	1	0	0	0	0	0	0	74447	37224
7	1	1	0	0	0	0	0	1	92111	46055
7	1	1	0	0	0	0	0	1	109875	54937
7	1	1	0	0	0	0	0	1	127739	63870
7	1	1	0	0	0	0	0	1	145706	72853
7	1	1	0	0	0	0	0	1	163774	81887
7	1	1	0	0	0	0	0	1	181947	90973
7	1	1	0	0	0	0	0	0	198170	99085
8	1	1	0	0	0	0	0	0	214493	107246
8	1	1	0	0	0	0	0	0	230916	115458
8	1	1	0	0	0	0	0	0	247441	123721
8	1	1	0	0	0	0	0	0	264068	132034
8	1	1	0	0	0	0	0	0	280796	140398
8	1	1	0	0	0	0	0	1	299672	149836
8	1	1	0	0	0	0	0	1	318651	159325
8	1	1	0	0	0	0	0	1	337731	168866
8	1	1	0	0	0	0	0	1	356915	178458

Fuente: Elaboración propia

3.4 Estudio de Suelos

Los análisis de suelos efectuados para el proyecto en la subrasante han permitido identificar la composición del suelo y sus características físicas y mecánicas, que servirán como base para el diseño de la estructura del pavimento con sus respectivos espesores.

Estos estudios se llevaron a cabo el 18 de diciembre de 2023, y la extracción de las muestras de suelo se realizó en las coordenadas N: 9675308 E: 727390 msnm. En el [Anexo C](#), se detalla un resumen de los ensayos realizados conforme a la normativa aplicable.

- Ensayo DCP (Norma ASTM D-6951)
- Proctor Modificado (Norma ASTM D1557-12)

3.5 Diseño Geométrico

3.5.1 Velocidad de Diseño

La vía El Valle - San Pedro - Tierras Coloradas, tramo El Valle - San Pedro, se considera como vía colectora, con un TPDA de 692 vehículos, y de acuerdo a la tabla ubicada en el [Anexo D](#), se determina la velocidad de diseño de 60 Km/h. Para las curvas de radio menor

a 110 se recomienda la velocidad de diseño de 40 Km/h para garantizar la seguridad de los usuarios del viario.

3.5.2 Velocidad de Circulación

La velocidad de circulación se determina en relación con la velocidad de diseño del proyecto, que es de 60 km/h, y un TPDA de 692 vehículos. Se calcula utilizando la fórmula recomendada por la MOP 2003:

$$V_c = 0.80V_d + 6.5 \quad (39)$$

$$V_c = 0.80(60 \text{ km/h}) + 6.5$$

$$V_c = 54.5 \frac{\text{Km}}{\text{h}}$$

$$V_c = 55 \frac{\text{Km}}{\text{h}}$$

Tabla 33. Relaciones entre velocidad de circulación y diseño

Velocidad de diseño en Km/h	Velocidad de circulación en Km/h		
	Volumen de tránsito bajo	Volumen de tránsito intermedio	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

Fuente: Normas de Diseño Geométrico - MOP (2003)

3.5.3 Diseño Horizontal

3.5.3.1 Radio Mínimo

De acuerdo a los valores de diseño recomendados, el peralte máximo para una vía es del 10% cuando la velocidades es mayor a 50 Km/h (MOP, 2003, p. 56). Con la fórmula (15)

presentada en el capítulo anterior se calcula el radio mínimo, a continuación en la Tabla 34 se resume los parámetros necesarios para el cálculo:

Tabla 34. *Parámetros para el cálculo de Radio Mínimo*

Parámetros de cálculo de radio mínimo		
Velocidad de diseño	80	Km/h
Tasa de sobreelevación e	0.1	10%
Coefficiente de fricción lateral	0.1399	$f = 0.19 - 0.000626 * Vd$
Radio mínimo calculado	210.044	$R = \frac{Vd^2}{(127 * (e + f))}$
Radio asumido	210	m

Fuente: *Elaboración propia*

3.5.3.2 Peralte

Según la normativa (MTO, 2003), considerando los siguientes factores como la velocidad de diseño, radio de curva, coeficiente de fricción y las distintas características de los vehículos se determinó el peralte el 10% para vías de clase III.

3.5.3.3 Sobreancho

Según el MTO 2003, para trazos geométricos complejos en terrenos ondulados se establece que el sobreancho mínimo es de 40 cm para velocidades mayores a 50 Km/h.

Tabla 35. *Sobreancho del proyecto*

Parámetro	Valor
Sobreancho	0.40 m

Fuente: *Elaboración propia*

3.5.3.4 Distancia de visibilidad de parada y rebasamiento

De acuerdo a la tabla propuesta por el MTO 2003 “VALORES DE DISEÑO RECOMENDADOS PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES Y CAMINOS VECINALES DE CONSTRUCCIÓN”, que se encuentra en el [Anexo D](#), se obtiene los valores que se describen a continuación:

- **Distancia de visibilidad de parada:** 70 metros.
- **Distancia de rebasamiento:** 415 metros.

3.5.4 Diseño Vertical

3.5.4.1 Curvas Verticales

Con base en MTOP 2003, el coeficiente k se determina con la tabla que se encuentra en el [Anexo D](#), el valor de k para una curva vertical convexa es 12 y para una curva vertical cóncava es de 13, lo cual ayuda a calcular la longitud de la curva vertical. En el caso de carreteras colectoras de clase III y terrenos ondulados-montañosos, se recomienda una longitud mínima de 36 metros.

3.5.4.2 Gradientes

El valor de la gradiente longitudinal está determinado por la topografía del terreno y el tráfico proyectado, y debe ser bajo para asegurar velocidades de circulación adecuadas. En el caso de una vía colectora de clase III en un terreno ondulado - montañoso, la gradiente máxima permitida es del 10%.

3.5.5 Secciones Transversales

3.5.5.1 Ancho de la sección transversal típica

Para una vía clase III se utiliza un ancho de calzada de 6.70 metros, es decir, 3.35 metros para cada carril.

3.5.5.2 Espaldones

Como expresa la normativa MTOP 2003, para una vía de clase III, se considera 1.0 metros para el espaldón interior y espaldón exterior, se consideran los datos del tráfico y su topografía.

Tabla 36. *Espaldones del proyecto*

Parámetro	Valor
Bombeo transversal espaldones	4%
Ancho de los espaldones	1.00 m

Fuente: *Elaboración propia*

3.6 Diseño de cunetas

Para la realización del proyecto, se ha tomado la decisión de implementar cunetas triangulares por la comodidad que estas generan, mantenimiento y facilidad de construcción. Para el diseño se realizará con base a la normativa del MTOP.

3.6.1 Coeficiente de escorrentía

Para calcular el coeficiente de escorrentía, se consultó la Tabla 21, la cual se encuentra en el capítulo anterior. El estudio se llevó a cabo en un área con cobertura vegetal de "pastos con vegetación ligera", donde la pendiente es media y el suelo es semipermeable.

Tabla 37. *Determinación del coeficiente de escorrentía*

SECCIONES	LONGITUD (m)	BOSQUE (ha)	C	PASTO (ha)	C
SECCION 1	243.02	0	0.35	0.11	0.45
SECCION 2	227.83	0	0.35	0.21	0.45
SECCION 3	83.37	0	0.35	0.29	0.45
SECCION 4	190.95	0	0.35	0.35	0.45
SECCION 5	110.81	0	0.35	0.46	0.45
SECCION 6	106.1	0	0.35	0.68	0.45
SECCION 7	210.84	0	0.35	0.82	0.45
SECCION 8	167.23	0	0.35	0.96	0.45
SECCION 9	119.4	0	0.35	0.63	0.45

Fuente: *Elaboración propia*

3.6.2 Intensidad de lluvia

En nuestro país la entidad encargada de realizar las curvas IDF es el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), proporciona ecuaciones para poder determinar la intensidad de la lluvia, de acuerdo a intervalos de tiempo en minutos y por estaciones.

Para el proyecto en estudio se utilizó la estación M0067 Cuenca Aeropuerto, asumiendo un tiempo de concentración de 10 minutos y el periodo de retorno de 25 años obteniendo a sí la intensidad máxima de 165.5 mm/h, como se observa en la Figura 18.

3.6.3 Velocidad máxima y mínima

Según el MTOP 2003, nos recomienda velocidades de diseño para evitar la erosión del material para el proyecto se consideró una velocidad de 4.50 m/s, como se presenta en la Tabla 38.

Tabla 38. *Velocidades máximas no erosivas en cunetas*

MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)
Arenas finas y limos	0.40 - 0.60
Arcillas arenosas	0.50 - 0.75
Arcilla	0.75 - 1.00
Arcilla firme	1.00 - 1.50
Grava limosa	1.00 - 1.50
Grava fina	1.50 - 2.00
Pizarras suaves	1.50 - 2.00
Grava gruesa	2.00 - 3.50
Zampeados	3.00 - 4.50
Rocas sanas y de hormigón	4.50 - 7.50

Fuente: *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MTOP - 2003*

Para determinar la velocidad mínima para evitar la sedimentación de materiales se considero de 0.60 m/s.

3.6.4 Coeficiente de rugosidad de Manning

El coeficiente de Manning varía según el material; para el proyecto en cuestión, se asume un valor de 0.020 para hormigón sin alisar, conforme a lo indicado en la figura.

Figura 21. *Valores del coeficiente de rugosidad de Manning*

d) Hormigón	Platachado	0,011	0,013	0,015
	Alisado con regla	0,013	0,015	0,016
	Alisado con rípio a la vista en el fondo	0,015	0,017	0,020
	Sin alisar	0,014	0,017	0,020
	Gunita (hormigón proyectado), sección regular	0,016	0,019	0,023
	Idem, sección ondulada	0,018	0,022	0,025
	Garita sobre una roca bien excavada	0,017	0,020	
	Garita sobre una roca excavada en forma irregular	0,022	0,027	
	e) Fondo de hormigón alisado con lados de:	Piedra acomodada en mortero	0,015	0,017
Piedra distribuida al azar en mortero		0,017	0,020	0,024
Albañilería de piedra en bruto unida con cemento, enlucida		0,016	0,020	0,024
Albañilería de piedra en bruto unida con cemento		0,020	0,025	0,030
f) Fondo de grava con lados de:	Empedrado o enrocado (rip rap)	0,020	0,030	0,035
	Hormigón (con moldaje)	0,017	0,020	0,025
	Piedra distribuida al azar en mortero	0,020	0,023	0,026
g) Ladrillo	Empedrado o rip rap	0,023	0,033	0,036
	Terminación tipo barnizada o vidriada	0,011	0,013	0,015
h) Albañilería	En mortero de cemento	0,012	0,015	0,018
	Empedrado cementado	0,017	0,025	0,030
	Empedrado libre	0,023	0,032	0,035
i) Asfalto	Piedra conteada	0,013	0,015	0,017
	Liso	0,013	0,013	
j) Cubierto con Vegetación	Rugoso	0,016	0,016	
		0,030		0,500

Fuente: (NEVI, 2012)

3.6.5 Relaciones geométricas para parámetros hidráulicos

En el diseño de las cunetas, se considero una relación de dimensiones de 1:2, donde el ancho es de 0.4 metros y la profundidad es de 0.2 metros. La velocidad del flujo de agua en las cunetas se determina mediante la combinación de la pendiente del terreno, el coeficiente de rugosidad de Manning y el radio hidráulico. La capacidad de las cunetas se calcula teniendo en cuenta la pendiente, el radio hidráulico, el coeficiente de rugosidad de Manning y el área transversal del canal.

Se han identificado como las principales áreas de contribución para el proyecto en análisis aquellas relacionadas con el escurrimiento en la calzada de la vía, así como una extensión de 40 metros de ancho debido a la presencia de vegetación en el talud.

Para obtener el caudal de diseño se utiliza las siguientes fórmulas:
Q1, se determina multiplicando el caudal máximo y la longitud entre sumideros.
Q2, se determina en basándose en el Método Racional.

En el [Anexo E](#), se presenta los cálculos de diseño de cunetas.

3.7 Diseño de Pavimentos

En este apartado se exponen los criterios, normativas y parámetros empleados en el diseño estructural del pavimento, siguiendo el enfoque del método AASHTO - 93.

3.7.1 Tráfico promedio diario anual

En la Tabla 39 se presenta el resumen del TPDA proyectado al año 2043.

Tabla 39. *Resumen de conteo vehicular por tipo de vehículo*

Vehiculos	TPDA 2023	TPDA 2028	TPDA 2033	TPDA 2038	TPDA 2043
Livianos	324	386	460	548	653
Bus	18	20	21	23	26
Pesados	9	10	11	12	13
Total	351	416	492	583	692
				TPDA 2043	692

Fuente: *Elaboración propia*

3.7.2 Cargas vehiculares ESALS´S

Se presenta el resumen del calculo de ejes equivalentes:

Tabla 40. Resultado del cálculo del Número de Ejes Equivalentes

2DA	2DB	3 - A	4 - C	CAMIONES					W18 Acumulad o	W18 Carril Diseño
				2S2	2R3	3R3	3S2	3S3		
6	1	0	0	0	0	0	0	0	13321	6660
6	2	0	0	0	0	0	0	0	28373	14187
6	2	0	0	0	0	0	0	0	43524	21762
7	1	1	0	0	0	0	0	0	58935	29467
7	1	1	0	0	0	0	0	0	74447	37224
7	1	1	0	0	0	0	0	1	92111	46055
7	1	1	0	0	0	0	0	1	109875	54937
7	1	1	0	0	0	0	0	1	127739	63870
7	1	1	0	0	0	0	0	1	145706	72853
7	1	1	0	0	0	0	0	1	163774	81887
7	1	1	0	0	0	0	0	1	181947	90973
7	1	1	0	0	0	0	0	0	198170	99085
8	1	1	0	0	0	0	0	0	214493	107246
8	1	1	0	0	0	0	0	0	230916	115458
8	1	1	0	0	0	0	0	0	247441	123721
8	1	1	0	0	0	0	0	0	264068	132034
8	1	1	0	0	0	0	0	0	280796	140398
8	1	1	0	0	0	0	0	1	299672	149836
8	1	1	0	0	0	0	0	1	318651	159325
8	1	1	0	0	0	0	0	1	337731	168866
8	1	1	0	0	0	0	0	1	356915	178458

Fuente: Elaboración propia

3.7.3 Confiabilidad (R)

Con el resultado obtenido del estudio de tráfico de la vía el Valle - San Pedro - Tierras Coloradas en el Tramo el Valle - San Pedro, es una vía colectoras de tipo III, con un TPDA proyectado al año 2043 de 692 vehículos, por lo cual, la normativa AASHTO establece los niveles de confiabilidad como se muestra en la Tabla 42. Se tiene un nivel de confiabilidad del 80% para tipos de carreteras secundarias.

Tabla 41. Valores de confiabilidad

Tipo de camino	Zonas urbanas	Zonas rurales
Autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9
Carreras de primer orden	80 - 99	75 - 95
carreteras secundarias	80 - 95	75 - 95
Caminos vecinales	50 - 80	50 - 80

Fuente: (AASHTO, 1993)

El coeficiente de desviación estándar para un nivel de confiabilidad del 80% es de -0.841, en la Tabla 43 se muestran los valores de la desviación estándar en función al nivel de confiabilidad.

Tabla 42. *Valores de confiabilidad*

Realiability, R (percent)	Standard Normal Deviante, 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	-7.750

Fuente: (AASHTO, 1993)

3.7.4 Error estándar combinado

Según (AASHTO, 1993) recomienda un valor de 0.45 para la construcción de Pavimentos Flexibles nuevos.

3.7.5 Índice de serviciabilidad

La condición de seguridad es fundamental para garantizar un manejo seguro y cómodo sobre el pavimento de la vía que se está diseñando.

Para el presente proyecto los valores seleccionados son:

- $P_o=4.2$

- $P_t=2.0$

Los valores presentados con en base a la Norma AASTHO - 93. Por lo tanto, el índice de serviciabilidad ΔPSI , se determina mediante la diferencia de:

$P_o - P_t$ es de 2.20.

3.7.6 Módulo Resiliente “Mr”

El resultado del ensayo CBR para el presente proyecto es de 59.34%, el valor se utiliza para obtener el Módulo Resiliente de la Subrasante mediante la ecuación presentada en el capítulo anterior, teniendo el resultado de:

$MR = 17905 \text{ PSI}$

3.7.7 Módulo Resiliente y Coeficiente Estructural de la Carpeta Asfáltica “a1”

Para determinar el Módulo Resiliente, se consideran los valores recomendados por (Rondón y Reyes, 2015), los cuales se encuentra en el [Anexo F](#), los valores dependen de la temperatura. Según (GAD Parroquial el Valle, 2020): la temperatura media anual es de 17°C y la velocidad de circulación (55 Km/h) por la vía El Valle - San Pedro y se obtuvo el resultado que se presenta a continuación:

Módulo Resiliente = 2700 MPa = 391609 PSI.

Con el valor obtenido revisamos los valores del monograma y se obtiene un coeficiente estructural a_1 de 0.412

3.7.8 Módulo Resiliente y Coeficiente Estructural de la Base “a2”

En el anterior capítulo se explico mediante la MOP-001, de este proyecto, se tiene un CBR mayor o igual al 80%, se determina con el valor mínimo el Módulo Resiliente y Coeficiente Estructural mediante ábacos que están en la Figura 15, obteniendo los siguientes resultados:

Módulo Resiliente = 28000 PSI

Coeficiente Estructural = 0.133

NOTA:

La decisión de prescindir de la subbase en el diseño del pavimento se fundamenta en la consideración del elevado valor de CBR del suelo en cuestión, el cual alcanza el valor del 59.34%. Este parámetro indica la resistencia al corte del suelo y sugiere que el mismo posee una capacidad de soporte sustancial a las cargas que se vea influenciado. Se recomienda que

en tramos donde el suelo no presente la misma resistencia se utilice material de mejoramiento para elevar la capacidad de soporte del mismo.

3.7.10 Condiciones ambientales y drenaje

Según (GAD Parroquial el Valle, 2020), la precipitación media es 900 mm, se determinó el tiempo que tarda el agua en ser evacuada es de 1 semana, esto se debe a la zona donde esta constituido el proyecto. El drenaje es regular debido a que el sector está frecuentemente húmedo.

La normativa AASHTO, determina la siguiente tabla de correlación entre la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo que tarda el agua en ser evacuada [Anexo G](#), mediante esta tabla obtenemos los coeficientes m2, m3.

$$m2 = 0.80$$

$$m3 = 0.80$$

3.7.11 Número Estructurales Requeridos

Para calcular el número estructural, se emplearán los parámetros que se han calculado previamente, con el fin de determinar el soporte para un número de ejes equivalentes W18.

Tabla 43. *Resumen de los parámetros encontrados para el diseño de pavimentos*

Descripción	Símbolo	Valores
W18 Diseño	W18	178458
CBR de Diseño	CBR	59.34%
Confiabilidad	R	80%
Desviación Estándar normal	Zr	-0.841
Desviación Estándar global	So	0.45
Índice de Serviciabilidad	PSI	2.2
Modulo de Resiliencia de la subrasante	Mr	17.9 Ksi
Modulo de Resiliencia de la carpeta asfáltica	Mr ca	391.6 Ksi
Modulo de resiliencia de la base	Mr b	28 Ksi
Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica	a1	0.412
Coeficiente estructural de la carpeta base	a2	0.133
Espesor de la carpeta asfáltica	D1	6.5 cm
Espesor de la base granular	D2	10 cm
Coeficiente de drenaje	m2	0.8
	m3	0.8

Fuente: *Elaboración propia*

Mediante el software AASHTO 93, se obtiene el número estructural de 1.71.

Figura 22. *Calculo del número estructural*

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' window. The 'Tipo de Pavimento' is set to 'Pavimento flexible'. The 'Confianza (R) y Desviación estándar (So)' is set to '80% Zr=0.841' and 'So' is 0.45. 'Serviciabilidad inicial y final' are 4.2 and 2 respectively. 'Módulo resiliente de la subrasante' is 17905 psi. Under 'Información adicional para pavimentos rígidos', 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)' and 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)' are empty. 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)' and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)' are also empty. Under 'Tipo de Análisis', 'Calcular SN' is selected, resulting in 'W18 = 178458' and 'Número Estructural SN = 1.71'. 'Calcular' and 'Salir' buttons are visible at the bottom.

Fuente: Elaboración propia

3.7.12 Espesor de las Capas

La determinación de los espesores mínimos para la estructura de pavimento con base en el número de ejes equivalentes se realizó mediante la AASHTO (1993), los cuales se muestran en la siguiente Tabla:

Tabla 44. *Espesores mínimos según los ejes equivalentes acumulados*

ESPESOR MINIMO DE CAPAS (cm)		
W18	Capa Asfáltica	Base granular
< 50000	2.5	10.0
50000 - 150000	5.0	10.0
150000 - 500000	6.5	10.0
500000 - 2000000	7.5	15.0
2000000 - 7000000	9.0	15.0
> 7000000	10.0	15.0

Fuente: *Guía para el diseño de la estructura del pavimento, AASHTO 93*

Se determinó que la capa del concreto asfáltico $D1 = 2.5$ cm y la Capa de base granular $D2 = 10$ cm, se debe establecer un espesor mayor para cumplir con espesores mínimos. Se

realizaron cálculos adiciones para determinar los espesores finales de la estructura para el proyecto, como se observa en la Tabla 45.

Tabla 45. *Cálculo de los espesores del pavimento*

DATOS DE ENTRADA			
1. CARACTERISTICA DE LOS MATERIALES		DATOS	
A. Modulo de elasticidad de la mezcla asfáltica (Ksi)		391.60	
B. Modulo de elasticidad de la base granular (Ksi)		28.00	
C. Modulo de elasticidad de la sub-base (Ksi)		14.90	
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE			
A. Numero de ejes equivalentes total (W18)		178458	
B. Factor de confiabilidad (R)		80%	
Desviación estándar normal (Zr)		-0.841	
Desviación estándar global (So)		0.45	
C. Modulo de resiliencia de la subrasante (Mr, Ksi)		17.90	
D. Serviciabilidad inicial (pi)		4.2	
E. Serviciabilidad final (pt)		2.0	
F. Periodo de diseño (Años)		20	
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO			
A. Coeficientes estructurales de capa			
Concreto asfáltico convencional (a1)		0.412	
Base granular (a2)		0.133	
Subbase (a3)		0.108	
B. Coeficientes de drenaje de capa			
Base granular (m2)		0.800	
Subbase (m3)		0.800	
DATOS DE SALIDA			
Numero estructural requerido total		1.71	
Numero estructural carpeta asfáltica		1.36	
Numero estructural base granular		0.27	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
		Propuesta	
	Teórico	Espesor	SN
Espesor carpeta asfáltica (cm)	9.2 cm	5.0 cm	0.81
Espesor base granular (cm)	10.3 cm	20.0 cm	1.12
Espesor total (cm)		23.0 cm	1.93

Fuente: *Elaboración propia*

Verificando que el número estructural requerido cumpla con el propuesto

SN=1.71 Requerido < SN=1.93 Propuesto

3.8 Diseño de alcantarillado

El diseño de las alcantarillas tiene como objetivo facilitar el adecuado flujo de las aguas que atraviesan la calzada de la vía. Para determinar dicho diseño, se ha empleado la normativa proporcionada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOPE), la cual recomienda la aplicación de la fórmula de Talbot modificada.

$$A = 0.183 * c * H a^{\frac{3}{4}} * \frac{1}{100} \quad (40)$$

Donde:

c: Coeficiente de escurrimiento de Talbot.

I: Intensidad de la lluvia en (mm/h).

A: Área de la alcantarilla en (m²)

Tabla 46. *Coeficiente de esorrentía*

Tipo de terreno y topografía	Valores de C
Montañoso y escarpado	1.00
Con mucho lomerío	0.80
Con lomerío	0.60
Muy ondulado	0.50
Poco ondulado	0.40
Casi plana	0.30
Plana	0.20

Fuente: (Carmona, 2013)

En el proyecto en estudio se utilizó un bombeo del 2% y el área a drenar es 1.5 Ha. Aplicando la fórmula 40 presentada anteriormente obtenemos un diámetro de 1.00 m. La zona donde se ubica el proyecto y por el mantenimiento se utilizara un diámetro de 1.20 m. La profundidad para garantizar que el alcantarillado cumpla con su vida útil será de 1.50 m.

3.8.1 Caudal de diseño

Para establecer el caudal de diseño y la ubicación de las alcantarillas, se evaluó el tiempo necesario para que el agua fluya desde el punto más distante de las cunetas hasta la alcantarilla.

Este cálculo se basó en la longitud de las cunetas, la pendiente del terreno y la velocidad de flujo del agua.

Tabla 47. Caudal de diseño alcantarillas

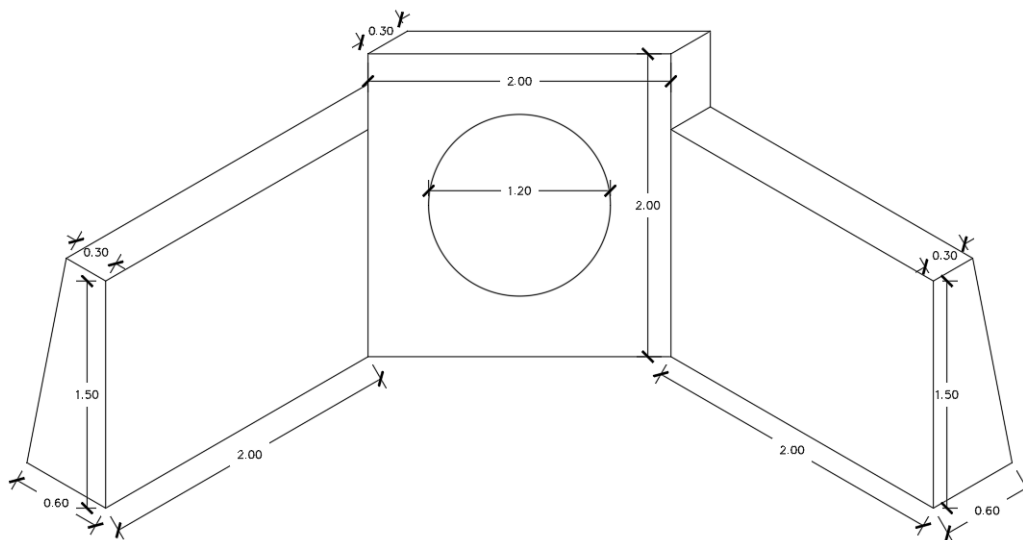
Alcantarilla	Abscisa	Caudal de diseño (m ³ /s)
A1	0+178.54	0.154
A2	0+470.85	0.311
A3	0+643.83	0.145
A4	0+855.98	0.220
A5	1+172.92	0.274
A6	1+340.15	0.201

Fuente: Elaboración propia

3.8.2 Sección de alcantarilla

Para definir las dimensiones de las alcantarillas, se consideraron diversos factores como el caudal, la pendiente del terreno, la sección parcialmente llena y las velocidades máximas y mínimas establecidas por la normativa (INVIAS, 2009). En la figura siguiente se detallan las dimensiones específicas de la alcantarilla.

Figura 23. Dimensiones de la Alcantarilla



Fuente: Elaboración propia

Tabla 48. *Valores de diseño alcantarillado*

Alcantarilla	Abscisa	Caudal de diseño (m3/s)	Diámetro interior (m)	Sección parcialmente llena	Caudal de sección (m3/s)	¿Cumple Velocidad?	¿Cumple Caudal?
A1	0+178.54	0.154	1.2	80%	3.521	CUMPLE	CUMPLE
A2	0+470.85	0.311	1.2	80%	3.521	CUMPLE	CUMPLE
A3	0+643.83	0.145	1.2	80%	3.521	CUMPLE	CUMPLE
A4	0+855.98	0.220	1.2	80%	3.521	CUMPLE	CUMPLE
A5	1+172.92	0.274	1.2	80%	3.521	CUMPLE	CUMPLE
A6	1+340.15	0.201	1.2	80%	3.521	CUMPLE	CUMPLE

Fuente: *Elaboración propia*

3.8.3 Estructura de entrada y salida

Para la estructura de entrada y salida se consideró la seguridad de los usuarios y la pendiente del terreno donde se está realizando el estudio.

El diámetro obtenido fue de 1.0 m, pero por criterios de mantenimiento y seguridad se utilizará de 1.20 m, se recomienda utilizar una tubería de PVC, la cual tenga la capacidad de soportar el caudal de diseño requerido. Se diseñó la estructura de salida a 1.5 m de la vía obteniendo los siguientes planos [Anexo I](#).

3.9 Presupuesto

Se determino el presupuesto referencial para la via El Valle - San Pedro - Tierras Coloradas, Tramo el Valle - San Pedro, parroquia El Valle, cantón Cuenca, provincia del Azuay.

Item	Código	Descripción del Rubro	Unidad	Cantidad	P. Unitrio	P. Total
1		OBRAS PRELIMINARES				369 158.36
1.1	500035	Replanteo y nivelacion de vias	m2	5 351.72	0.88	4 709.51
1.2	500036	Replanteo y nivelación de redes de alcantarillado	m	2 463.17	1.03	2 537.06
1.3	500014	Excavación manual material sin clasificar	m3	12.00	13.18	158.16
1.4	500001	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	70 077.80	1.99	139 454.82
1.5	500002	Desalojo con volquete, material cargado a maquina	m3	73 124.61	3.04	222 298.81
2		DRENAJE				9 811.69
2.1	500050	Tub PVC para Alcant, U/E D=1200 mm	m	50.00	160.79	8 039.50
2.2	500014	Excavación manual material sin clasificar	m3	15.00	13.18	197.70
2.3	500001	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	255.00	1.99	507.45
2.4	500002	Desalojo con volquete, material cargado a maquina	m3	351.00	3.04	1 067.04
3		PAVIMENTO FLEXIBLE				333 556.11
3.1	500001	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	10 337.93	1.82	18 815.03
3.2	500002	Desalojo con volquete, material cargado a maquina	m3	13 439.31	3.04	40 855.50
3.3	500003	Subrasante conformación y compactación con equipo pesado	m2	9 365.14	3.07	28 750.98
3.4	500004	Imprimación asfáltica con barrido mecánico	m2	9 365.14	1.48	13 860.41
3.5	500005	Base cemento mezclada, tendida y compactada con equipo pesado	m3	1 440.00	65.72	94 636.80
3.6	500006	Carpeta asfáltica (e=3") Ho Asf. mezclado en planta	m2	9 365.14	14.59	136 637.39
4		BORDILLOS Y CUNETAS				135 722.59
4.1	500001	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	216.00	1.82	393.12
4.2	500002	Desalojo con volquete, material cargado a maquina	m3	280.80	3.04	853.63
4.3	500009	Relleno compactado con material de sitio	m3	216.00	5.47	1 181.52
4.4	500010	Encofrado metálico para bordillo, h=40cm	ml	3 600.00	5.21	18 756.00
4.5	500011	Hormigón simple f'c = 240 kg/cm2	m3	432.00	156.76	67 720.32
4.6	500012	Corte y sellado de juntas con poliuretano, incluye cordón e imprimante	m	1 350.00	33.62	45 387.00
4.7	500013	Curado de superficie con aditivo químico	m2	2 700.00	0.53	1 431.00
5		SEÑALIZACION HORIZONTAL Y VERTICAL VIAL				5 704.58
5.1	500042	Suministro e inst. Letrero preventivo	u	11.00	158.74	1 746.14
5.2	500043	Suministro e inst. Letrero regulatorio	u	6.00	158.74	952.44
5.3	500045	Pintura para señalización de tráfico, manual, franja de hasta 15cm	ml	1 800.00	1.67	3 006.00
6		MEDIDAS AMBIENTALES				2 071.60
6.1	500037	Suministro e instalación de cinta de señalización	m	360.00	0.24	86.40
6.2	500038	Suministro e instalación de malla de seguridad	m	360.00	2.72	979.20
6.3	500039	Postes delineadores D0001, suministro e instalación, 20 usos	u	8.00	2.63	21.04
6.4	500041	Cobertura de plástico (5 usos)	m2	2 592.00	0.38	984.96
SUBTOTAL						856 024.93
					12 %	86 583.64
TOTAL						942 608.57

Son: NOVECIENTOS CUARENTA Y DOS MIL SEISCIENTOS OCHO CON 57/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

Conclusiones

- En conclusión, se realizó un rediseño de la vía, corrigiendo su trazado original por que varios tramos no cumplen los radios mínimos de curvatura establecidos por la normativa y no brinda la seguridad adecuada a los conductores que transitan por la misma, provocando riesgo de accidentes de tránsito. El rediseño que se propone está basándose en la normativa y cumpliendo los radios mínimos para la velocidad proyectada y evitar accidentes futuros en el periodo de diseño.
- La estimación del Tráfico Promedio Diario Anual en el tramo El Valle - San Pedro se concluye lo siguiente, para una proyección de 20 años se obtuvo un TPDA de 692 vehículos, de manera que la vía se cataloga como clase III, camino colector, tomando una sección típica de 6.70 metros de ancho.
- El análisis del estudio de suelos que se realizó en el proyecto da como resultado un CBR 59.34%, es decir una subrasante de buena calidad, lo cual se refleja en determinar los espesores de las capas del pavimento ayudando a reducir los costos al momento de construir la infraestructura vial.
- La construcción de cunetas desempeña un papel crucial en la gestión del agua en la vía. Las cunetas diseñadas buscan dirigir eficientemente el agua de lluvia hacia los sistemas de alcantarillado, contribuyendo así a la preservación del pavimento y la seguridad vial.
- Se realizó el diseño de la estructura del pavimento flexible mediante el método AASHTO 93, con un CBR del proyecto de 59.34%. Los espesores de sus capas son las siguientes, la carpeta asfáltica con un espesor de 5 cm, la base granular con un espesor de 20 cm y la subbase no se considero por que el material de la zona presenta características buenas para resistir a los esfuerzos que transmitirá la vía.
- La implementación de las señales de tránsito se realizó con base en la normativa INEN (2011), se realizó el diseño de señalización horizontal y vertical, que ayudara a prevenir los accidentes que se pueden llegar a ocasionar en la zona del proyecto.

Recomendaciones

- Se recomienda al GAD parroquial el Valle la utilización del presente trazado geométrico, para reducir el riesgo de accidentes de tránsito.

- Al momento de ejecutar el proyecto se recomienda utilizar las medidas de seguridad y señalización visible de los trabajos que se realizaran en la vía, de manera que se garantice la seguridad de los trabajadores y usuarios del viario.
- Se recomienda realizar el estudio de CBR a lo largo de la vía y en zonas donde el material no presente un CBR alto, se recomienda usar material de mejoramiento para brindar la seguridad de la infraestructura.

Referencias

- AASHTO. (1993). *Diseño geométrico de carreteras y calles*.
- Agudelo, J. J. (2002). Diseño geométrico de vías ajustado al manual colombiano. *Textos Univ*, 531.
- Badillo, E. J. (1974). *Mecánica de suelos* (Vol. 1). Editorial Limusa.
- Bowles, J. E. (1981). *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. McGraw-Hill.
- Cardenas, J. (2013). *Diseño geométrico de carreteras*. ECOE ediciones.
- Carmona, R. P. (2013). *Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje en carreteras*. Ecoe Ediciones.
- Casanova, L. (2002). Topografía plana. *Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Departamento de Vías. Venezuela*.
- Celi Ortega, S. F. (2018). Análisis del comportamiento del transporte público a nivel mundial.
- Chocontá, P. (1998). Diseño geométrico de vías. *Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería*.
- Cárdenas Grisales, J. (2013). *Diseño geométrico de carreteras* (2.^a ed.). Biblioteca Nacional de Colombia Cárdenas.
- Das, B. M. (2013). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. Cengage Learning.
- Duque Escobar, G., y Escobar Potes, C. E. (2002). Mecánica de los suelos. *Ingeniería Civil*.
- GAD Parroquial el Valle. (2020). PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA EL VALLE (TOMO 1 ed.) [Manual de software informático].
- Gámez Morales, W. R. (2010). *Texto básico autoformativo de topografía general*. Universidad Nacional Agraria.
- Google Earth. (2020). Parroquia el valle [Manual de software informático].
- INAMHI, I. (2015). Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación. *Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología, Determinación De Ecuaciones Para El Cálculo De Intensidades Máximas De Precipitación, 283*.
- INEN, R. T. E. R. (2011a). Señalización vial. parte 1. señalización vertical. *Parte 1. Señalización horizontal*.
- INEN, R. T. E. R. (2011b). Señalización vial. parte 2. señalización vertical. *Parte 2. Señalización horizontal*.
- INVIAS, I. (2009). *Manual de drenaje para carreteras*. Bogota.
- Medina, M. Z. (2010). Apuntes de topografía, vol. 1. *México: Repositorio UNAM-Facultad de Estudios Superiores Acatlán*.
- MTOP. (2003). *Normas de diseño geométrico de carreteras*. Ministerio de Transporte y Obras

Públicas.

NEVI. (2012). *Norma para estudios y diseños viales*. Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

Ponce, V. (2018). *Manual de drenaje de carreteras*. Perú.

Rodríguez, A. R., y Del Castillo, H. (1981). *La ingeniería de suelos en las vías terrestres: carreteras, ferrocarriles y aeropistas*. Editorial Limusa.

Rondón, F. R., y Reyes, H. R. (2015). *Pavimentos: materiales, construcción y diseño*. ECOE ediciones.

Sánchez Blanco, V., y Gardeta Oliveros, J. (1997). Ingeniería de tráfico vial. *INGENIERIA DE TRAFICO VIAL*.

Sayago, E. C. (2006). Manual de carreteras. *línea*]. Available: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-carreteras.pdf>.

ANEXOS

Anexo A



Estado actual de la vía



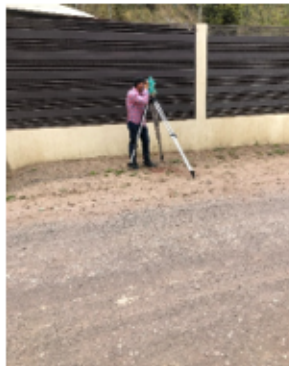
Inspección del lugar del proyecto



Conteo vehicular



Equipos de topografía



Levantamiento topográfico



Levantamiento topográfico



Estudio de suelos



Estudio de suelos



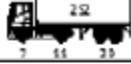
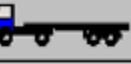


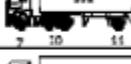

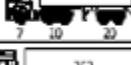
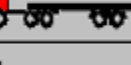
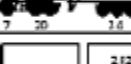


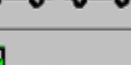

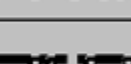

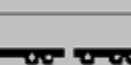



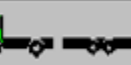

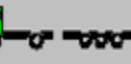


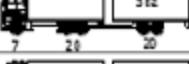
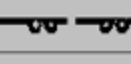

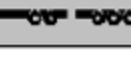




Estudio de suelos

Anexo B

Figura 24. *Peso bruto vehicular*


Tabla 2A. 106 - 03 Nacional de Pesos y Dimensiones: "Posibles combinaciones"

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (m ejes)		
				Largo	Ancho	Alto
2S1			29	20,50	2,50	4,30
2S2			38	20,50	2,50	4,30
2S3			42	20,50	2,50	4,30
3S1			38	20,50	2,50	4,30
3S2			47	20,50	2,50	4,30
3S3			48	20,50	2,50	4,30
2R2			40	20,50	2,50	4,30
2R3			45	20,20	2,50	4,20
3R2			48	20,50	2,50	4,30
3R3			48	20,20	2,50	4,20
2B1			29	20,50	2,50	4,30
2B2			55	20,20	2,50	4,20
2B3			42	20,50	2,50	4,30
3B1			55	20,20	2,50	4,20
3B2			47	20,50	2,50	4,30
3B3			48	>20,50	3,00	4,30

Fuente: (NEVI, 2012)


Anexo C

Tabla 49. Ensayo CBR de campo

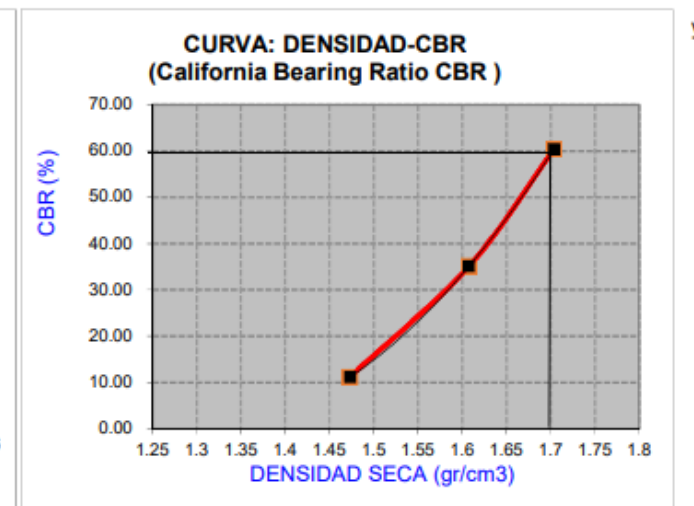
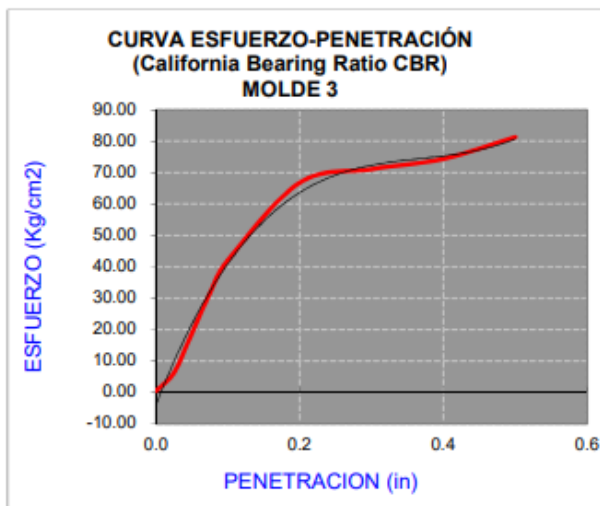
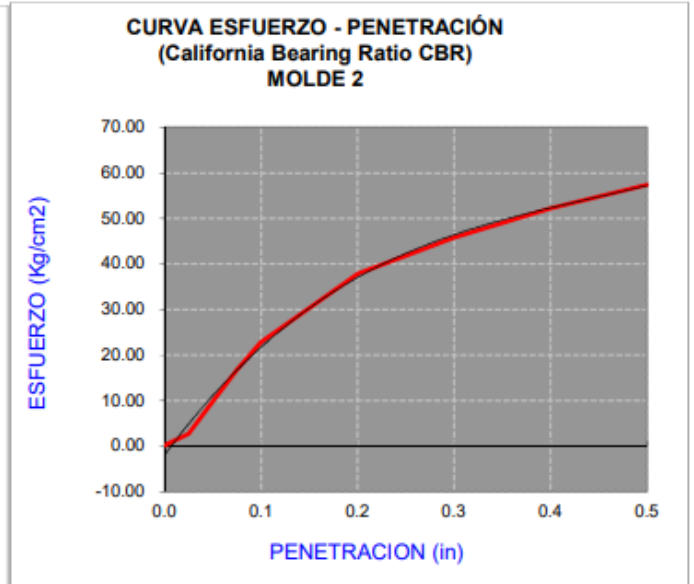
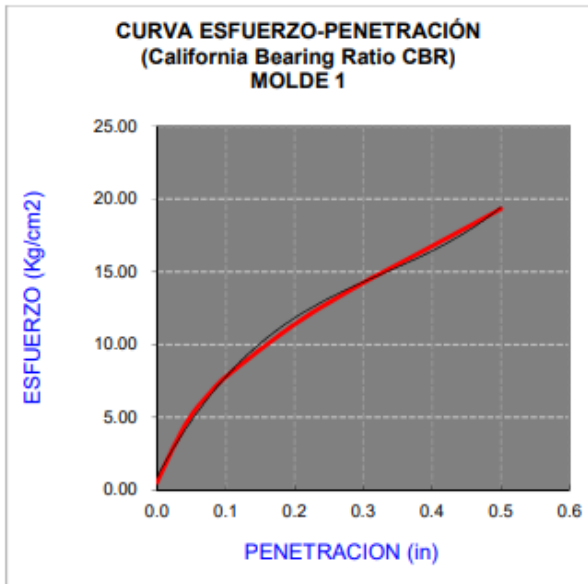
 GEO & GEO <small>GEOLÓGICA DEGRADADA GEOTÉCNICA GEOTECNIA GEOTECNIA</small>		HOJA DE CAMPO PENETRÓMETRO CONO DINÁMICO DPC NORMA ASTM D-6951 ENSAYO DE CAMPO					
PROYECTO:		Ensayo CBR para el Sr. Gutama			FECHA:		18/12/2023
ENSAYO:		DCP1 1			LOCALIZACIÓN:		El Valle
COORDENADAS:		N: 9 675 308	E: 727 390	Cota: 2628 msnm	PESO DE MARTILLO:		8 kg (17.6 lb)
TIPO DE MATERIAL		Arenisca			NIVEL FREÁTICO:		N/A
INSPECCIÓN VISUAL:							
Número de golpes	Penetración acumulada (mm)	Penetración entre lectura (mm)	Penetración por golpe (mm)	Factor de martillo E	Índice DCP (mm/golpe)	CBR [%]	Observaciones
3	84	84	28	1.00	28.00	2.10	
3	180	96	32	1.00	32.00	1.84	
3	190	10	3	1.00	3.33	17.63	
3	194	4	1	1.00	1.33	44.07	
5	201	7	1	1.00	1.40	41.97	
5	205	4	1	1.00	0.80	73.45	
10	213	8	1	1.00	0.80	73.45	
10	219	6	1	1.00	0.60	97.93	
15	233	14	1	1.00	0.93	62.95	
10	248	15	2	1.00	1.50	39.17	
10	259	11	1	1.00	1.10	53.42	
10	285	26	3	1.00	2.60	22.60	
					PROMEDIO:	44.21	
OBSERVACIONES:							
SUPERVISADO POR: Ing. Marcos Silva Bernal				REVISADO POR: Ing. Alfredo Vázquez López			

Fuente: Laboratorio Geo & Geo

Tabla 50. Ensayo DCP

	HOJA DE ENSAYO DE CBR									
	NORMA ASTM D-1883									
	PROYECTO:	Ensayos CBR para el Sr. Edwin Gutama				FECHA TOMA DE MUESTRA:	18/12/2023			
	ENSAYO:	CBR				FECHA DE ENSAYO:	26/12/2023			
	COORDENADAS:	N: 9675308	E: 727390	Cota: 2628 msnm		LOCALIZACIÓN:	El Valle			
TIPO DE MATERIAL:	Arena limosa				NIVEL FREÁTICO:	N/A				
COMPACTACION C B R										
MOLDE	1			2			3			
Altura Molde (mm)	120			120			120			
N° Capas	5			5			5			
N°Golp x Capa	10			25			56			
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	
P. Húm.+ Molde	11669.00		12030.22	10189.00		10505.14	10068.90		10347.45	
Peso Molde (gr)	7940.00		7940.00	6120.00		6120.00	5760.00		5760.00	
Peso Húmedo (gr)	3729.00		4090.22	4069.00		4385.14	4308.90		4587.45	
Vol. Molde (cc)	2270.15		2270.15	2270.15		2270.15	2270.15		2270.15	
Densidad H.(gr/cc)	1.64		1.80	1.79		1.93	1.90		2.02	
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C	
P.Húmedo + Tara (gr)	66.07	54.58	87.25	64.08	63.14	55.09	43.44	36.77	76.68	
Peso Seco + Tara (gr)	61.08	50.75	74.51	59.26	58.42	48.75	40.83	34.74	67.40	
Peso Agua (gr)	4.99	3.83	12.74	4.82	4.72	6.34	2.61	2.03	9.28	
Peso Tara (gr)	17.45	17.48	17.31	17.28	17.33	17.28	17.57	17.27	17.57	
P. Muestra Seca (gr)	43.63	33.27	57.20	41.98	41.09	31.47	23.26	17.47	49.83	
Cont. Humedad	11.44%	11.51%	22.27%	11.48%	11.49%	20.15%	11.22%	11.62%	18.62%	
Cont.Hum.Prom.	11.47%		22.27%	11.48%		20.15%	11.42%		18.62%	
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.474		1.474	1.608		1.608	1.704		1.704	
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO		MOLDE 1			MOLDE 2			MOLDE 3		
ACUMULADO		LECTURA		HINCHAMIENTO (%)	LECTURA		HINCHAMIENTO (%)	LECTURA		HINCHAMIENTO (%)
(Hs)	(Días)	DEFORM.	(mm)		DEFORM.	(mm)		DEFORM.	(mm)	
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	0.300	0.300	0.25	0.060	0.060	0.05	0.060	0.060	0.05
48	2	0.460	0.460	0.38	0.090	0.090	0.08	0.090	0.090	0.08
72	3	0.064	0.064	0.05	0.120	0.120	0.10	0.100	0.100	0.08
96	4	0.760	0.760	0.63	0.150	0.150	0.13	0.110	0.110	0.09
ENSAYO CARGA - PENETRACION										
PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03				
(mm)	(pulg)	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm ²)	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm ²)	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm ²)			
0.00	0.000	10	0.54	3	0.14	8	0.44			
0.64	0.025	59	3.07	53	2.72	122	6.31			
1.27	0.050	100	5.16	190	9.80	366	18.92			
1.91	0.075	127	6.59	326	16.86	613	31.67			
2.54	0.100	151	7.79	443	22.86	816	42.17			
5.08	0.200	221	11.39	732	37.81	1293	66.82			
7.62	0.300	276	14.24	888	45.86	1377	71.14			
10.16	0.400	324	16.76	1012	52.27	1440	74.40			
12.70	0.500	374	19.32	1111	57.39	1575	81.36			

Fuente: Laboratorio Geo & Geo



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	7.78	11.83
MOLDE 2	21.76	37.06
MOLDE 3	41.01	63.68

DENS (gr/cm ³)	0.1 in	0.2 in	CBR (%)
MOLDE 1	1.474	11.07	11.22
MOLDE 2	1.608	30.95	35.14
MOLDE 3	1.704	58.33	60.38

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. = 59.34%

Fuente: Laboratorio Geo & Geo


Tabla 51. Ensayo Proctor Modificado

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO									
NORMAS DE REFERENCIA:			ASTM D1557-12						
Proyecto:		Ensayos CBR para el Sr. Edwin Gutama				Detalle de la muestra			
Solicita:		Sr. Edwin Gutama				Calicata:		DCP1	
Coordenadas:		727 390 E		9 675 308 N		Profundidad muestra [m]:		0.80	
PESO MOLDE C/ANILLO [Kg]:		4.58				Molde:		4"	
PESO MOLDE S/ANILLO [Kg]:		3.79				Altura Molde [cm]:		11.64	
VOLUMEN DEL MOLDE [m³]:		0.00094				Diámetro Molde [cm]:		10.16	
No. CAPAS:		5				Maza:		2700 kN-m/m³	
No. GOLPES POR CAPA:		25				Altura de caída [cm]:		45	
No. ENSAYO	HUMEDAD ESTIMADA [%]	W MOLDE + MUESTRA [Kg]	W TARA [g]	Wh + TARA [g]	Ws + TARA [g]	HUMEDAD [%]	HUMEDAD PROMEDIO [%]	PESO ESPECÍFICO HUMEDO [Kg/m³]	PESO ESPECÍFICO SECO [Kg/m³]
1	5.00	5.49	17.16	53.72	51.95	5.1	5.33	1801.44	1710.20
			16.91	42.86	41.53	5.4			
			17.24	69.47	66.74	5.5			
2	10.00	5.64	17.14	35.63	34.02	9.5	9.84	1960.39	1784.74
			17.3	35.65	34.01	9.8			
			17.46	40.42	38.3	10.2			
3	15.00	5.71	17.4	53.3	48.5	15.4	15.75	2034.56	1757.75
			17.6	60.9	54.7	16.7			
			17.2	69.8	62.9	15.1			
4	20.00	5.69	17.2	75.1	65.6	19.6	20.08	2013.37	1676.66
			17.2	77.8	67.7	20.0			
			17.4	75.9	65.9	20.6			

CURVA DE COMPACTACIÓN	
$y = 0.0438x^3 - 3.3823x^2 + 60.079x + 1479.3$	
Peso Específico Seco Máximo [Kg/m³]:	1789.5
Humedad Óptima:	11.4

Fuente: Laboratorio Geo & Geo

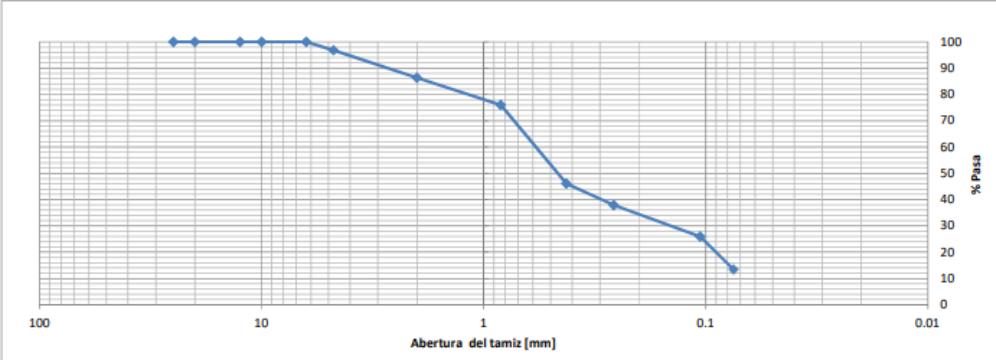
Tabla 52. Clasificación del suelo

	Proyecto:		Ensayos CBR para el Sr. Edwin Gutama			
	Solicita:		Sr. Edwin Gutama			
	Ubicación (UTM):		727 390 E	9 675 308 N	Cota (msnm):	2628
	Detalle de la muestra:		DCP1			
	Perforación:		DCP1			
	Muestra:		0			
Profundidad de la muestra [m]:		0.80 m				

AASHTO	Sucs	W [%]	LL [%]	LP [%]	IP [%]	ρ [kg/m ³]	Pasa #4 [%]	Pasa #200 [%]
A-1-b	SM - Arena limosa	11.4	-	-	NP	-	96.8	13.5

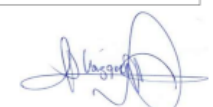
# de Tamiz	Abertura [mm]	Peso de material retenido [gr]	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
1"	25.40	0.0	0.0%	0%	100%
N. 4	4.76	15.7	3.2%	3%	97%
N. 10	2.00	52.1	10.5%	14%	86%
N. 20	0.84	51.0	10.3%	24%	76%
N. 40	0.43	148.4	29.9%	54%	46%
N. 60	0.26	40.7	8.2%	62%	38%
N. 140	0.106	59.4	12.0%	74%	26%
N. 200	0.08	61.9	12.5%	87%	13%
Fondo		0.8	0.2%		
Finos lavado		66.0	13.3%		
TOTAL		496.0			

Coeficientes	
D ₁₅ =	-
D ₃₀ =	0.6
D ₆₀ =	0.2
C _u =	-
C _c =	-



Índice de Consistencia Ic	
	-
	-

Nota: Los límites no son determinados debido al alto porcentaje de arenas finas presentes en la muestra. En atención a la Nota 8 de la norma ASTM-2487-17, en la clasificación el índice de plasticidad es cero.


Ing. Alfredo Vázquez López, MSc.
MASTER EN INGENIERÍA – UNAM

Laborarista:	Ing. Angel Ramon	Fecha de toma de muestra:	18/12/2023
Calculado por:	Ing. Angel Ramon	Fecha de ensayo:	19/12/2023
Verificado por:	Ing. Alfredo Vazquez R.		

Fuente: Laboratorio Geo & Geo

Anexo D

Figura 25. Valores de diseño recomendados para carreteras de dos carriles y caminos vecinales de construcción

NORMAS		CLASE I 3 000 – 8 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE II 1 000 - 3 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE III 300 – 1 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE IV 100 – 300 TPDA ⁽¹⁾						CLASE V MENOS DE 100 TPDA ⁽¹⁾																	
		RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA														
		LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M									
Velocidad de diseño (K.P.H.)		110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25 ⁽¹⁰⁾	60	50	40	50	35	25 ⁽¹⁰⁾												
Radio mínimo de curvas horizontales (m)		430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	43	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	30	20 ⁽¹⁰⁾												
Distancia de visibilidad para parada (m)		180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	40	55	35	25												
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)		830	690	565	690	565	415	690	640	490	640	565	345	640	565	415	565	415	270	480	290	210	290	150	110	290	210	150	210	150	110												
Peralte		MAXIMO = 10%																		10% (Para V > 50 K.P.H.)						8% (Para V < 50 K.P.H.)																	
Coefficiente "K" para: ⁽¹⁰⁾																																											
Curvas verticales convexas (m)		80	60	28	60	28	12	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2												
Curvas verticales cóncavas (m)		43	28	24	28	24	13	28	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	8	24	13	10	13	3	3	13	10	8	10	3	3												
Gradiente longitudinal ⁽¹⁰⁾ máxima (%)		3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	8	12	5	6	8	6	8												
Gradiente longitudinal ⁽¹⁰⁾ máxima (%)		0,5%																																									
Ancho de pavimento (m)		7,3		7,3		7,3		6,50		6,70		6,00		6,00		6,00		6,00		6,00		4,00 ⁽¹⁰⁾		4,00 ⁽¹⁰⁾		4,00 ⁽¹⁰⁾		4,00 ⁽¹⁰⁾															
Clase de pavimento		Carpeta Asfáltica y Hormigón						Carpeta Asfáltica						Carpeta Asfáltica o D.T.S.B.						D.T.S.B. Capa Granular o Empedrado						Capa Granular o Empedrado																	
Ancho de espaldones: ⁽¹⁰⁾ estables (m)		2,5	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	2,5	2,5	1,5	2,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	0,5	0,60 (C.V. Tipo 6 y 7)						—																	
Gradiente transversal para pavimento (%)		1,5 - 2,0						2,0						2,0						2,5 (C.V. Tipo 6 y 7)						4,0																	
Gradiente transversal para espaldones (%)		4,0						4,0						4,0						4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						—																	
Curva de transición		USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																																									
Puentes	Carga de diseño	HS - 20 - 44																																									
	Ancho de la calzada (m) ⁽¹⁰⁾	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50												
	Ancho de Aceras (m) ⁽¹⁰⁾	0,50 m mínimo a cada lado																																									
Mínimo derecho de vía (m)		80 - 100						60 - 75						75						60						50						20 - 25						15					
		LL = TERRENO PLANO 0 = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO																																									

- El TPDA indicado es el volumen promedio anual de tráfico diario proyectado a 15 - 20 años, cuando se proyecta un TPDA en exceso de 7 000 en 10 años debe investigarse la necesidad de construir una autopista. (Las normas para esta serán parecidas a las de la Clase I, con velocidad de diseño de 10 K.P.H. más para clase de terreno - Ver secciones transversales típicas para más detalles. Para el diseño definitivo debe considerarse el número de vehículos equivalentes.
 - Longitud de las curvas verticales: $L = K \cdot A$, en donde K = coeficiente respectivo y A = diferencia algebraica de gradientes, expresado en tanto por ciento. Longitud mínima de curvas verticales: $L_{min} = 0,60 V$, en donde V es la velocidad de diseño expresada en kilómetros por hora.
 - En longitudes cortas se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y en terrenos montañosos solamente para las carreteras de I, II y III Clase.
 - Se puede adoptar una gradiente longitudinal de 0% en rellenos de 1 m. de altura o más.
 - Espaldón pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía. (Ver Capítulo VIII de las Normas). Se ensanchará la calzada 0,50 m más cuando se prevé la instalación de guarda caminos.
 - En casos especiales se puede disminuir la carga de diseño a HS - 15 - 44.
 - Para puentes con una longitud menor de 30 m, usese 12,30 m.
 - En los casos en los que haya bastante tráfico de peatones, usense dos aceras completas de 1,20 m de ancho.
 - Para tramos largos con este ancho, debe ensancharse la calzada a intervalos para proveer refugios de encuentro vehicular.
 - Para los caminos Clase IV y V, se podrá utilizar $V_D = 20 \text{ Km/h}$ y $R = 15 \text{ m}$ siempre y cuando se trate de aprovechar infraestructuras existentes y relieve difícil (escarpado).
- NOTA: Las Normas anotadas "Recomendables" se emplearán cuando el TPDA es cerca al límite superior de las clases respectivas o cuando se puede implementar sin incurrir en costos de construcción. Se puede variar algo de las Normas Absolutas para una determinada clase, cuando se considere necesario el mejorar una carretera existente siguiendo generalmente el trazado actual.

Fuente: (MTOP, 2003)

Anexo E

Cunetas de Talud

Cunetas de Talud																	
Abscisa		Longitud sumideros (m)	Datos Cuneta							Resultados Hidraulicos					Áreas de Aporte		
Inicio	Fin		S	Za	Zb	d (m)	a (m)	l (m)	n	Área del Canal (m ²)	Perímetro mojado (m)	Radio hidráulico (m)	Velocidad (m/s)	Caudal cuneta (m ³ /s)	Área de carril (ha)	Área de cuenca	Área de aporte (ha)
0+000.00	0+243.02	243.02	0.05	2	1	0.2	0.4	0.6	0.02	0.06	0.73	0.082	2.071	0.124	0.086	0.131	0.217
0+243.02	0+470.85	227.83	0.06	2	1	0.2	0.4	0.6	0.02	0.06	0.73	0.082	2.296	0.138	0.081	0.241	0.322
0+470.85	0+554.22	83.37	0.04	2	1	0.2	0.4	0.6	0.02	0.06	0.73	0.082	1.768	0.106	0.030	0.293	0.323
0+554.22	0+745.17	190.95	0.13	2	1	0.2	0.4	0.6	0.02	0.06	0.73	0.082	3.342	0.200	0.068	0.324	0.392
0+745.17	0+855.98	110.81	0.13	2	1	0.2	0.4	0.6	0.02	0.06	0.73	0.082	3.355	0.201	0.039	0.769	0.808
0+855.98	0+962.08	106.1	0.06	2	1	0.2	0.4	0.6	0.02	0.06	0.73	0.082	2.391	0.143	0.038	0.512	0.550
0+962.08	1+172.92	210.84	0.2	2	1	0.2	0.4	0.6	0.02	0.06	0.73	0.082	4.206	0.252	0.075	0.636	0.711
1+172.92	1+340.15	167.23	0.19	2	1	0.2	0.4	0.6	0.02	0.06	0.73	0.082	4.152	0.279	0.059	0.854	0.913
1+340.15	1+459.55	119.4	0.1	2	1	0.2	0.4	0.6	0.02	0.06	0.73	0.082	2.913	0.175	0.042	0.432	0.474

Coeficiente Ponderado							Caudal de Diseño			Comprobación	
C Escorrentia cuenca	C Escorrentia pavimento asfáltico	C Escorrentia ponderado	Vo (m ³ /s)	a	te (s)	qmax (m ³ /s/3)	Qd1(m ³ /s)	Qd2(m ³ /s) C*I*A/360	Q=Qd1+Qd2	Caudal	Velocidad
0.45	0.800	0.48	0.0000460	10.95	28.124	0.00016809	0.0408	0.048	0.089	CUMPLE	CUMPLE
0.45	0.800	0.48	0.0000460	12.14	25.217	0.00015537	0.0354	0.071	0.106	CUMPLE	CUMPLE
0.45	0.800	0.48	0.0000460	9.35	51.623	0.00039497	0.0329	0.071	0.104	CUMPLE	CUMPLE
0.45	0.800	0.48	0.0000460	17.68	37.521	0.00043857	0.0837	0.086	0.170	CUMPLE	CUMPLE
0.45	0.800	0.48	0.0000460	17.75	22.015	0.00018107	0.0201	0.178	0.198	CUMPLE	CUMPLE
0.45	0.800	0.48	0.0000460	12.65	26.952	0.00018080	0.0192	0.121	0.140	CUMPLE	CUMPLE
0.45	0.800	0.48	0.0000460	22.25	22.724	0.00023930	0.0505	0.157	0.207	CUMPLE	CUMPLE
0.45	0.800	0.48	0.0000460	21.97	32.561	0.00043027	0.0720	0.202	0.274	CUMPLE	CUMPLE
0.45	0.800	0.48	0.0000460	15.41	38.014	0.00039075	0.0467	0.105	0.151	CUMPLE	CUMPLE

Cunetas de Relleno

Cunetas de Talud																	
Abscisa		Longitud sumideros (m)	Datos Cuneta							Resultados Hidraulicos					Áreas de Aporte		
Inicio	Fin		S	Za	Zb	d (m)	a (m)	l (m)	n	Área del Canal (m ²)	Perímetro mojado (m)	Radio hidráulico (m)	Velocidad (m/s)	Caudal cuneta (m ³ /s)	Área de carril (ha)	Área de cuenca	Área de aporte (ha)
0+000.00	0+243.02	243.02	0.05	2	1	0.2	0.4	0.6	0.02	0.06	0.73	0.082	2.071	0.124	0.086	0.00	0.086
0+243.02	0+470.85	227.83	0.06	2	1	0.2	0.4	0.6	0.02	0.06	0.73	0.082	2.296	0.138	0.081	0.00	0.081
0+470.85	0+554.22	83.37	0.04	2	1	0.2	0.4	0.6	0.02	0.06	0.73	0.082	1.768	0.106	0.030	0.00	0.030
0+554.22	0+745.17	190.95	0.13	2	1	0.2	0.4	0.6	0.02	0.06	0.73	0.082	3.342	0.200	0.068	0.00	0.068
0+745.17	0+855.98	110.81	0.13	2	1	0.2	0.4	0.6	0.02	0.06	0.73	0.082	3.355	0.201	0.039	0.00	0.039
0+855.98	0+962.08	106.1	0.06	2	1	0.2	0.4	0.6	0.02	0.06	0.73	0.082	2.391	0.143	0.038	0.00	0.038
0+962.08	1+172.92	210.84	0.2	2	1	0.2	0.4	0.6	0.02	0.06	0.73	0.082	4.206	0.252	0.075	0.00	0.075
1+172.92	1+340.15	167.23	0.19	2	1	0.2	0.4	0.6	0.02	0.06	0.73	0.082	4.152	0.279	0.059	0.00	0.059
1+340.15	1+459.55	119.4	0.1	2	1	0.2	0.4	0.6	0.02	0.06	0.73	0.082	2.913	0.175	0.042	0.00	0.042

Coeficiente Ponderado							Caudal de Diseño			Comprobación	
C Escorrentia cuenca	C Escorrentia pavimento asfaltico	C Escorrentia ponderado	Vo (m ³ /s)	a	te (s)	qmax (m ³ /s/3)	Qd1(m ³ /s)	Qd2(m ³ /s) C*I*A/360	Q=Qd1+Qd2	Caudal	Velocidad
0.00	0.800	0.80	0.0000460	10.95	28.124	0.00016809	0.0408	0.032	0.073	CUMPLE	CUMPLE
0.00	0.800	0.80	0.0000460	12.14	25.217	0.00015537	0.0354	0.030	0.065	CUMPLE	CUMPLE
0.00	0.800	0.80	0.0000460	9.35	51.623	0.00039497	0.0329	0.011	0.044	CUMPLE	CUMPLE
0.00	0.800	0.80	0.0000460	17.68	37.521	0.00043857	0.0837	0.025	0.109	CUMPLE	CUMPLE
0.00	0.800	0.80	0.0000460	17.75	22.015	0.00018107	0.0201	0.014	0.035	CUMPLE	CUMPLE
0.00	0.800	0.80	0.0000460	12.65	26.952	0.00018080	0.0192	0.014	0.033	CUMPLE	CUMPLE
0.00	0.800	0.80	0.0000460	22.25	22.724	0.00023930	0.0505	0.028	0.078	CUMPLE	CUMPLE
0.00	0.800	0.80	0.0000460	21.97	32.561	0.00043027	0.0720	0.022	0.094	CUMPLE	CUMPLE
0.00	0.800	0.80	0.0000460	15.41	38.014	0.00039075	0.0467	0.016	0.062	CUMPLE	CUMPLE

Anexo F

Tabla 53. Valores máximos recomendados de módulo resiliente por capas de rodadura

Capa	T (°C)	f (Hz)	v (km/h)	E (MPa)
Rodadura	10	2.5	15-25	7000
		5.0	35-45	8500
		10.0	70-80	9500
	15	2.5	15-25	5000
		5.0	35-45	6000
		10.0	70-80	7200
	20	2.5	15-25	3000
		5.0	35-45	4000
		10.0	70-80	5000
	25	2.5	15-25	2200
		5.0	35-45	2700
		10.0	70-80	3500
30	2.5	15-25	1200	
	5.0	35-45	1600	
	10.0	70-80	2000	

Fuente: (Rondón y Reyes, 2015)

Anexo G


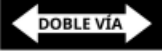






Tabla 54. Coeficientes de drenaje m^2 , m^3

Capacidad de Drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación.			
	Menos del 1 %	1 a 5 %	5 a 25 %	Más del 25 %
Excelente	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Bueno	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Regular	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Malo	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Muy malo	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

Fuente: (Rondón y Reyes, 2015)









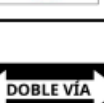
Anexo H

Tabla 55. Señalización vertical

Abscisa	Simbología	Código	Dimensiones (mm)
0+000.00		R1-1A	600*600
0+000.00		R2-2A	900*300
0+145.00		R4-1A	600*600
0+290.00		R4-1A	600*600
0+360.00		R4-1A	600*600
0+570.00		R4-1A	600*600
0+610.00		R4-1A	600*600
0+610.00		P1-5A D	600*600

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56. *Señalización vertical*

0+662.56 - 0+724.79		D6-2I	1600*400
0+860.00		P1-5A D	600*600
1+039.00		R4-1A	600*600
1+052.00		R4-1A	600*600
1+145.00		P1-1A D	600*600
1+173.52 - 1+320.75		D6-2I	1600*400
1+340.00		P1-1A I	600*600
1+400.00		R4-1A	600*600
1+440.00		R2-2A	900*300

Fuente: *Elaboración propia*

Anexo I

PLANOS

Proyecto: Diseño Geométrico de la vía VALLE - SAN PEDRO, Parroquia El Valle, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay.

Ubicación: Parroquia El Valle, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay.

Contenido: DISEÑO GEOMÉTRICO (HORIZONTAL Y VERTICAL)
Km 0+000 - Km 0+800

Realizado por: Edwin Fabricio Gutama Gutama

Fecha: Diciembre - 2023

Lámina: 1/2

SIMBOLOGIA

- Vía existente
- Puntos de Control
- Perfil de Terreno
- Área de corte
- Área de relleno
- Cota amyor
- Alcantarillado - Pozo
- Vía Existente
- Cuneta
- Cerramiento

Especificaciones Técnicas:

Hormigon F'c = 210 kgf/cm²

ALCANTARILLAS PVC

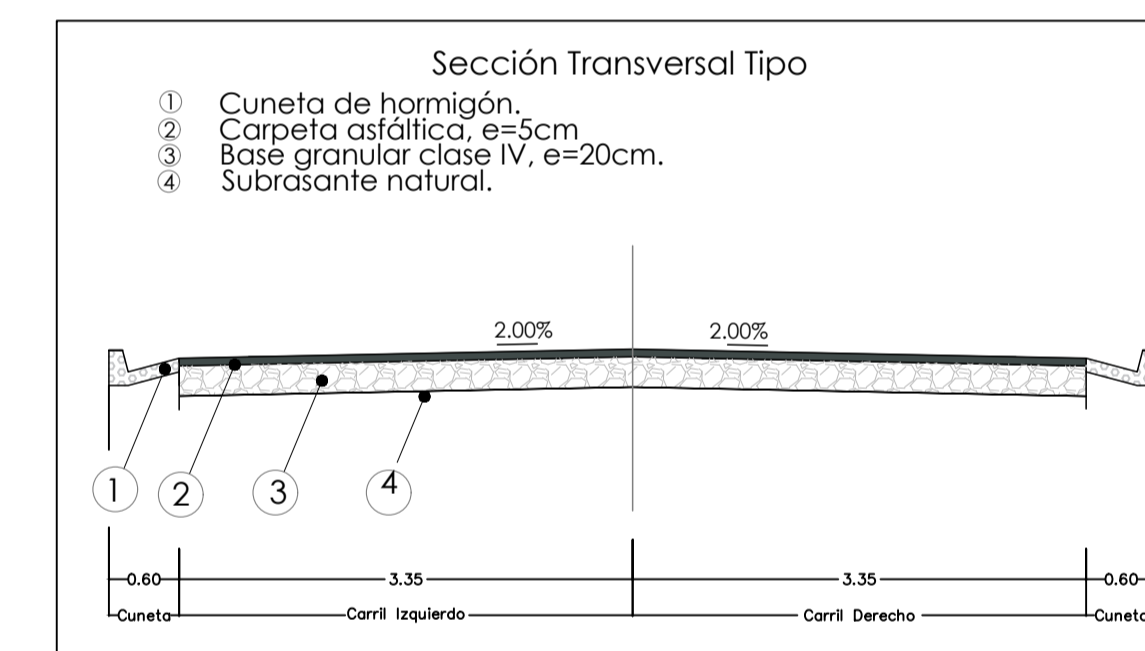
Abscisa	Diametro (mm)	Pendiente transv. (%)
0+178.54	1200	2%
0+470.85	1200	2%
0+643.83	1200	2%
0+855.98	1200	2%
1+172.92	1200	2%
1+340.15	1200	2%

CURVAS HORIZONTALES

CURVA	PUNTO	ABSCISA	NORTE	ESTE
1	PT	0+243.02	9675101.219	726742.185
	PI	0+211.74	9675076.261	726721.965
	PC	0+178.54	9675058.209	726695.397
2	PT	0+554.22	9675347.025	726922.650
	PI	0+514.65	9675328.334	726885.667
	PC	0+470.85	9675297.287	726858.223
3	PT	0+724.79	9675357.184	727081.710
	PI	0+698.42	9675375.813	727057.411
	PC	0+662.56	9675376.804	727026.810
4	PT	0+786.56	9675315.865	727125.018
	PI	0+770.85	9675322.139	727109.796
	PC	0+753.43	9675333.643	727098.018
5	PT	0+937.46	9675293.922	727273.505
	PI	0+916.70	9675292.097	727252.592
	PC	0+895.41	9675294.277	727231.713
6	PT	1+320.75	9675272.971	727626.279
	PI	1+260.53	9675325.856	727577.053
	PC	1+173.52	9675336.795	727505.636

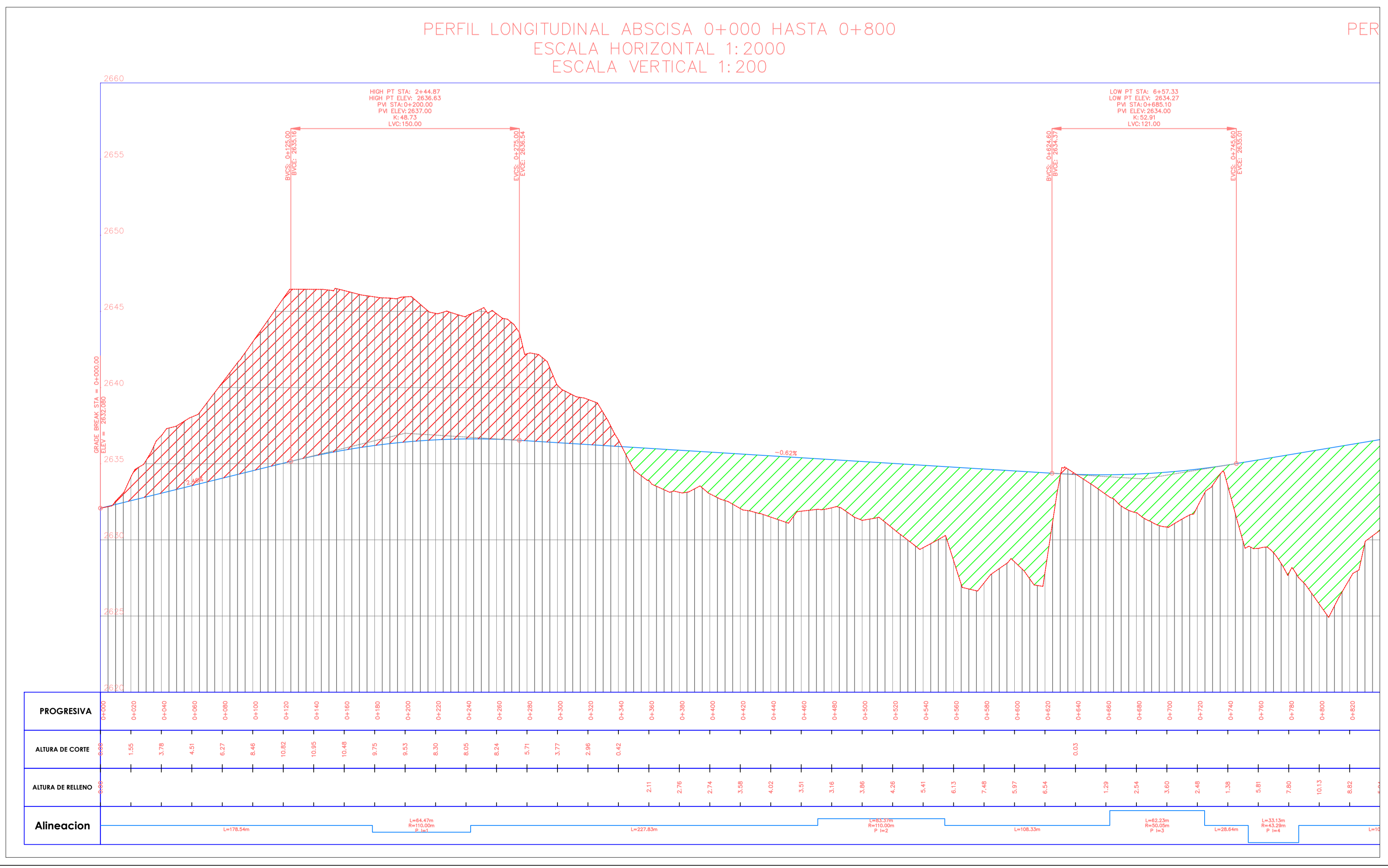
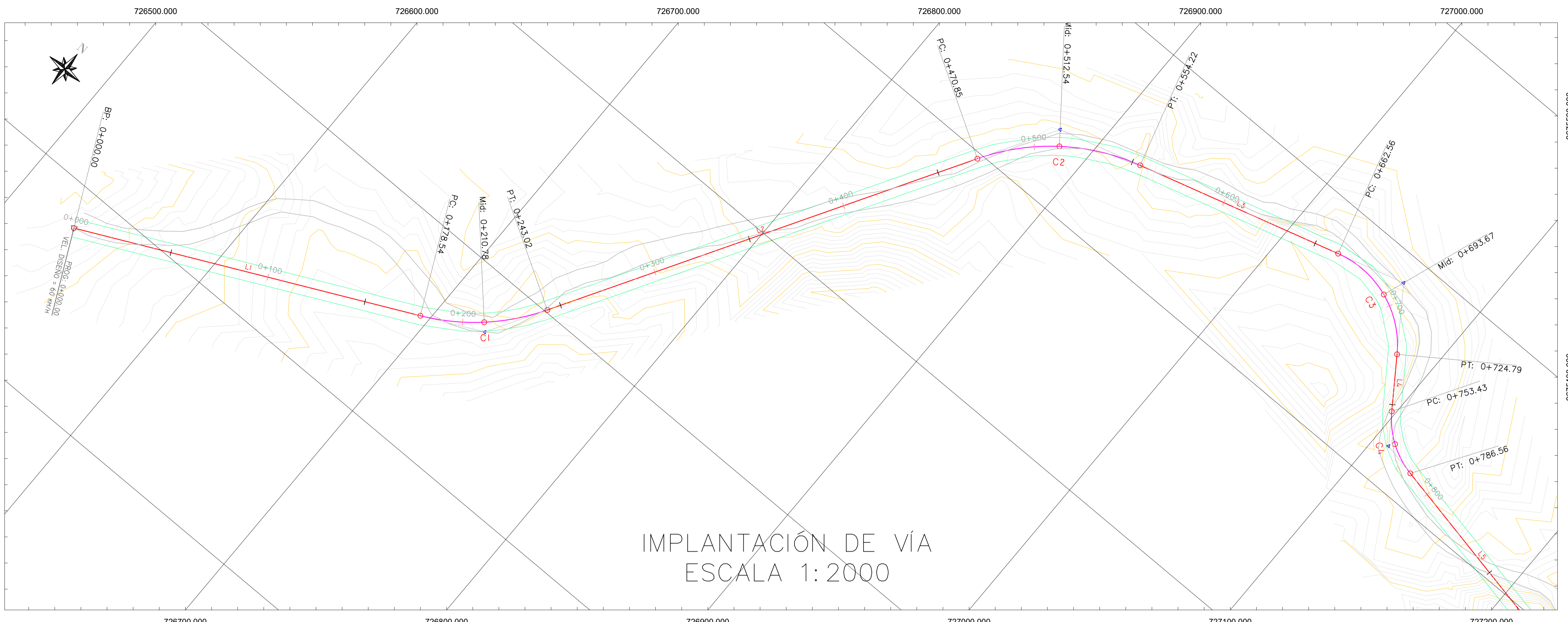
TABLA DE RECTAS

ALINEAMIENTO #	LONGITUD	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL
L1	178.54	0+000.00	0+178.54
L2	227.83	0+243.02	0+470.85
L3	108.33	0+554.22	0+662.56
L4	28.64	0+724.79	0+753.43
L5	108.86	0+786.56	0+895.41
L6	236.06	0+937.46	1+173.52
L7	119.23	1+320.75	1+439.98



CURVAS VERTICALES

CURVA	PUNTO	ABSCISA	COTA
1	PCV	0+125.00	2635.16
	PIV	0+200.00	2637.00
	PTV	0+275.00	2636.54
2	PCV	0+624.60	2634.37
	PIV	0+685.10	2634.00
	PTV	0+745.60	2635.01
3	PCV	1+151.88	2641.79
	PIV	1+181.88	2642.29
	PTV	1+211.88	2643.83



Proyecto: Diseño Geométrico de la vía VALLE - SAN PEDRO, Parroquia El Valle, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay.

Ubicación: Parroquia El Valle, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay.

Contenido: DISEÑO GEOMÉTRICO (HORIZONTAL Y VERTICAL)
Km 0+000 - Km 1+440

Realizado por:
Edwin Fabricio Gutama Gutama

Fecha: Diciembre - 2023

Lámina: 2/2

SIMBOLOGIA

-  Vía existente
-  Puntos de Control
-  Perfil de Terreno
-  Área de corte
-  Área de relleno
-  Cota amyor
-  Alcantarillado - Pozo
-  Vía Existente
-  Cuneta
-  Cerramiento

Especificaciones Técnicas:

Hormigon F'c = 210 kgf/cm²

ALCANTARILLAS PVC

Abscisa	Diametro (mm)	Pendiente transv. (%)
0+178.54	1200	2%
0+470.85	1200	2%
0+643.83	1200	2%
0+855.98	1200	2%
1+172.92	1200	2%
1+340.15	1200	2%

CURVAS HORIZONTALES

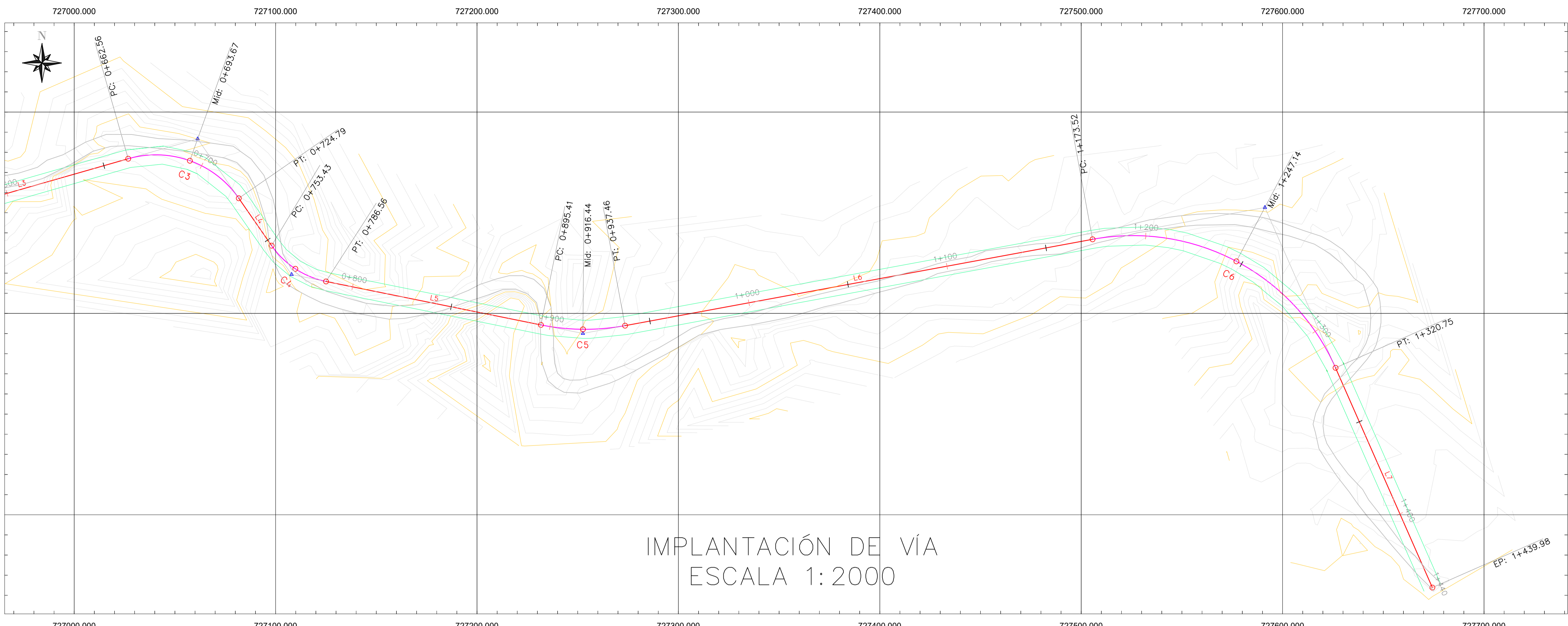
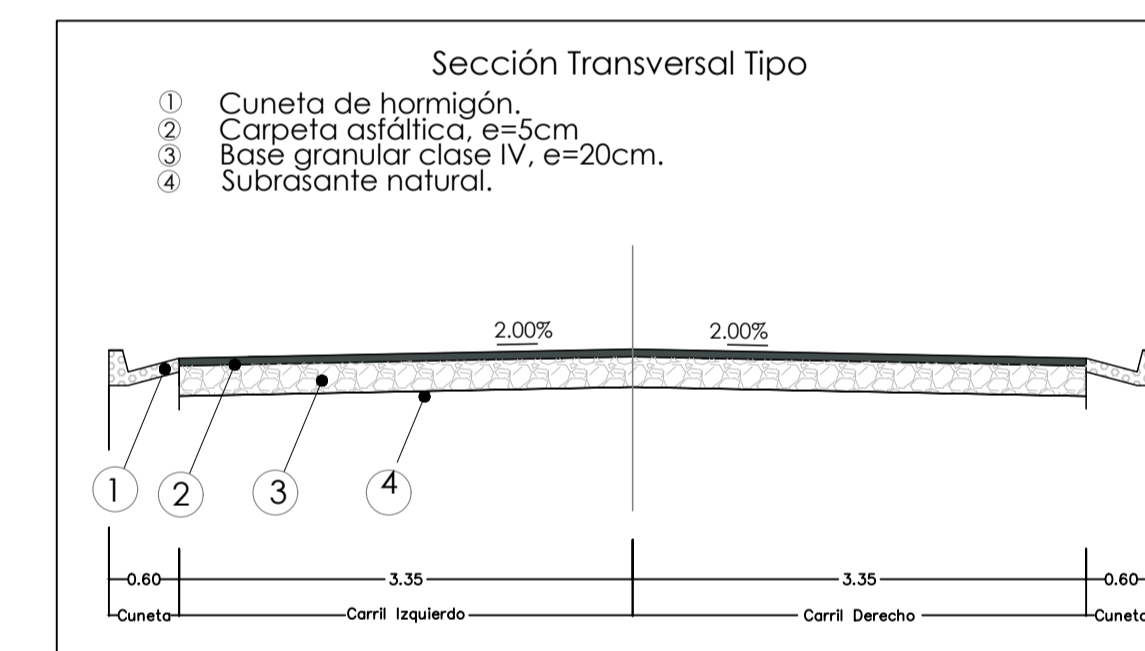
CURVA	PUNTO	ABSCISA	NORTE	ESTE
1	PT	0+243.02	9675101.219	726742.185
	PI	0+211.74	9675076.261	726721.965
	PC	0+178.54	9675058.209	726695.397
2	PT	0+554.22	9675347.025	726922.650
	PI	0+514.65	9675328.334	726885.667
	PC	0+470.85	9675297.287	726858.223
3	PT	0+724.79	9675357.184	727081.710
	PI	0+698.42	9675375.813	727057.411
	PC	0+662.56	9675376.804	727026.810
4	PT	0+786.56	9675315.865	727125.018
	PI	0+770.85	9675322.139	727109.796
	PC	0+753.43	9675333.643	727098.018
5	PT	0+937.46	9675293.922	727273.505
	PI	0+916.70	9675292.097	727252.592
	PC	0+895.41	9675294.277	727231.713
6	PT	1+320.75	9675272.971	727626.279
	PI	1+260.53	9675325.856	727577.053
	PC	1+173.52	9675336.795	727505.636

TABLA DE RECTAS

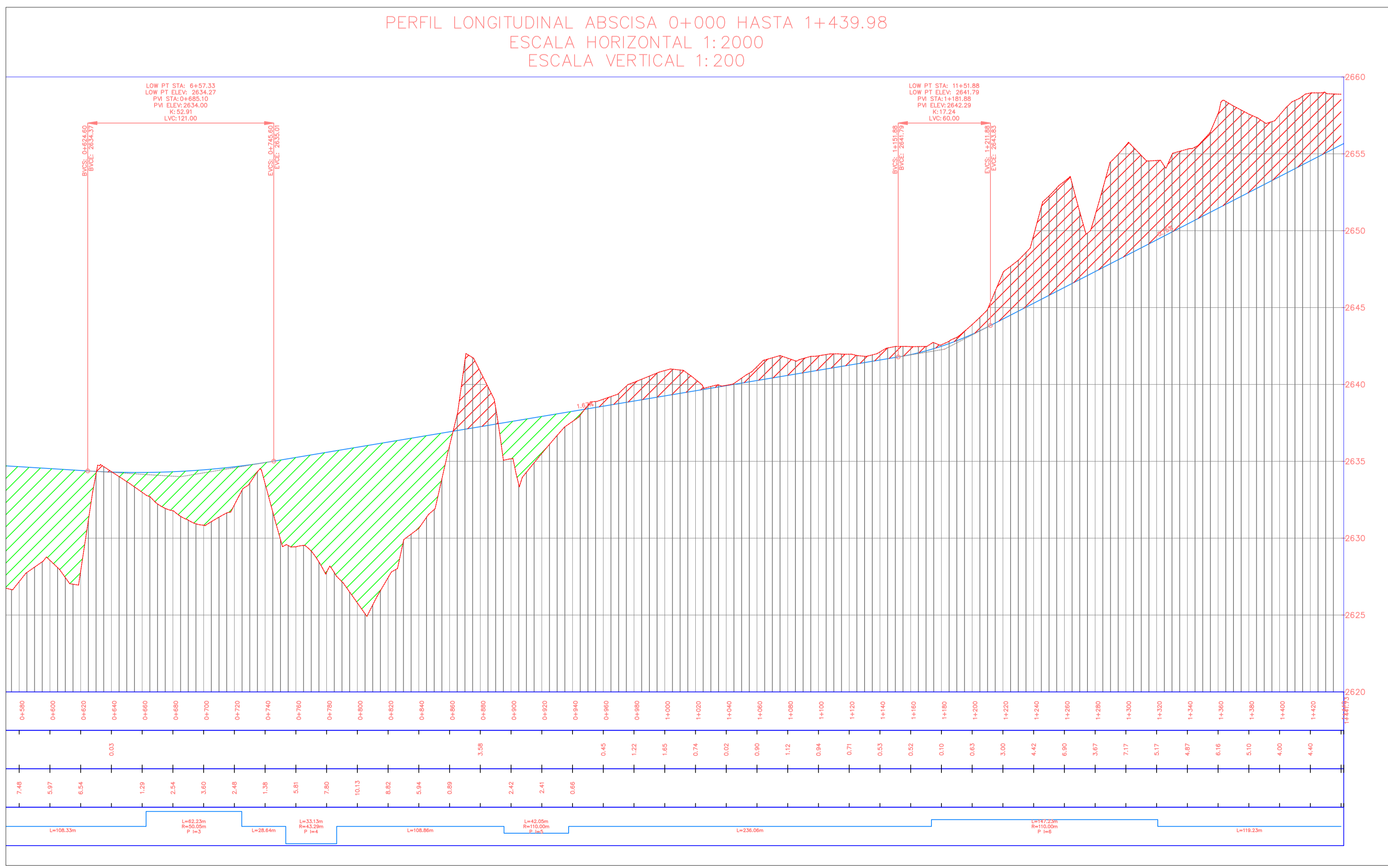
ALINEAMIENTO #	LONGITUD	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL
L1	178.54	0+000.00	0+178.54
L2	227.83	0+243.02	0+470.85
L3	108.33	0+554.22	0+662.56
L4	28.64	0+724.79	0+753.43
L5	108.86	0+786.56	0+895.41
L6	236.06	0+937.46	1+173.52
L7	119.23	1+320.75	1+439.98

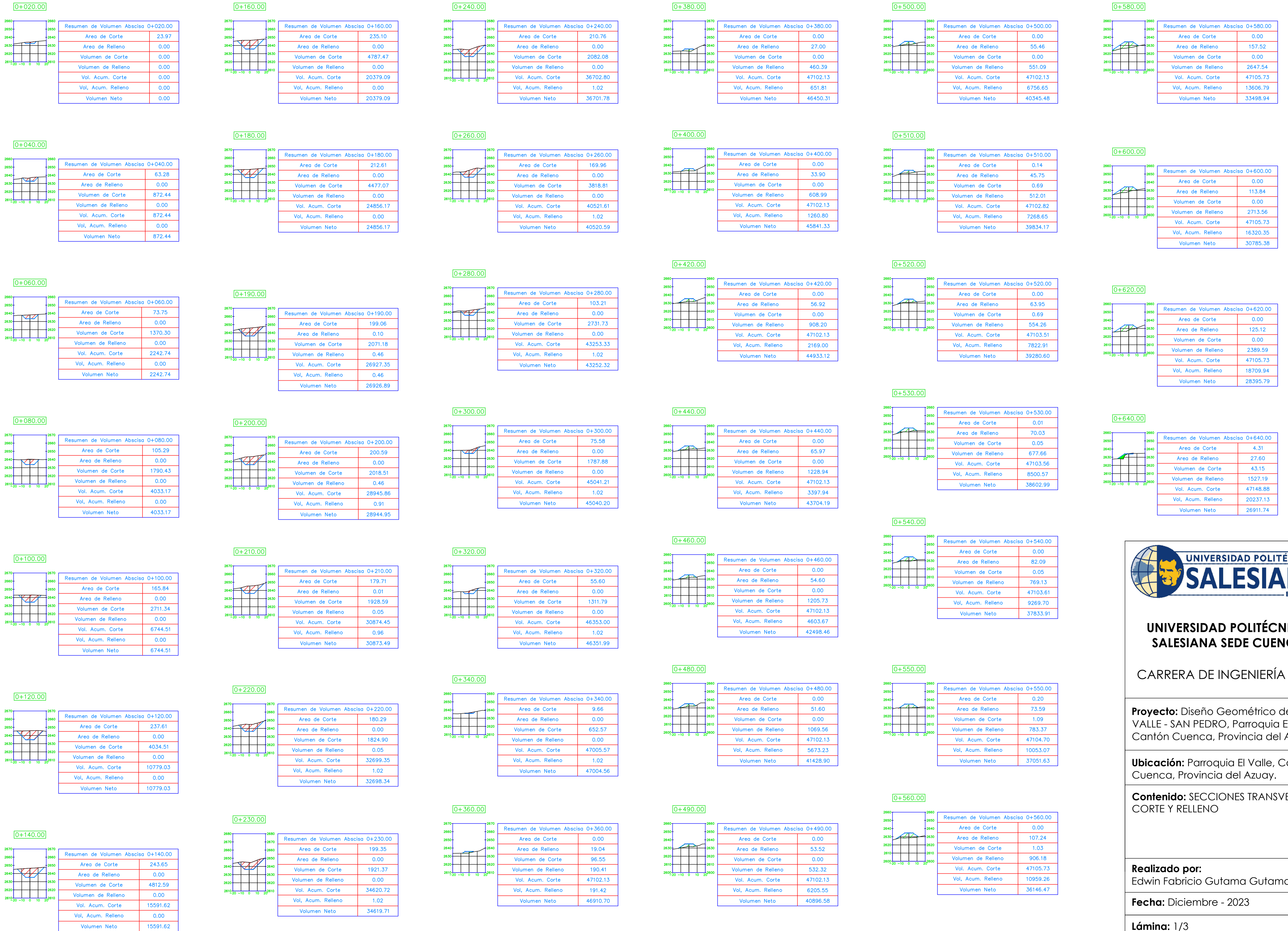
CURVAS VERTICALES

CURVA	PUNTO	ABSCISA	COTA
1	PCV	0+125.00	2635.16
	PIV	0+200.00	2637.00
	PTV	0+275.00	2636.54
2	PCV	0+624.60	2634.37
	PIV	0+685.10	2634.00
	PTV	0+745.60	2635.01
3	PCV	1+151.88	2641.79
	PIV	1+181.88	2642.29
	PTV	1+211.88	2643.83



IMPLANTACIÓN DE VÍA
ESCALA 1:2000





UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto: Diseño Geométrico de la vía VALLE - SAN PEDRO, Parroquia El Valle, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay.

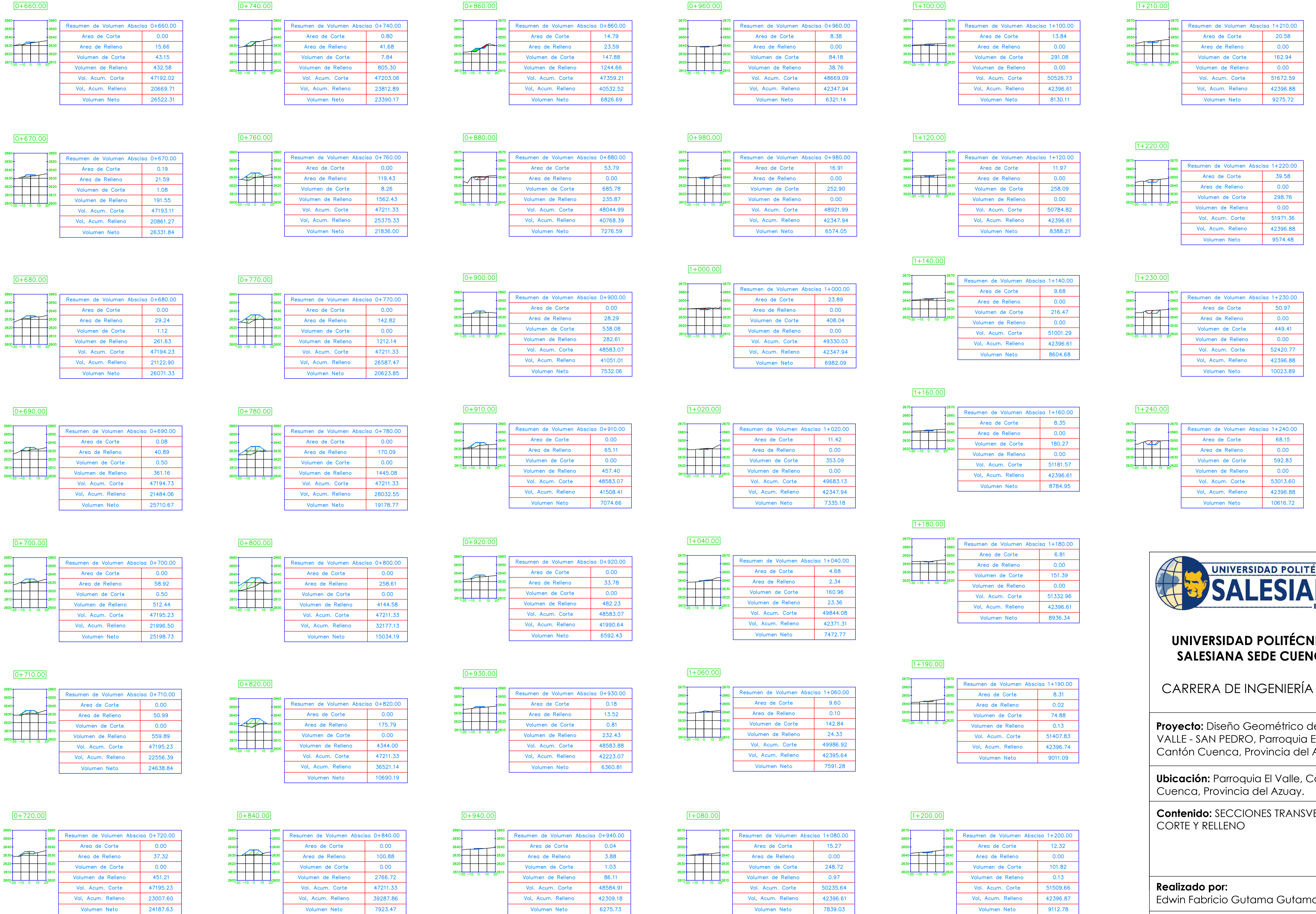
Ubicación: Parroquia El Valle, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay.

Contenido: SECCIONES TRANSVERSALES CORTE Y RELLENO

Realizado por: Edwin Fabricio Gutama Gutama

Fecha: Diciembre - 2023

Lámina: 1/3



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto: Diseño Geométrico de la vía VALLE - SAN PEDRO, Parroquia El Valle, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay.

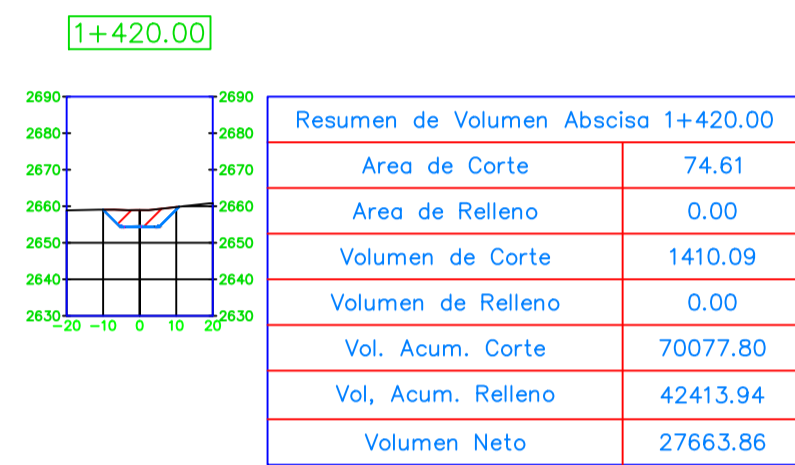
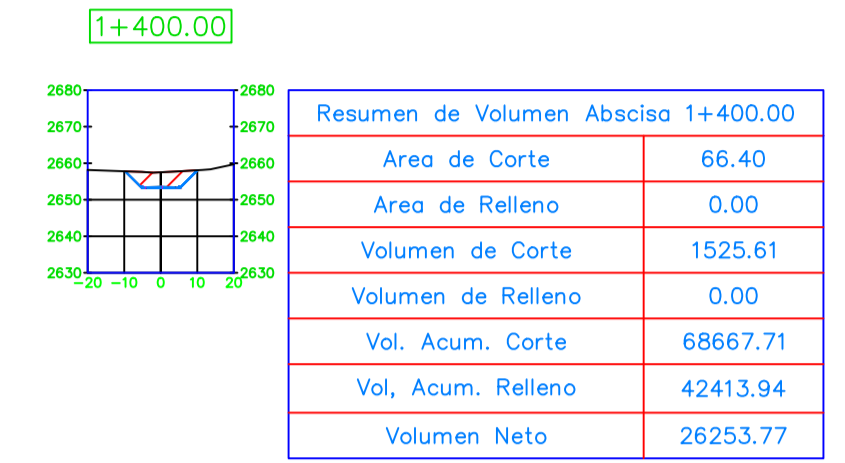
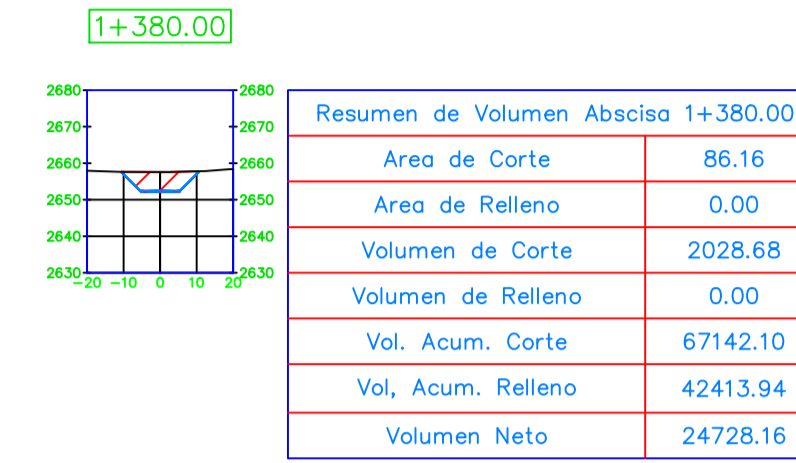
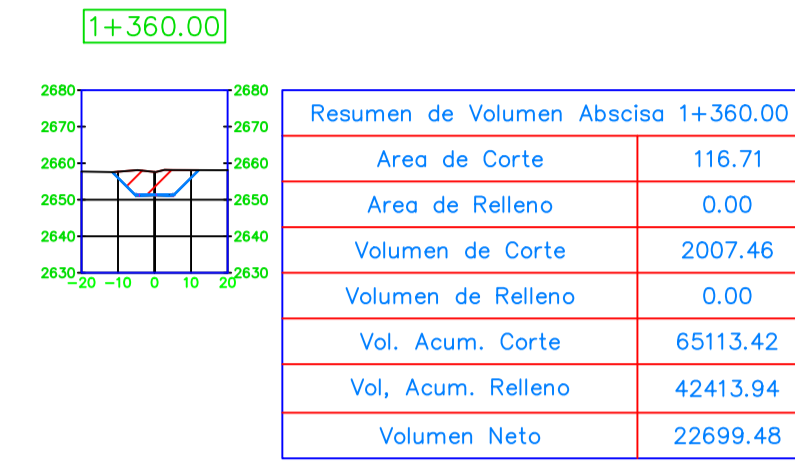
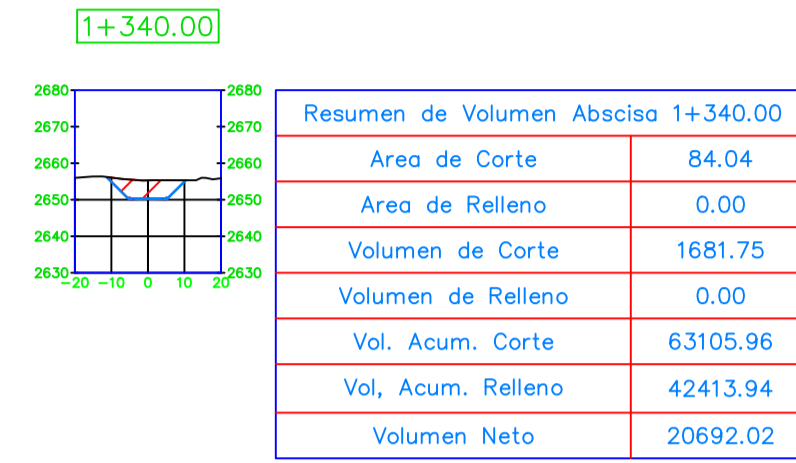
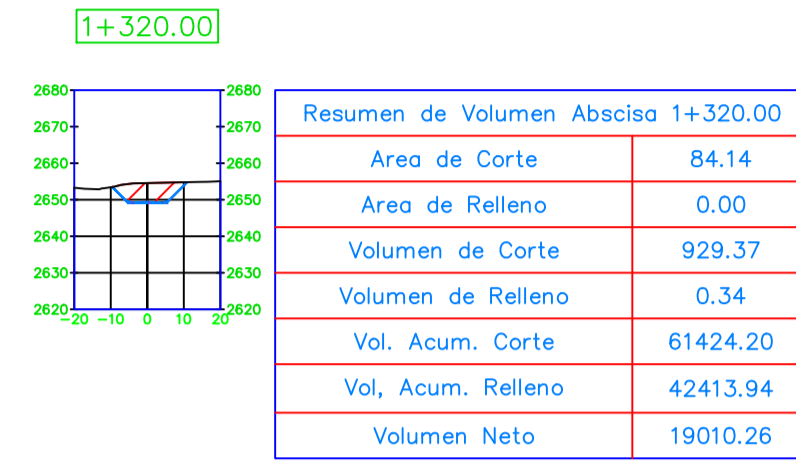
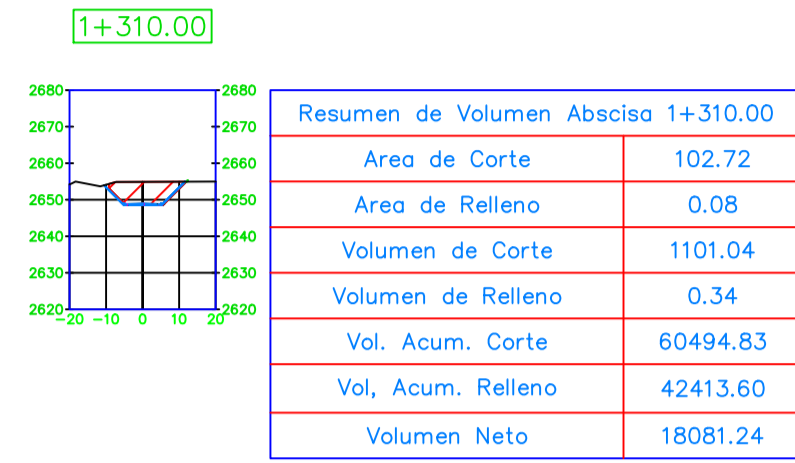
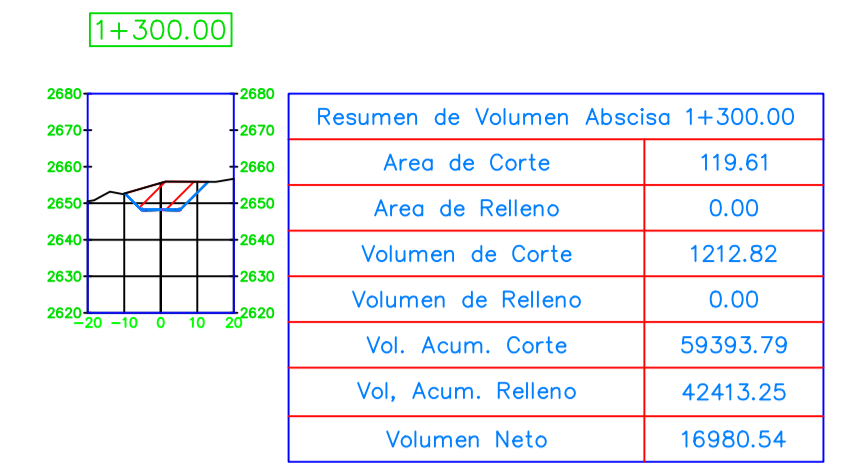
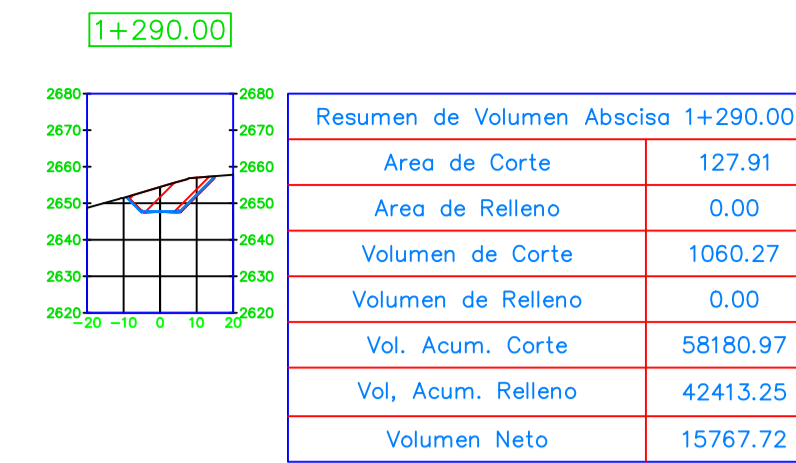
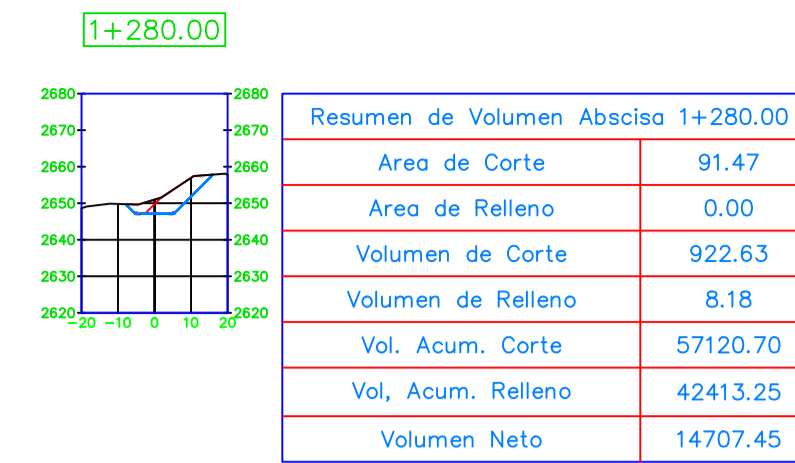
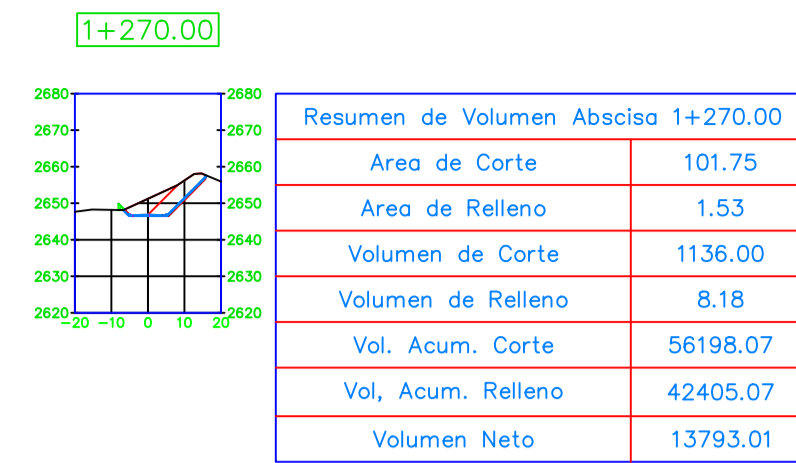
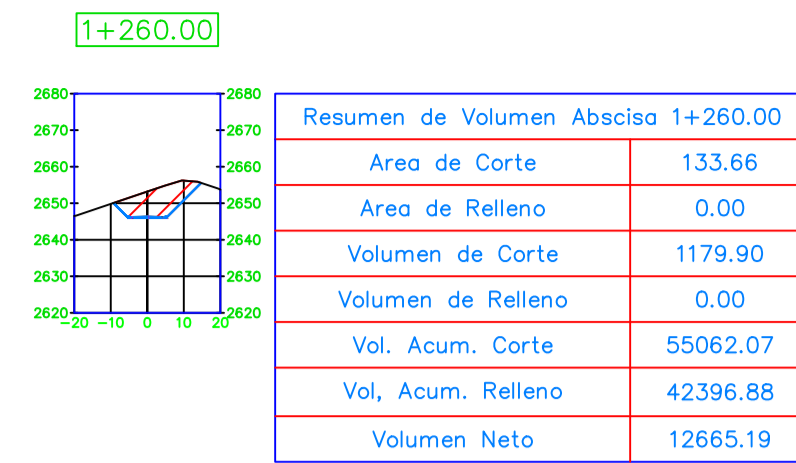
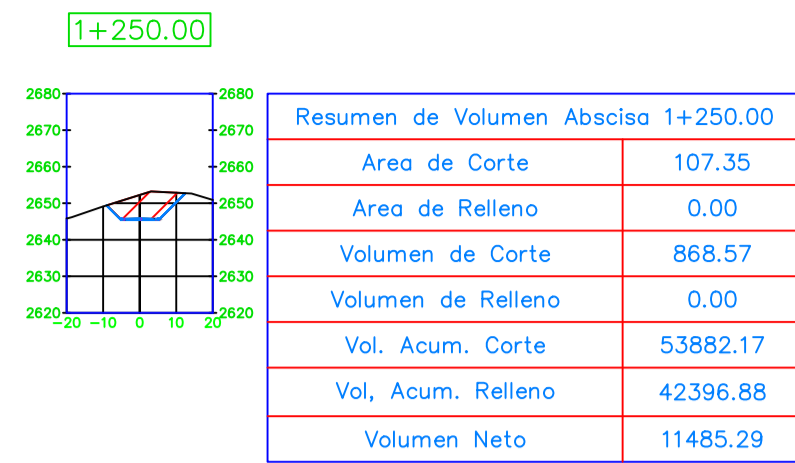
Ubicación: Parroquia El Valle, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay.

Contenido: SECCIONES TRANSVERSALES CORTE Y RELLENO

Realizado por: Edwin Fabricio Gutama Gutama

Fecha: Diciembre - 2023

Lámina: 2/3



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto: Diseño Geométrico de la vía VALLE - SAN PEDRO, Parroquia El Valle, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay.

Ubicación: Parroquia El Valle, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay.

Contenido: SECCIONES TRANSVERSALES CORTE Y RELLENO

Realizado por: Edwin Fabricio Gutama Gutama

Fecha: Diciembre - 2023

Lámina: 3/3

DIAGRAMA DE MASAS

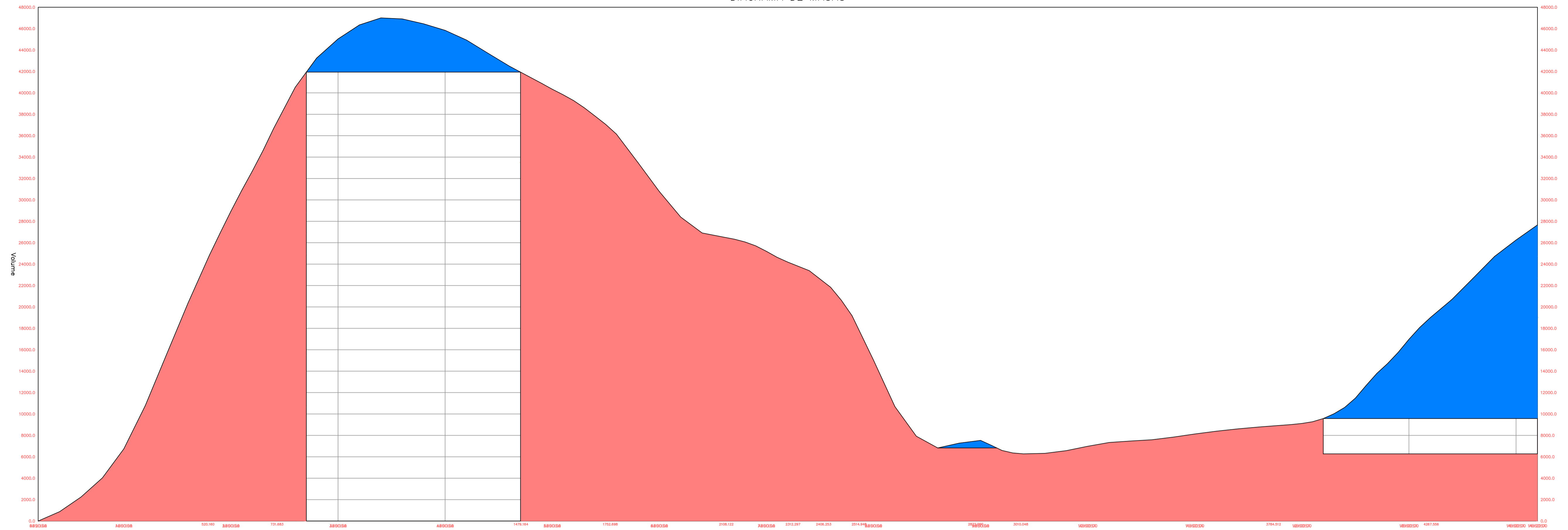


TABLA DE VOLUMENES TOTALES						
Abscisa	A. Relleno	A. Corte	V. Relleno	V. Corte	V. A. Relleno	V. A. Corte
0+020.00	0.00	23.97	0.00	0.00	0.00	0.00
0+040.00	0.00	63.28	0.00	872.44	0.00	872.44
0+060.00	0.00	73.75	0.00	1370.30	0.00	2242.74
0+080.00	0.00	105.29	0.00	1790.43	0.00	4033.17
0+100.00	0.00	165.84	0.00	2711.34	0.00	6744.51
0+120.00	0.00	237.61	0.00	4034.51	0.00	10779.03
0+140.00	0.00	243.65	0.00	4812.59	0.00	15591.62
0+160.00	0.00	235.10	0.00	4787.47	0.00	20379.09
0+180.00	0.00	212.61	0.00	4477.07	0.00	24856.17
0+190.00	0.10	199.06	0.46	2071.18	0.46	26927.35
0+200.00	0.00	200.59	0.46	2018.51	0.91	28945.86
0+210.00	0.01	179.71	0.05	1928.59	0.96	30874.45
0+220.00	0.00	180.29	0.05	1824.90	1.02	32699.35
0+230.00	0.00	199.35	0.00	1921.37	1.02	34620.72
0+240.00	0.00	210.76	0.00	2082.08	1.02	36702.80
0+260.00	0.00	169.96	0.00	3818.81	1.02	40521.61
0+280.00	0.00	103.21	0.00	2731.73	1.02	43253.33
0+300.00	0.00	75.58	0.00	1787.88	1.02	45041.21
0+320.00	0.00	55.60	0.00	1311.79	1.02	46353.00
0+340.00	0.00	9.66	0.00	652.57	1.02	47005.57

TABLA DE VOLUMENES TOTALES						
Abscisa	A. Relleno	A. Corte	V. Relleno	V. Corte	V. A. Relleno	V. A. Corte
0+360.00	19.04	0.00	190.41	96.55	191.42	47102.13
0+380.00	27.00	0.00	460.39	0.00	651.81	47102.13
0+400.00	33.90	0.00	608.99	0.00	1260.80	47102.13
0+420.00	56.92	0.00	908.20	0.00	2169.00	47102.13
0+440.00	65.97	0.00	1228.94	0.00	3397.94	47102.13
0+460.00	54.60	0.00	1205.73	0.00	4603.67	47102.13
0+480.00	51.60	0.00	1069.56	0.00	5673.23	47102.13
0+490.00	53.52	0.00	532.32	0.00	6205.55	47102.13
0+500.00	55.46	0.00	551.09	0.00	6756.65	47102.13
0+510.00	45.75	0.14	512.01	0.69	7268.65	47102.82
0+520.00	63.95	0.00	554.26	0.69	7822.91	47103.51
0+530.00	70.03	0.01	677.66	0.05	8500.57	47103.56
0+540.00	82.09	0.00	769.13	0.05	9269.70	47103.61
0+550.00	73.59	0.20	783.37	1.09	10053.07	47104.70
0+560.00	107.24	0.00	906.18	1.03	10959.26	47105.73
0+580.00	157.52	0.00	2647.54	0.00	13606.79	47105.73
0+600.00	113.84	0.00	2713.56	0.00	13620.35	47105.73
0+620.00	125.12	0.00	2389.59	0.00	18709.94	47105.73
0+640.00	27.60	4.31	1527.19	43.15	20237.13	47148.88
0+660.00	15.66	0.00	432.58	43.15	20669.71	47192.02

TABLA DE VOLUMENES TOTALES						
Abscisa	A. Relleno	A. Corte	V. Relleno	V. Corte	V. A. Relleno	V. A. Corte
0+670.00	21.59	0.19	191.55	1.08	20861.27	47193.11
0+680.00	29.24	0.00	261.63	1.12	21122.90	47194.23
0+690.00	40.89	0.08	361.16	0.50	21484.06	47194.73
0+700.00	56.92	0.00	512.44	0.50	21996.50	47195.23
0+710.00	50.99	0.00	559.89	0.00	22556.39	47195.23
0+720.00	37.32	0.00	451.21	0.00	23007.60	47195.23
0+740.00	41.68	0.80	805.30	7.84	23812.89	47203.06
0+760.00	119.43	0.00	1562.43	8.26	25375.33	47211.33
0+770.00	142.82	0.00	1212.14	0.00	26587.47	47211.33
0+780.00	170.09	0.00	1445.08	0.00	28032.55	47211.33
0+800.00	258.61	0.00	4144.58	0.00	32177.13	47211.33
0+820.00	175.79	0.00	4344.00	0.00	36521.14	47211.33
0+840.00	100.88	0.00	2766.72	0.00	39287.86	47211.33
0+860.00	23.59	14.79	1244.66	147.88	40532.52	47359.21
0+880.00	0.00	53.79	235.87	685.78	40768.39	48044.99
0+900.00	28.29	0.00	282.61	538.08	41051.01	48583.07
0+910.00	65.11	0.00	457.40	0.00	41508.41	48583.07
0+920.00	33.78	0.00	482.23	0.00	41990.64	48583.07
0+930.00	13.52	0.18	232.43	0.81	42223.07	48583.88
0+940.00	3.88	0.04	86.11	1.03	42309.18	48584.91

TABLA DE VOLUMENES TOTALES						
Abscisa	A. Relleno	A. Corte	V. Relleno	V. Corte	V. A. Relleno	V. A. Corte
0+960.00	0.00	8.38	38.76	84.18	42347.94	48669.09
0+980.00	0.00	16.91	0.00	252.90	42347.94	48921.99
1+000.00	0.00	23.89	0.00	408.04	42347.94	49330.03
1+020.00	0.00	11.42	0.00	353.09	42347.94	49683.13
1+040.00	2.34	4.68	23.36	160.96	42371.31	49844.08
1+060.00	0.10	9.60	24.33	142.84	42395.64	49986.92
1+080.00	0.00	15.27	0.97	248.72	42396.61	50235.64
1+100.00	0.00	13.84	0.00	291.08	42396.61	50526.73
1+120.00	0.00	11.97	0.00	258.09	42396.61	50784.82
1+140.00	0.00	9.68	0.00	216.47	42396.61	51001.29
1+160.00	0.00	8.35	0.00	180.27	42396.61	51181.57
1+180.00	0.00	6.81	0.00	151.39	42396.61	51332.96
1+190.00	0.02	8.31	0.13	74.88	42396.74	51407.83
1+200.00	0.00	12.32	0.13	101.82	42396.87	51509.66
1+210.00	0.00	20.58	0.00	162.94	42396.88	51672.59
1+220.00	0.00	39.58	0.00	298.76	42396.88	51971.36
1+230.00	0.00	50.97	0.00	449.41	42396.88	52420.77
1+240.00	0.00	68.15	0.00	592.83	42396.88	53013.60
1+250.00	0.00	107.35	0.00	868.57	42396.88	53882.17
1+260.00	0.00	133.66	0.00	1179.90	42396.88	55062.07

TABLA DE VOLUMENES TOTALES						
Abscisa	A. Relleno	A. Corte	V. Relleno	V. Corte	V. A. Relleno	V. A. Corte
1+270.00	1.53	101.75	8.18	1136.00	42405.07	56198.07
1+280.00	0.00	91.47	8.18	922.63	42413.25	57120.70
1+290.00	0.00	127.91	0.00	1060.27	42413.25	58180.97
1+300.00	0.00	119.61	0.00	1212.82	42413.25	59393.79
1+310.00	0.08	102.72	0.34	1101.04	42413.60	60494.83
1+320.00	0.00	84.14	0.34	929.37	42413.94	61424.20
1+340.00	0.00	84.04	0.00	1681.75	42413.94	63105.96
1+360.00	0.00	116.71	0.00	2007.46	42413.94	65113.42
1+380.00	0.00	86.16	0.00	2028.68	42413.94	67142.10
1+400.00	0.00	66.40	0.00	1525.61	42413.94	68667.71
1+420.00	0.00	74.61	0.00	1410.09	42413.94	70077.80



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto: Diseño Geométrico de la vía VALLE - SAN PEDRO, Parroquia El Valle, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay.

Ubicación: Parroquia El Valle, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay.

Contenido: DIGRAMA DE MASAS

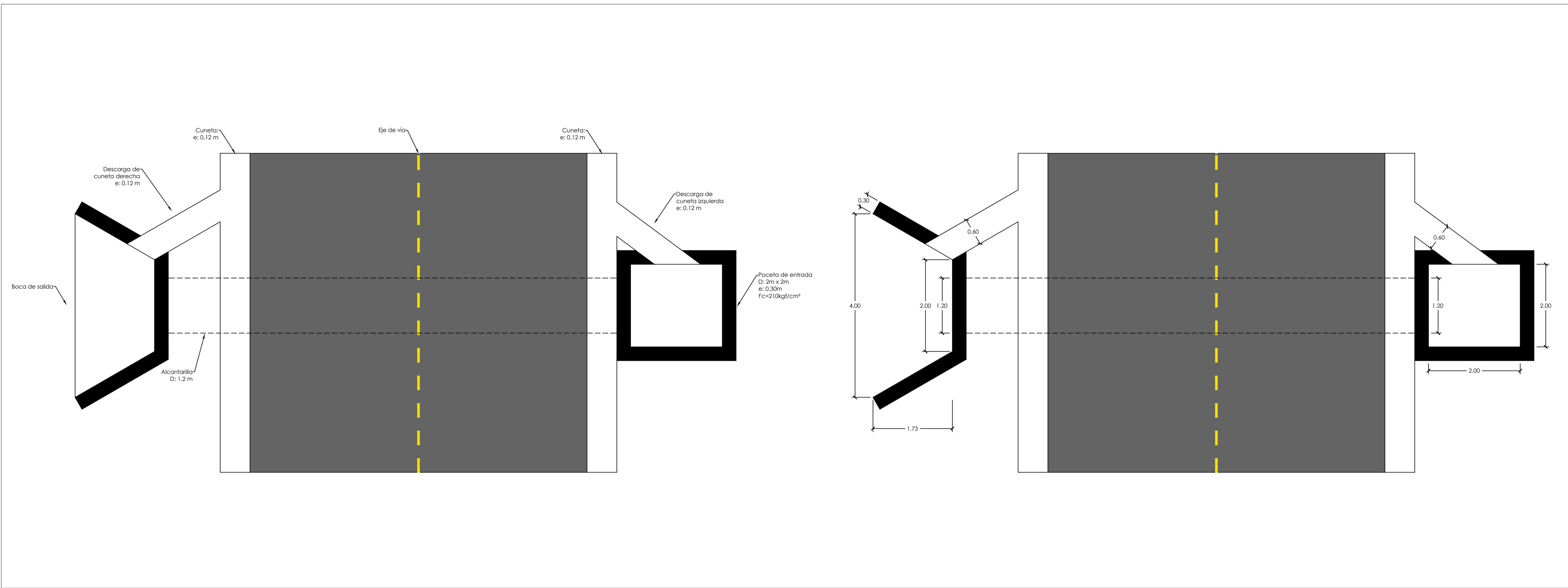
Realizado por: Edwin Fabricio Gutama Gutama

Fecha: Diciembre - 2023

Lámina: 1/1

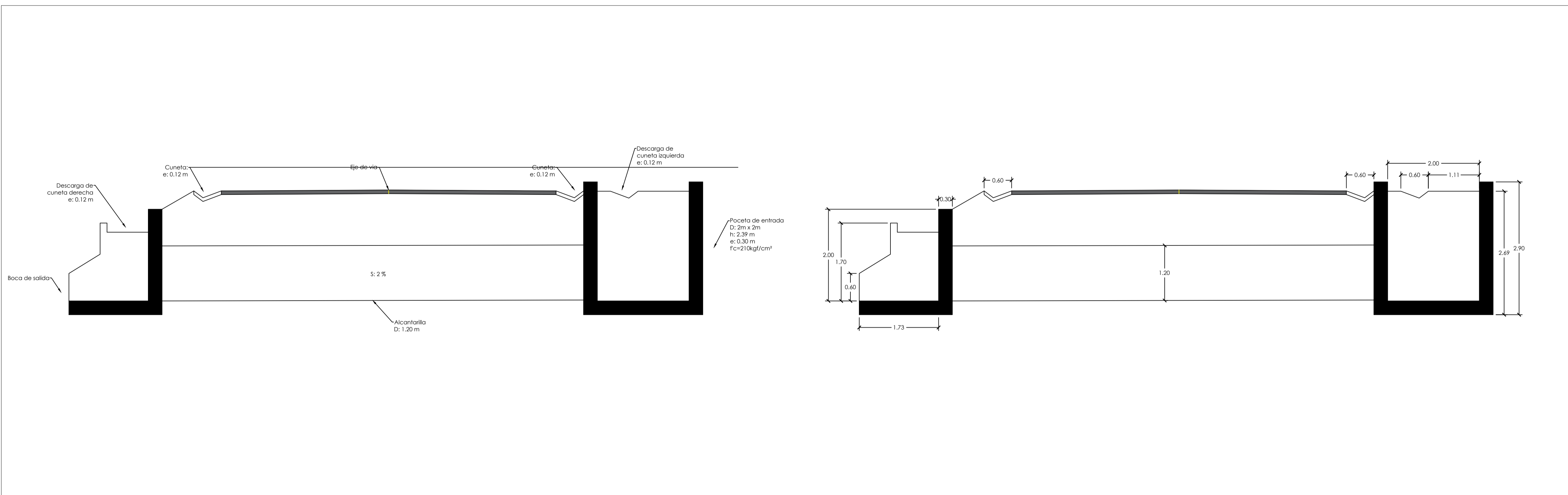
VISTA EN PLANTA

Esc. 1:50



VISTA EN PERFIL

Esc. 1:50



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto: Diseño Geométrico de la vía VALLE - SAN PEDRO, Parroquia El Valle, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay.

Ubicación: Parroquia El Valle, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay.

Contenido: Estructura de Poceta, Cabezal y Muros de ala, de entrada y Salida.
Cuneta 1(0+178.54)
Cuneta 3(0+643.83)

Realizado por:
Edwin Fabricio Gutama Gutama

Fecha: Diciembre - 2023

Lámina: 1/3

Especificaciones Técnicas:

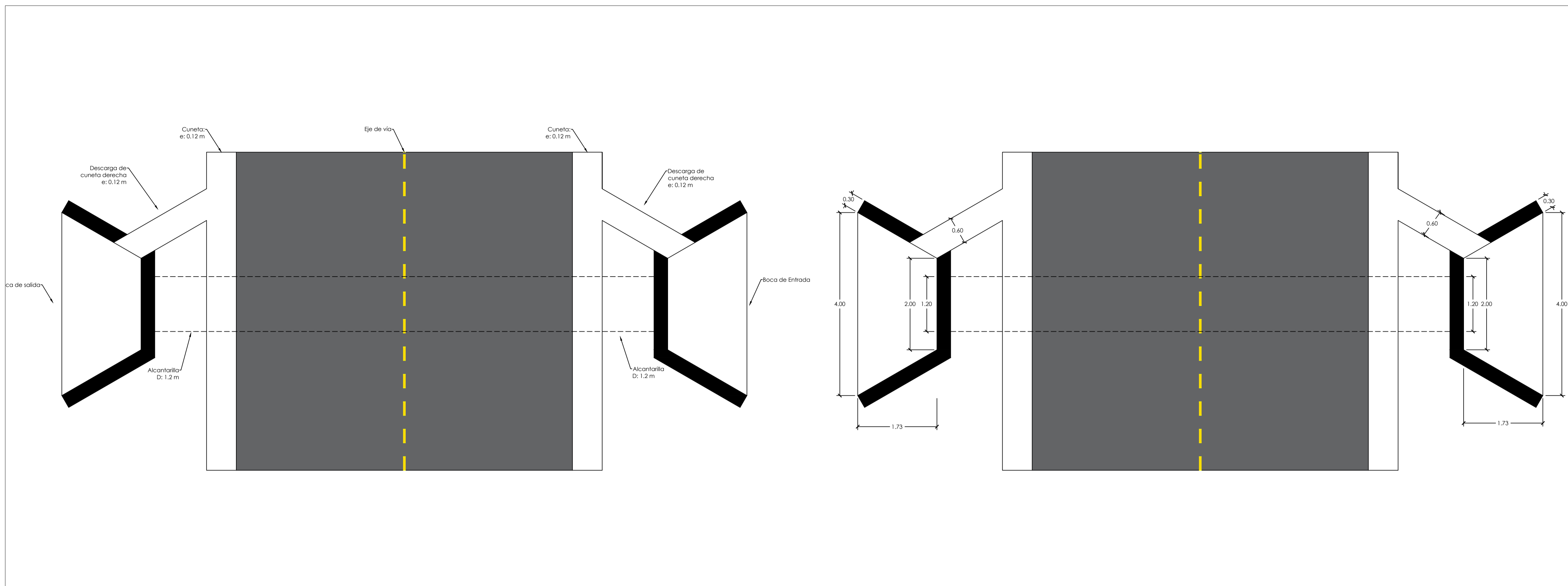
Hormigon $F_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$

ALCANTARILLAS PVC

Abscisa	Diametro (mm)	Pendiente transv. (%)
0+178.54	1200	2%
0+470.85	1200	2%
0+643.83	1200	2%
0+855.98	1200	2%
1+172.92	1200	2%
1+340.15	1200	2%

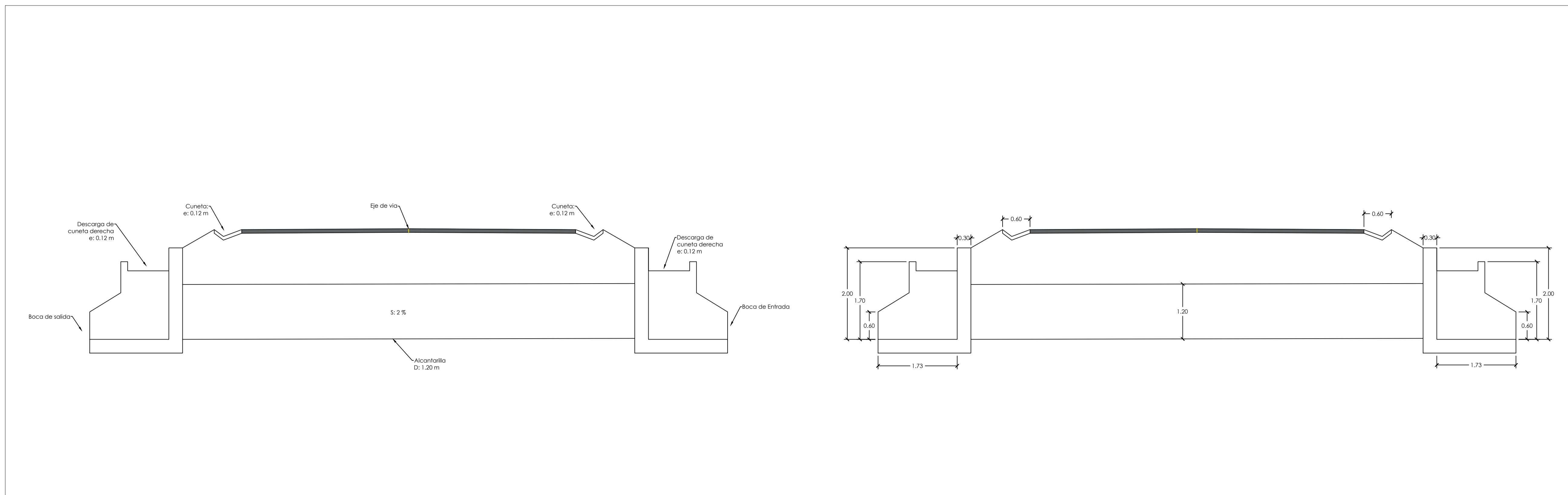
VISTA EN PLANTA

Esc. 1:50



VISTA EN PERFIL

Esc. 1:50



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto: Diseño Geométrico de la vía VALLE - SAN PEDRO, Parroquia El Valle, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay.

Ubicación: Parroquia El Valle, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay.

Contenido: Estructura Cabezal y Muros de ala, de entrada y Salida.
Cuneta 2(0+470.85)
Cuneta 4(0+855.98)

Realizado por:
Edwin Fabricio Gutama Gutama

Fecha: Diciembre - 2023

Lámina: 2/3

Especificaciones Técnicas:

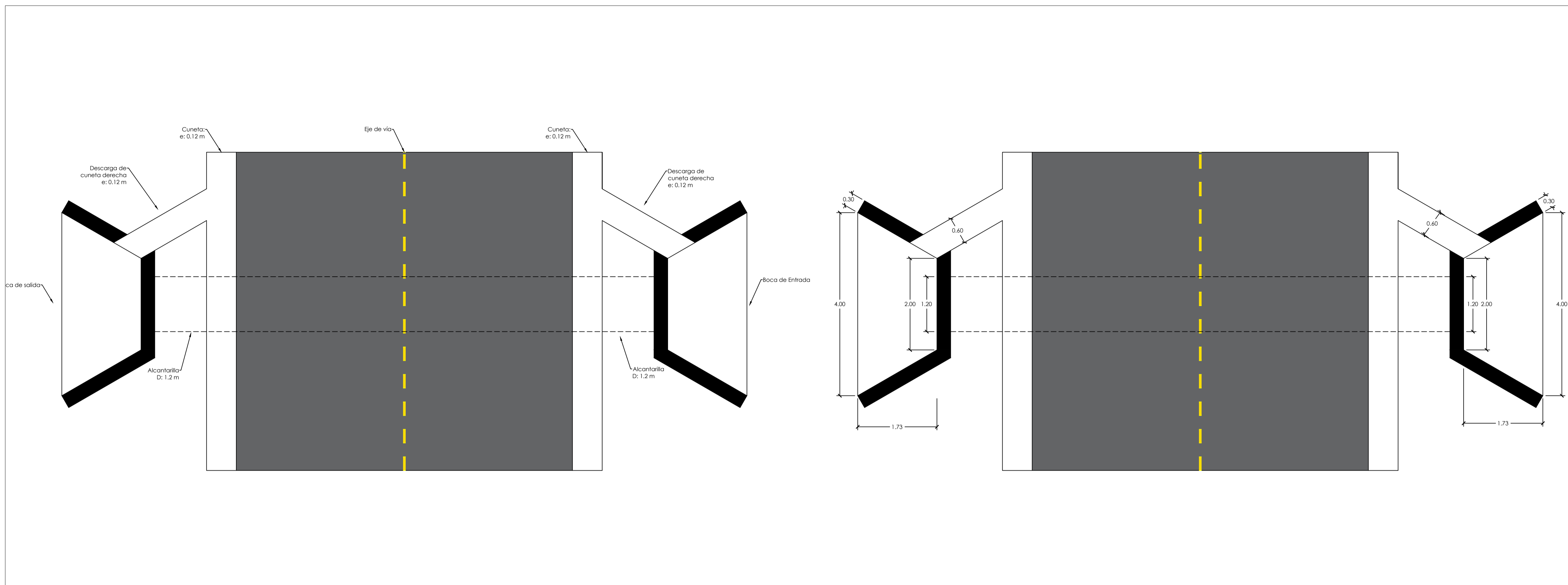
Hormigon F'c = 210 kgf/cm²

ALCANTARILLAS PVC

Abscisa	Diametro (mm)	Pendiente transv. (%)
0+178.54	1200	2%
0+470.85	1200	2%
0+643.83	1200	2%
0+855.98	1200	2%
1+172.92	1200	2%
1+340.15	1200	2%

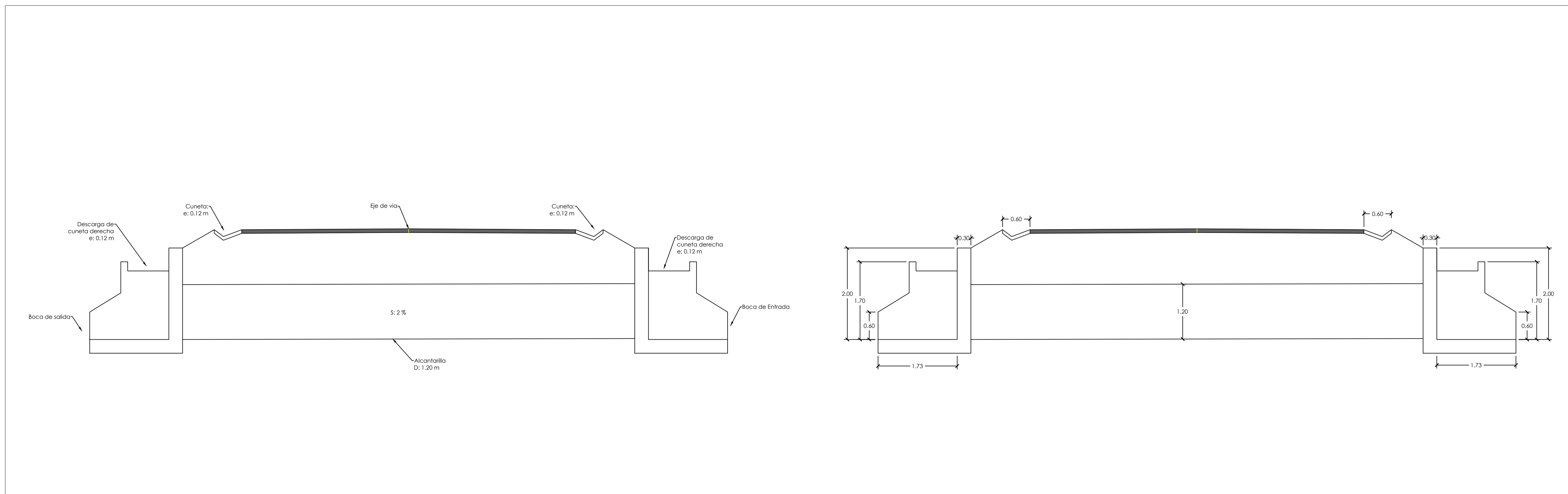
VISTA EN PLANTA

Esc. 1:50



VISTA EN PERFIL

Esc. 1:50



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto: Diseño Geométrico de la vía VALLE - SAN PEDRO, Parroquia El Valle, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay.

Ubicación: Parroquia El Valle, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay.

Contenido: Estructura Cabezal y Muros de ala, de entrada y Salida.
Cuneta 5(1+172.92)
Cuneta 6(1+340.15)

Realizado por:
Edwin Fabricio Gutama Gutama

Fecha: Diciembre - 2023

Lámina: 3/3

Especificaciones Técnicas:

Hormigon F_c = 210 kgf/cm²

ALCANTARILLAS PVC

Abscisa	Diametro (mm)	Pendiente transv. (%)
0+178.54	1200	2%
0+470.85	1200	2%
0+643.83	1200	2%
0+855.98	1200	2%
1+172.92	1200	2%
1+340.15	1200	2%

Proyecto: Diseño Geométrico de la vía
VALLE - SAN PEDRO, Parroquia El Valle,
Cantón Cuenca, Provincia del Azuay.

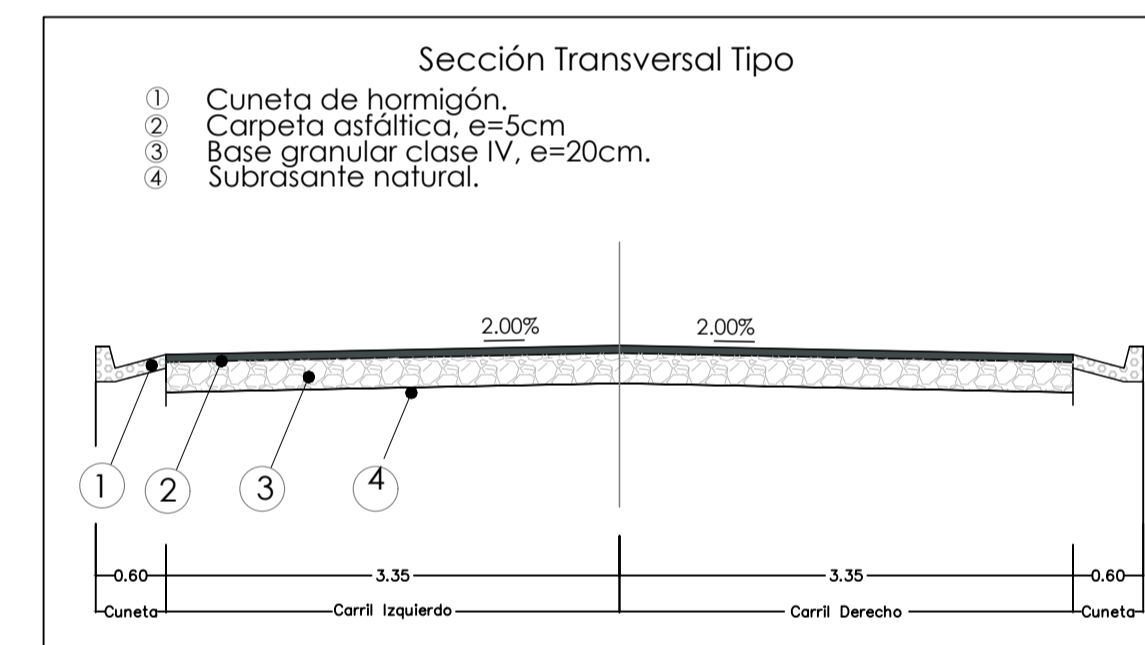
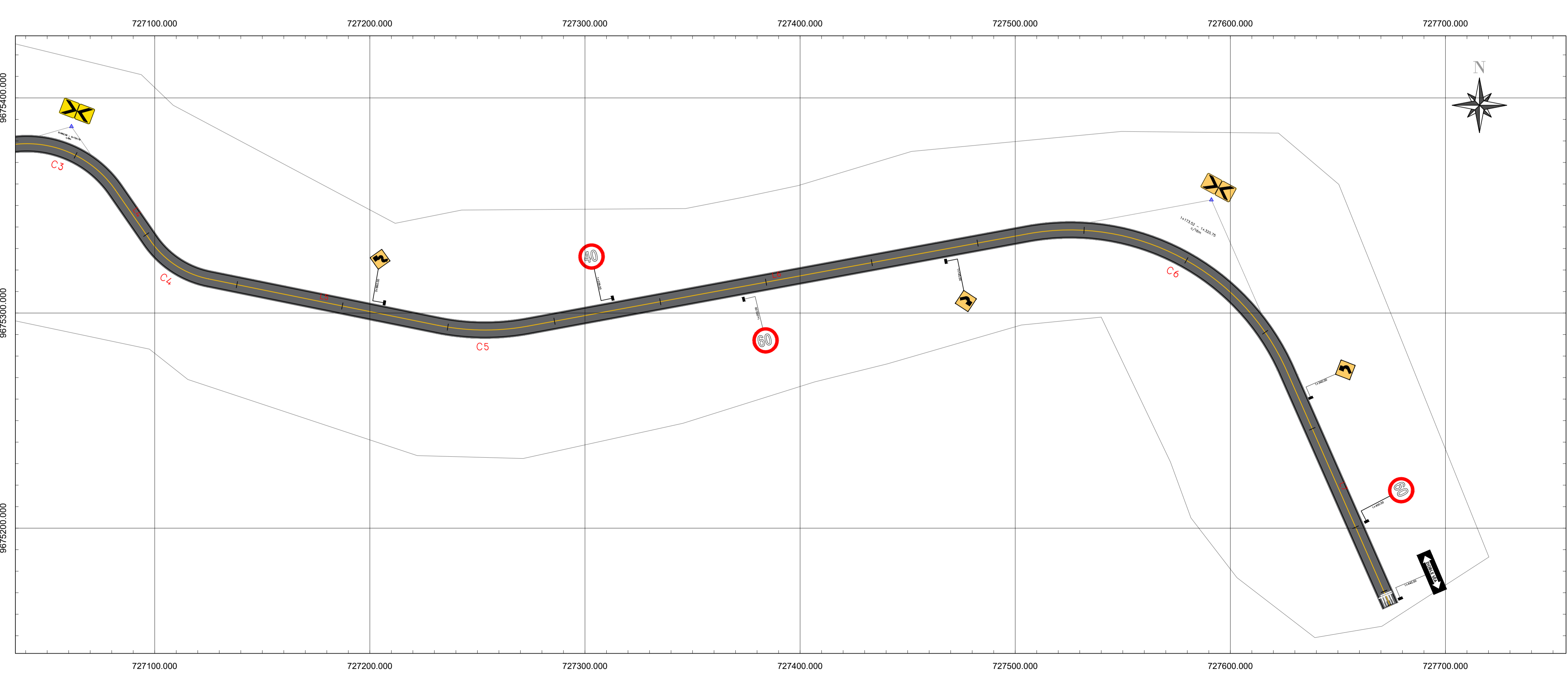
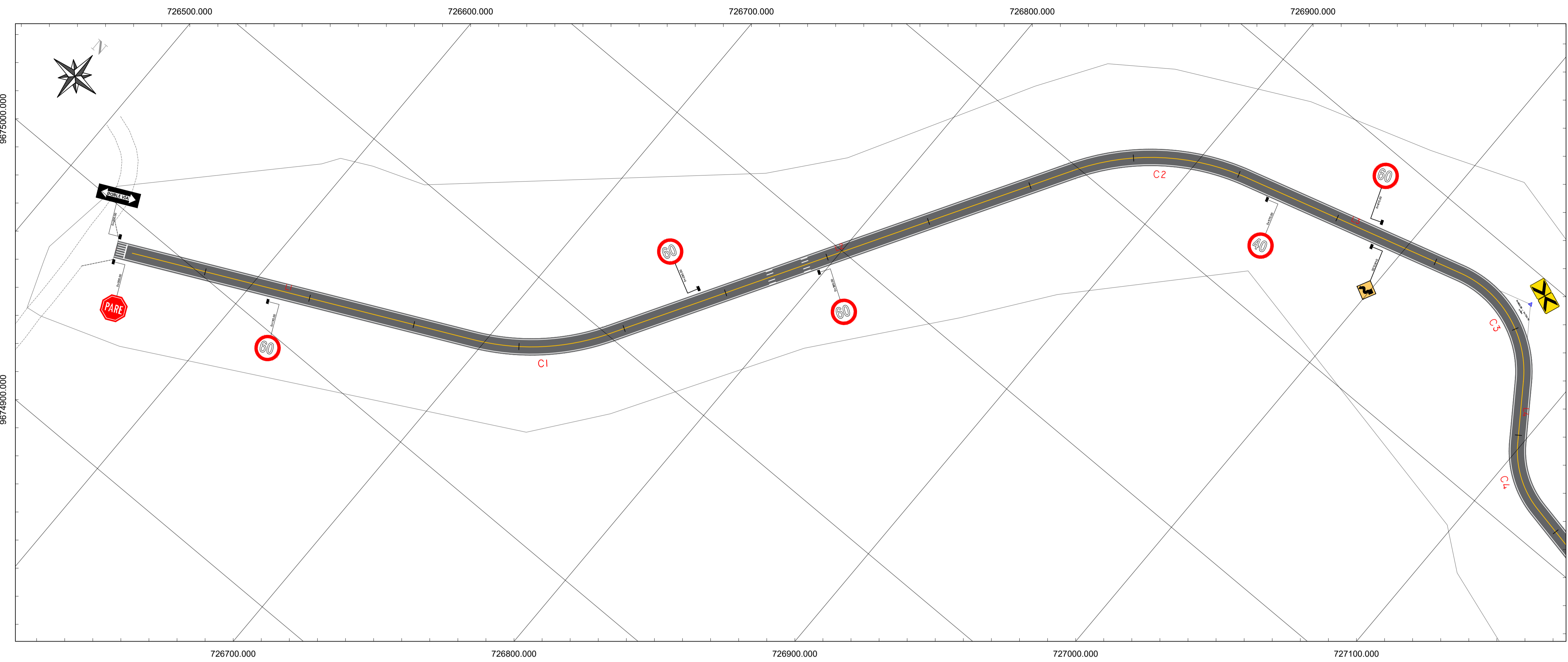
Ubicación: Parroquia El Valle, Cantón
Cuenca, Provincia del Azuay.

Contenido: Señalización Horizontal y
Vertical Km 0+000.00 - 01+440.00 Km

Realizado por:
Edwin Fabricio Gutama Gutama

Fecha: Diciembre - 2023

Lámina: 1/1



Especificaciones Técnicas:		
Hormigon F'c = 210 kgf/cm ²		
ALCANTARILLAS PVC		
Abscisa	Diametro (mm)	Pendiente transv. (%)
0+178.54	1200	2%
0+470.85	1200	2%
0+643.83	1200	2%
0+855.98	1200	2%
1+172.92	1200	2%
1+340.15	1200	2%