



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO DE LA VÍA SAN
CRISTOBAL - MALIMA DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 2+900 KM,
PERTENECIENTE AL CANTÓN PAUTE PROVINCIA DEL AZUAY**

Trabajo de titulación previo la obtención del
título de Ingeniero Civil

AUTORES: JOSÉ LUIS BARRERA PERALTA

MANUEL ISRAEL LUPERCIO MÉNDEZ

TUTOR: ING. IVÁN ALEJANDRO MEJÍA REGALADO, MSc.

Cuenca - Ecuador

2024

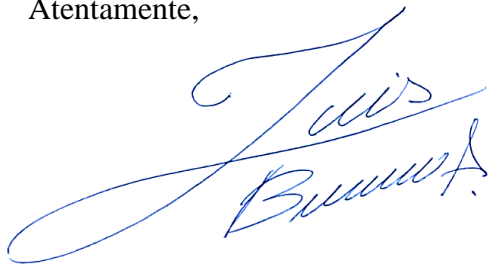
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, José Luis Barrera Peralta con documento de identificación N° 0302677844 y Manuel Israel Lupercio Méndez con documento de identificación N° 0104887088; manifestamos que:

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

Cuenca, 22 de enero del 2024

Atentamente,



José Luis Barrera Peralta

0302677844



Manuel Israel Lupercio Méndez

0104887088

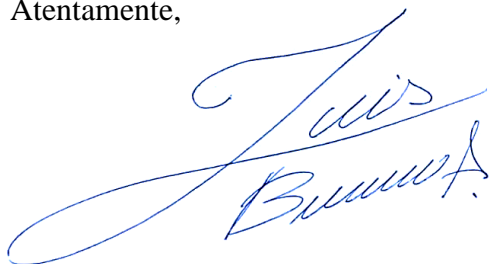
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, José Luis Barrera Peralta con documento de identificación N° 0302677844 y Manuel Israel Lupercio Méndez con documento de identificación N° 0104887088, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto investigativo: “Diseño geométrico y estructural de pavimento de la vía san Cristóbal - Malima de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 2+900 km, perteneciente al cantón Paute provincia del Azuay”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Cuenca, 22 de enero del 2024

Atentamente,



José Luis Barrera Peralta

0302677844



Manuel Israel Lupercio Méndez

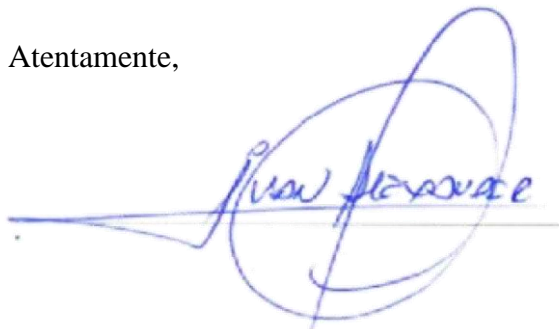
0104887088

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Iván Alejandro Mejía Regalado con documento de identificación N° 0101883841, docente de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO DE LA VÍA SAN CRISTOBAL - MALIMA DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 2+900 KM, PERTENECIENTE AL CANTÓN PAUTE PROVINCIA DEL AZUAY, realizado por José Luis Barrera Peralta con documento de identificación N° 0302677844 y por Manuel Israel Lupercio Méndez con documento de identificación N° 0104887088, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto investigativo que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 22 de enero del 2024

Atentamente,



Ing. Iván Alejandro Mejía Regalado, MSc.

0101883841

DEDICATORIA

José Luis

El presente trabajo de titulación está dedicado a Dios por permitirme alcanzar y llegar a la recta final de mi vida universitaria y porque siempre me ha brindado su sabiduría y amor para cada día convencerme que “El tiempo de los milagros no ha pasado”.

Dedico de manera especial a mi madre Rosa Peralta que siempre me brindó su apoyo y amor incondicional en cada adversidad y que, además, fue, es y seguirá siendo mi guía de vida por ser una madre luchadora y que nunca se da por vencida, de todo corazón agradezco a Dios por premiarme con una madre como tú, gracias por todo tu esfuerzo y dedicación que has puesto en mí, sé que todo lo que he logrado ha sido porque tu has estado a mi lado y has sido mi mayor fan. ¡Te quiero mucho Rossy!

A mi hermano Iván que me ha acompañado durante esta vida universitaria y por tus mensajes de aliento que me motivaban a seguir adelante y a no rendirme, gracias a ti pude ser una persona más disciplinada y perseverante.

A mis amigos Israel, Pablo, Salomé y Elinor que siempre han estado presentes en cualquier circunstancia siendo mis cómplices durante estos cuatro años de vida académica, saben que los considero como mis hermanos y espero verlos triunfando siempre como colegas ingenieros.

A mi compañero de tesis Israel Lupercio por su arduo trabajo y colaboración en la realización de este proyecto.

Finalmente, el trabajo de titulación también es dedicado para mi tutor de tesis, Ing. Iván Mejía, cuya guía y conocimiento han sido esenciales para mi formación universitaria.

Manuel Israel

Este proyecto va dedicado a mis padres Manuel Lupercio e Isabel Méndez, quienes han sido mi ejemplo a seguir, además de ser mi sustento para llevar a cabo este logro en mi vida. Este logro es tanto mío como de ustedes, gracias por formarme como una persona llena de valores como la perseverancia, respeto, humildad y honestidad, por lo cual estoy eternamente agradecido a Dios de tenerlos.

A mis hermanos María del Cisne y Matías Lupercio quienes son mi motor para no rendirme y poder ser un ejemplo a seguir.

A todas las personas que han estado durante mi vida y me han brindado su cariño y ánimos para seguir adelante, a mis abuelos Cornelio Méndez y Raquel Méndez, a mis mejores amigos Kevin Palma, Camila Astudillo, José Luis Barrera, Pablo Avilés, Salome Dutan y Elinor Flores.

Finalmente, pero no menos importante a mis primos Mauricio y Fernando Uday, Maicol Yuqui, Kevin Nieves, Ariel Lupercio, Wilson Puji, John Lupercio, Ismael Cabrera y Mateo Uruchima por siempre apoyarme y creer en mí.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi papá Dios por permitirme culminar esta etapa, pues su presencia en mi vida me ha permitido salir adelante y levantarme en cada dificultad que debía afrontar.

A mi madre Rosa Peralta por su amor y sacrificio constante que me ha dedicado desde mi niñez. Eres el motor y motivo para superarme en mi vida y es que gracias a ti pude contar con los recursos, seguridad y confianza necesarios para alcanzar esta meta académica.

A mi hermano Iván por acompañarme en este trayecto universitario. Tu apoyo e inspiración han sido esenciales para superar los desafíos que se han presentado en esta travesía.

A mis amigos Israel, Pablo, Salome y Elinor, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, estrés, penas y alegrías durante estos cuatro años de mi carrera, haciendo que cada momento vivido a su lado dentro y fuera de la universidad sea único y quede impregnado con una huella imborrable en mi corazón, pues su amistad ha constituido un pilar fundamental en mi formación universitaria.

A mi compañero de tesis Israel Lupercio, su carisma, ayuda y excelente disposición para el trabajo en equipo han sido fundamentales para la realización y éxito de este proyecto de titulación.

Por último, agradezco a mi tutor de tesis, Ing. Iván Mejía pues su experticia, apoyo, compañía y paciencia permitieron la orientación del proyecto, alcanzar los objetivos planteados y tener un trabajo investigativo riguroso. Esta tesis no sería la que es sin sus recomendaciones.

José Luis Barrera Peralta

Primero agradezco a Dios por tener la familia que tengo, gracias a mi madre por estar siempre pendiente de mí y darme su incondicional cariño, siempre tendrás el primer lugar en mi corazón. A mi padre agradezco su confianza y apoyo constante en cada etapa de mi vida. Gracias por esforzarse tanto por mí, esta meta es tanto de mi como de ustedes.

Agradezco a mis hermanos y abuelos que son pilares en mi vida, con su compañía y apoyo incondicional.

Agradezco a mi mejor amigo Kevin Palma por todos sus años de amistad, por estar conmigo en las buenas y en las malas, por apoyarme y lo más importante por ser sincero y decirme cuando no estoy haciendo las cosas bien, eres y serás un como un hermano para mí.

Agradezco a mi mejor amiga y a mis primos, ya que los considero como mis hermanos mayores que me han guiado, escuchado y aconsejado en bastantes cosas de la vida, son mi soporte cuando las cosas no van bien con su alegría y amistad.

Agradezco a mi compañero de tesis José Luis Barrera que durante todo este proyecto y trayectoria universitaria me brindo su ayuda, apoyo y confianza, gracias por tu amistad sincera y valiosa.

Finalmente agradezco a mi tutor de tesis Iván Mejía por darme la oportunidad de realizar este proyecto, por solventar mis dudas y brindarme incondicional apoyo. La calidad y objetivos por cumplir no se hubieran logrado sin su presencia.

Manuel Israel Lupercio Méndez

CONTENIDO GENERAL

CAPITULO I: GENRALIDADES	1
1.1. RESUMEN.....	1
1.2. GLOSARIO	3
1.3. INTRODUCCION	4
1.4. PROBLEMA DE ESTUDIO	5
1.5. ANTECEDENTES	5
1.6. JUSTIFICACIÓN	6
1.7. OBJETIVOS.....	7
1.7.1. Objetivo general.....	7
1.7.2. Objetivos específicos	7
1.8. ESTADO DEL ARTE.....	8
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	9
2.1. Levantamiento topográfico	9
2.2. Estudio del tráfico	10
2.3. Cálculo de los CBRs.....	12
2.4. Diseño Geométrico	12
2.4.1. El Terreno.....	12
2.4.2. Volumen del tránsito.....	15
2.4.3. Diseño Geométrico Horizontal.....	17
2.4.4. Diseño Geométrico Vertical	24
2.5. Estudio de suelo.....	28
2.5.1. Granulometría.....	28
2.5.2. Límites de Atterberg.....	29
2.6. Cálculo de los ESALs.....	29
2.7. Clasificación de vía	30
2.7.1. Según el volumen de tráfico	30
2.7.2. Según la importancia en la red vial	31
2.7.3. Según las condiciones orográficas.....	31
2.7.4. Según el número de calzadas.....	31
2.7.5. Según la superficie de rodamiento.....	31
2.8. Velocidad de diseño.....	32
2.9. Composición del tránsito.....	33

2.10. Diseño de pavimentos (AASTHO).....	34
2.10.1. Pavimento flexible.....	35
2.11. Sistema de drenaje vial.....	39
2.11.1. Coeficiente de escorrentía	39
2.11.2. Intensidad de lluvia.....	39
2.11.3. Sección de canal.....	40
CAPITULO III: ÁREA DE ESTUDIO.....	42
3.1. Descripción del área de estudio.....	42
3.2. Ubicación geográfica.....	42
CAPITULO IV: METODOLOGIA	43
4.2. Trabajo de campo	43
4.2.1. Levantamiento topográfico	43
4.2.2. Ubicación de las estaciones.....	44
4.3. Trabajo de oficina	44
4.3.1. Transferencia de datos.....	44
4.3.2. Procesamiento y análisis de datos.....	44
4.3.3. Generación de mapas topográficos.....	45
4.4. Estudio y proyección de tráfico.....	45
4.4.1. Volumen de tráfico actual y futuro	45
4.4.2. Cálculo Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)	46
4.4.3. Cálculo factor horario	47
4.4.4. Cálculo factor diario	47
4.4.5. Cálculo factor semanal	47
4.4.6. Cálculo factor mensual	48
4.4.7. Cálculo de Tráfico promedio diario anual (TPDA)	48
4.4.8. Proyección de tráfico	49
4.4.9. Cálculo del número de ejes Equivalentes ESAL's	53
4.5. Estudio de suelos	55
4.5. Diseño Geométrico.....	56
4.6.1. Velocidad de diseño.....	56
4.6.2. Velocidad de Circulación.....	56
4.6.3. Diseño Horizontal.....	56
4.6.4. Diseño Vertical	57

4.6. Diseño Estructural	58
4.7.1. Diseño de pavimento flexible AASHTO 93	58
4.8. Drenaje	65
4.8.1. Espesores de las capas del pavimento flexible	66
4.9. Diseño de cunetas	70
4.9.1. Coeficiente de escorrentía	70
4.9.2. Intensidad de lluvia	70
4.9.3. Velocidad máxima y mínima	71
4.9.4. Coeficiente de rugosidad de Manning	71
4.9.5. Relaciones geométricas para parámetros hidráulicos	72
4.10. Evaluación de alcantarillado	75
4.10.1. Caudal de diseño	75
4.10.2. Estado de alcantarillas	80
4.10.3. Evaluación de las alcantarillas	81
4.10.4. Estructura de entrada y salida	83
4.11. Presupuesto	84
CONCLUSIONES	86
RECOMENDACIONES	87
BIBLIOGRAFÍA	88
ANEXOS	90

CONTENIDO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.	Elementos geométricos de una curva circular simple	17
Ilustración 2.	Elementos geométricos de una curva circular compuesta.....	20
Ilustración 3.	Estabilidad del vehículo en una curva.....	21
Ilustración 4.	Curva vertical convexa Tipo I.....	26
Ilustración 5.	Curva vertical convexa Tipo II	26
Ilustración 6.	Curva vertical convexa Tipo III	26
Ilustración 7.	Curva vertical cóncava Tipo I.....	27
Ilustración 8.	Curva vertical cóncava Tipo II.....	28
Ilustración 9.	Curva vertical convexa Tipo III	28
Ilustración 10.	Velocidades de diseño.....	32
Ilustración 11.	Clasificación de vehículos.....	34
Ilustración 12.	Intensidad - Duración - Frecuencia de la estación Paute	39
Ilustración 13.	Intensidad de precipitación en relación al periodo de retorno y tiempo de concentración.	40
Ilustración 14.	Sección de cuneta triangular	41
Ilustración 15.	Vía San Cristóbal – Malima desde la abscisa 0+00 hasta la abscisa 2+90 km	43
Ilustración 16.	Ubicación de la estación base	44
Ilustración 17.	Plantilla de Excel para el conteo vehicular por categoría de vehículos cada 15 minutos.	46
Ilustración 18.	Proyección de la tasa de saturación.....	51
Ilustración 19.	Tasa de saturación.....	51
Ilustración 20.	Categorización de volumen de tráfico.....	53
Ilustración 21.	Calculo SN de la subrasante.....	63
Ilustración 22.	Coefficiente de rugosidad de Manning.....	71
Ilustración 23.	Cuencas hidrográficas para alcantarillas 1-4.....	75
Ilustración 24.	Cuencas hidrográficas para alcantarillas 5-8.....	76
Ilustración 25.	Características de entrada de la alcantarilla	81
Ilustración 26.	Características de salida de la alcantarilla.....	81
Ilustración 27.	Fotografías de alcantarillas en campo	84
Ilustración 28.	Estructura Cabezal - Cabezal	84

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1.	Distancia de visibilidad para rebasamiento.....	24
Tabla 2.	Clasificación funcional de las vías en base al TPDA.....	30
Tabla 3.	Denominación de vías por la orografía del terreno.....	31
Tabla 4.	Pendientes máximas según la velocidad de diseño.....	33
Tabla 5.	Velocidades máximas admisibles en cunetas y canales revestidos.....	42
Tabla 6.	Recopilación de datos de vehículos en la vía San Cristóbal – Malima.....	46
Tabla 7.	Consumo de combustibles Provincia del Azuay 2022.....	48
Tabla 8.	Resumen de tráfico observado en el día con mayor tráfico.....	49
Tabla 9.	Resumen de tráfico con el factor TPDA.....	49
Tabla 10.	Resultados para determinar el valor de la tasa de saturación.....	50
Tabla 11.	Tasa de crecimiento vehicular 2023 - 2024.....	52
Tabla 12.	Tasa de crecimiento vehicular 2024 - 2044.....	52
Tabla 13.	TPDA proyectado a 20 años.....	52
Tabla 14.	Factores de equivalencia de carga por tipo de vehículo.....	54
Tabla 15.	Número de ejes equivalentes.....	54
Tabla 16.	Resumen velocidades, peralte y radios.....	56
Tabla 17.	Nivel de confiabilidad, R (%).....	58
Tabla 18.	Nivel desviación normal estándar, Zr.....	58
Tabla 19.	Error normal combinado, So.....	60
Tabla 20.	Nivel serviciabilidad inicial, Po.....	60
Tabla 21.	Nivel serviciabilidad final, Pt.....	60
Tabla 22.	Ecuaciones para determinar el Módulo Resiliente (MR).....	61
Tabla 23.	Resultados modulo resiliente y coeficiente estructural de la sub base.....	64
Tabla 24.	Resultados modulo resiliente y coeficiente estructural de la base.....	64
Tabla 25.	Resultados modulo resiliente y coeficiente estructural de la mezcla asfáltica.....	64
Tabla 26.	Calidad de drenaje para remoción de agua.....	65
Tabla 27.	Valores del coeficiente de drenaje (mi).....	65
Tabla 28.	Resumen números estructurales (SN) para cada capa estructural.....	66
Tabla 29.	Espesores mínimos de capas estructurales.....	66
Tabla 30.	Cálculo de espesores para las capas estructurales del pavimento flexible.....	68
Tabla 31.	Corrección y cálculo de espesores.....	68
Tabla 32.	Cálculo del número estructural (SN) para los dos porcentajes de CBR.....	69

Tabla 33.	Espesores estructurales de pavimento.....	70
Tabla 34.	Velocidades del agua con que se erosionan diferentes materiales	71
Tabla 35.	Datos de alcantarillas con sus cuencas hidrográficas.....	76
Tabla 36.	Periodo de retorno según la importancia de la obra.....	77
Tabla 37.	Coefficiente de escorrentía C	79
Tabla 38.	Caudal de diseño para alcantarillas	80
Tabla 39.	Evaluación de alcantarillas.....	83

CONTENIDO DE ANEXOS

ANEXO A.	91
ANEXO B.	93
ANEXO C.	97
ANEXO D.	99
ANEXO E.	100
ANEXO F.	100
ANEXO G.	101
ANEXO H.	102

TEMA

DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO DE LA VÍA SAN CRISTÓBAL -MALIMA DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 2+900 KM, PERTENECIENTE AL CANTÓN PAUTE PROVINCIA DEL AZUAY

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1.RESUMEN

Las vías de las parroquias rurales en el Ecuador han sufrido embates durante los últimos años debido a la falta de mantenimiento y por no contar con las calzadas adecuadas para la movilidad de los vehículos. Es así que, la vía San Cristóbal – Malima ha padecido problemas relacionados con la infraestructura vial que genera incomodidad a los moradores al momento de transportarse debido a la presencia de baches y el levantamiento excesivo de polvo en la carretera al tener únicamente una capa de rodadura de tierra y lastre.

Por lo tanto, el presente proyecto investigativo previo a obtener el título de Ingeniero Civil, tiene como enfoque el DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO DE LA VÍA SAN CRISTOBAL – MALIMA DE LAS ABSCISAS 0+000 HASTA LA ABSCISA 2+900 KM, PERTENECIENTE AL CANTÓN PAUTE PROVINCIA DEL AZUAY, con la finalidad de brindar a la comunidad de San Cristóbal, una vía necesaria y con buenas condiciones de movilidad y transporte.

De esta manera, se efectuó el diseño geométrico horizontal y vertical de la vía junto con su diseño estructural, tomando como base la normativa del MTOP 2003 y ASSHTO 93.

Finalmente, se obtuvo que el tramo vial San Cristóbal – Malima, cuya longitud es de 2.9 km contó con un presupuesto de \$ 1 250 032.69 con un volumen de tráfico actual de 320 vehículos y un volumen de tráfico futuro de 368 vehículos, determinando que tiene una clasificación funcional C3 con una calzada de 6 metros con dos carriles de 3 metros cada uno, cuyos espesores de la carpeta asfáltica, base granular y sub base fueron de 3in, 6in y 6in, respectivamente. Además, el diseño geométrico de la vía se realizó con una velocidad de 40 km/h y pendientes longitudinales máximas del 12 % que se adecuan al terreno montañoso del sector. Cabe mencionar que la capacidad portante del suelo del tramo vial de estudio fue del 1.9% según el ensayo CBR ejecutado, lo que implicó que se reemplace el material de la subrasante natural con un material de mejoramiento de 55cm de espesor.

Palabras clave: Diseño geométrico y estructural, Transporte, Infraestructura vial, MTOP 2003 y ASSHTO 93.

1.1.1. ABSTRACT

The roads of rural parishes in Ecuador have suffered attacks in recent years due to lack of maintenance and not having adequate roads for vehicle mobility. Thus, the San Cristóbal – Malima road has suffered problems related to the road infrastructure that causes discomfort to residents when traveling due to the presence of potholes and excessive dust raising on the road as it only has one tread layer. of earth and ballast.

Therefore, this research project prior to obtaining the title of Civil Engineer, focuses on the GEOMETRIC AND STRUCTURAL DESIGN OF THE PAVEMENT OF THE SAN CRISTOBAL – MALIMA ROAD FROM LAS ABSCISAS 0+000 TO ABSCISAS 2+900 KM, BELONGING TO THE CANTON PAUTE PROVINCE OF AZUAY, with the purpose

of providing the community of San Cristóbal, a necessary route with good mobility and transportation conditions.

In this way, the horizontal and vertical geometric design of the road was carried out along with its structural design, based on the MTOP 2003 and ASSHTO 93 regulations.

Finally, it was obtained that the San Cristóbal – Malima road section, whose length is 2.9 km, had a budget of \$1,250,032.69 with a current traffic volume of 320 vehicles and a future traffic volume of 368 vehicles, determining that it has a C3 functional classification with a 6-meter road with two lanes of 3 meters each, whose thicknesses of the asphalt layer, granular base and sub-base were 3in, 6in and 6in, respectively. In addition, the geometric design of the road was carried out with a speed of 40 km/h and maximum longitudinal slopes of 12%, which are adapted to the mountainous terrain of the sector. It is worth mentioning that the bearing capacity of the soil of the road section under study was 1.9% according to the CBR test carried out, which implied replacing the natural subgrade material with a 55cm thick improvement material.

Keywords: Geometric and structural design, Transportation, Road Infrastructure, MTOP 2003 and ASSHTO 93.

1.2.GLOSARIO

Calle: Vía destinada a la circulación de los peatones y vehículos.

Fh: Factor horario

Fd: Factor diario

Fs: Factor semanal

Fm: Factor mensual

TPDA: Tráfico Promedio Diario Anual

To: Tráfico inicial en un período de tiempo.

Tránsito: Circulación de peatones y/o vehículos por vías de uso público.

Vía: Calle, camino u otro lugar destinado al tránsito.

Vehículo: Medio de transporte que se utiliza para el traslado de personas por una vía.

Velocidad de diseño: Diseño de una vía, que corresponde a la máxima velocidad a la que un vehículo puede circular con seguridad en condiciones de flujo libre.

RTK: Real Time Kinematic o navegación cinética satelital en tiempo real.

ESALS: Equivalent Simple Axial Load (ESAL) o también conocido como Carga Axial Simple Equivalente.

Calzada: Parte de una vía dispuesta a la circulación de vehículos.

1.3.INTRODUCCION

Las vías son elementos indispensables para el desarrollo y progreso de cualquier sociedad, puesto que se han permitido fortalecer el comercio interno y externo de productos mediante un transporte ágil, seguro y eficiente que conecte e integre a los diferentes sectores del país. Por tal motivo, el presente proyecto investigativo titulado DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO DE LA VÍA SAN CRISTOBAL – MALIMA DE LAS ABSCISAS 0+000 HASTA LA ABSCISA 2+900 KM, PERTENECIENTE AL CANTÓN PAUTE PROVINCIA DEL AZUAY tiene como finalidad realizar el diseño vial de tramo San Cristóbal – Malima para mejorar la movilidad de los usuarios junto con su economía, beneficiando a las economías locales con el transporte de sus productos agrícolas de una manera ágil y eficiente.

1.4.PROBLEMA DE ESTUDIO

La población perteneciente a la parroquia San Cristóbal, cantón Paute, provincia del Azuay tienen la necesidad de movilizarse de forma rápida, eficaz y segura al sector de Malima que conecta con la ciudad de Paute para trasladar sus productos agrícolas y ganaderos con el objetivo de ejecutar actividades de comercio; sin embargo, la infraestructura vial impide suplir esta necesidad al no contar con una capa superficial pavimentada que provoca incomodidad a los moradores al momento de transportarse, pues la presencia de baches en la calzada genera daños a los vehículos y la falta de una capa asfáltica causa el levantamiento de polvo que repercute en la salud de las personas.

1.5. ANTECEDENTES

A nivel nacional, la provincia del Azuay cuenta con redes viales, cuyo mantenimiento y mejora tiene como responsable a la prefectura del Azuay, cubriendo una extensión vial de 4987.83 km; sin embargo, debido a una notable falta de recursos económicos, existe una extensión de 2697.83 km de carreteras que se encuentran descuidadas y sin mantenimiento, así lo manifiesta el CONGOPE, 2017. Pese a esta situación, la Prefectura del Azuay ha invertido \$41'292.587,85 para el mantenimiento y mejoramiento vial durante los últimos tres años (Prefectura del Azuay, 2023).

Así, dentro de la provincia del Azuay se localiza la parroquia San Cristóbal perteneciente al cantón Paute que, según su PDOT del año 2015, posee una población de 2819 habitantes, cuya principal actividad económica es la agricultura y la ganadería, la misma se da por que la mayor parte de su territorio cuenta con características fisiográficas que permiten el cultivo de alimentos generando el desarrollo económico de sus habitantes.

La vía San Cristóbal- Malima cuenta con una longitud de 12 km y es clasificada como una vía alterna de conectividad inter cantonal y provincial, el fondo económico empleado para

su mantenimiento es de aproximadamente \$ 145 000.00 llevado a cabo por el Gobierno Provincial del Azuay según el PDOT de San Cristóbal, 2015; no obstante, debido un bajo presupuesto que tiene la Prefectura del Azuay durante los últimos años, hoy en día, la vía existente se encuentra descuidada, contando con una capa de rodadura constituida principalmente de lastre y tierra, problema que dificulta la movilización segura, ágil y eficaz de los moradores, pues la falta de drenajes en esta vía junto con los deslizamientos generados en épocas de lluvia por la inestabilidad de los taludes llega a provocar que la carretera sea intransitable debido a la presencia de lodo y baches en su superficie.

Frente a esta problemática transportistas y moradores han exigido que se dé atención a la vía San Cristóbal - Malima en múltiples ocasiones con reuniones establecidas con el alcalde del cantón Paute. (Multi Canal, 2021). Además, el levantamiento de polvo dado por el tránsito de los vehículos provoca enfermedades e inseguridad al transitar. Por esto motivos es que, se hace necesario un mejoramiento en la calzada de la vía mediante su pavimentación mediante la ejecución del diseño geométrico y estructural, tomando como base la normativa MTOP 2003.

1.6. JUSTIFICACIÓN

La elaboración de los diseños viales nace de la necesidad económica y social que tienen los moradores de la parroquia San Cristóbal de poder movilizarse de forma rápida, segura y cómoda al sector de Malima que conecta con la ciudad de Paute, para incrementar el desarrollo productivo entre las dos comunidades.

Las malas condiciones de la vía hacen que esta ocasiona imperfecciones en los vehículos, levantamiento de polvo a los moradores que ocasionan enfermedades respiratorias y en tiempos de invierno el agua provoca que la carretera se convierta en lodo ya que su capa superficial es mayormente de tierra y lastre.

Por ende, una alternativa de pavimentación de la vía mejoraría el progreso de la comunidad ya que, al ser una vía más transitable y cómoda, las personas comenzarían a ocuparla y así mejorar el turismo, la actividad económica y que más personas quieran vivir en la comunidad. También beneficiaría al tráfico vehicular ya que existe otra vía principal pavimentada que va desde el sector del Descanso a Paute, ya que, en horas pico, esta tiende a congestionarse demasiado de manera que los conductores se demoran más de lo normal en llegar a su destino.

De esta manera, la pavimentación de la vía San Cristóbal – Malima será una opción para agilizar el tráfico y generar una mayor comodidad para los usuarios al momento de moverse.

Por otra parte, se cuenta con el alcance de las normas nacionales por parte del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) vigentes en el estado ecuatoriano que darán las pautas de cómo ejecutar correctamente la infraestructura. En adición, para la parte del diseño de pavimentos, se implementará las bases de las normas American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO 93) de los Estados Unidos que establece las pautas y protocolos en la construcción de calles, avenidas y autopistas.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. Objetivo general

Realizar el diseño geométrico y estructural de pavimento de la vía San Cristóbal – Malima de las abscisas 0+000 hasta la abscisa 2+900 km, perteneciente al cantón Paute, provincia del Azuay.

1.7.2. Objetivos específicos

- Ejecutar el conteo de tráfico vehicular de la vía San Cristóbal – Malima de las abscisas 0+000 hasta la abscisa 2+900 km, perteneciente al cantón Paute, provincia del Azuay.

- Realizar el levantamiento topográfico de la vía San Cristóbal – Malima de las abscisas 0+000 hasta la abscisa 2+900 km, perteneciente al cantón Paute, provincia del Azuay.
- Evaluar las obras de arte existente en la carretera de la vía San Cristóbal – Malima de las abscisas 0+000 hasta la abscisa 2+900 km, perteneciente al cantón Paute, provincia del Azuay.
- Realizar el estudio de capacidad portante del suelo de la vía San Cristóbal – Malima de las abscisas 0+000 hasta la abscisa 2+900 km, perteneciente al cantón Paute, provincia del Azuay.
- Realizar el diseño geométrico de la vía San Cristóbal – Malima de las abscisas 0+000 hasta la abscisa 2+900 km, perteneciente al cantón Paute, provincia del Azuay.
- Realizar el diseño estructural de la vía San Cristóbal – Malima de las abscisas 0+000 hasta la abscisa 2+900 km, perteneciente al cantón Paute, provincia del Azuay.

1.8.ESTADO DEL ARTE

La reconstrucción de una vía es importante ya que permite garantizar la seguridad, mejorar la eficiencia del transporte, impulsar el desarrollo económico, reducir costos de mantenimiento a largo plazo y mejorar la calidad de vida en una comunidad, así lo manifiesta la tesis de Posgrado METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE VÍAS RURALES, CONSIDERANDO LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES: ESTUDIO CASO VÍA SANTA ROSA –BELLAVISTA – LA AVANZADA DEL CANTÓN SANTA ROSA, PROVINCIA DE EL ORO.” (Cristóbal Leonardo Tène Narváez).

Cabe mencionar que el método más empleado en las vías rurales del Ecuador en cuanto al diseño estructural es el del pavimento del tipo flexible asfáltico debido a la adaptabilidad al terreno que, comúnmente es montañoso, menor cantidad de movimiento de tierras en comparación con el pavimento rígido, tiempo de construcción más rápido y facilidad de

mantenimiento, esta lógica está sustentada por varias investigaciones, destacando las que se presentan a continuación: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CONSTANTINO FERNÁNDEZ-SAN BARTOLOMÉ DE PINLLO; QUEBRADA SHAHUANSHI (Ángel Javier Campos Villafuerte) y DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VIA UZHOC – GRANDA, PARROQUIA JADAN, CANTÓN GUALACEO, PROVINCIA DEL AZUAY (Daniela Noemi Bermeo Barros y Christian Javier Lucero Zhispción).

En adición, es importante tomar como referencia y apoyo varias tesis de grado realizadas en la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica Salesiana, para revisar y analizar los diferentes estudios propuestos por cada uno de los alumnos que realizaron un diseño geométrico y estructural de una determinada vía.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. Levantamiento topográfico

Un levantamiento topográfico se define como un proceso de recopilación de datos sobre la forma y las particularidades de la superficie de la Tierra. Los datos me sirven para la creación de mapas topográficos, trazar terrenos en proyectos de ingeniería y construcción, y para una infinita variedad de índole científica y geoespacial. Consiste en la medición de distancias, ángulos, elevaciones y puntos geográficos precisos en un lugar determinado.

Los métodos y herramientas más comunes utilizados en el levantamiento topográfico son:

- Estación total: Aparato electrónico que utiliza un teodolito y un láser para medir distancias, ángulos verticales y horizontales.

- GPS (Sistema de Posicionamiento Global): Dispositivo electrónico que utilizando señales satelitales permite que mis receptores tomen la ubicación exacta en la superficie de la tierra midiendo sus coordenadas y su elevación sobre el nivel del mar.
- Estereofotogrametría: Consiste en el uso de fotografías e imágenes aéreas estereoscópicas para la creación de mapas topográficos con gran detalle.
- Nivelación: Me sirve para la medición de distancias, elevaciones y diferencias de altura en el terreno.
- LIDAR (Detección y Rango de Luz): Emplea un láser para medir distancias y desarrollar modelos tridimensionales de la capa superficial de la tierra.

Los resultados del levantamiento topográfico son datos exactos que generalmente se utilizan para crear mapas topográficos, modelos digitales de elevación (DEM), trazados en 3D del lugar de estudio y demás productos cartográficos. Son datos imprescindibles en la planificación de obras civiles y de construcción, la navegación y la gestión de recursos naturales entre otras.

2.2. Estudio del tráfico

Se define como el análisis del flujo de vehículos, peatones y los distintos tipos de transporte en un área o vía de tránsito determinada. Este estudio recopila datos sobre los peatones, el volumen de tráfico, la velocidad, la congestión vehicular, los comportamientos de los automotores y demás aspectos que se relacionan con la movilidad en una carretera.

El estudio de tráfico es importante para diversos campos, entre ellos:

- Planificación de transporte: Con la recopilación de datos obtenida, las autoridades y planificadores urbanos pueden gestionar el diseño de vías, nuevas señales de

tránsito, construcción de intersecciones, nuevas paradas, expansión de redes de transporte público y mejorar la movilidad de una ciudad.

- Diseño de carreteras y calles: El estudio de tráfico ayuda en el diseño de carreteras para analizar el tipo de carpeta asfáltica, número de carriles, semaforización y señalización.
- Evaluación de seguridad vial: Se puede analizar zonas con una tasa elevada de accidentes y tomar medidas de seguridad para salvaguardar la salud de automotores.
- Gestión de tráfico: Permite disminuir la congestión vehicular y calibrar los semáforos para una mejor movilidad.
- Estudios de impacto ambiental: Evaluar si los proyectos pueden afectar el entorno y la calidad del aire.

Existen diversas técnicas de recopilar datos del tráfico, las más comunes son:

- Conteo de vehículos: Mayormente se utiliza una cámara para grabar el tráfico, sensores de bucle o por observación presencial en la vía.
- Medición de velocidad: Se realizan con cámaras, sensores o radares que registran la velocidad de cada automotor.
- Encuestas a usuarios de la carretera: Se anotan las necesidades, preferencias y sugerencias de los peatones y conductores que tienen un uso concurrente en la vía.
- Modelado de tráfico: Se utiliza un software para predecir el comportamiento futuro del tráfico.

Los resultados del estudio de tráfico permiten tomar decisiones sobre la planificación y gestión del transporte, y así garantizar comodidad, seguridad y sostenibilidad en las vías.

2.3. Cálculo de los CBRs

Más conocido como el Método del Valor Soporte California (CBR). Este método usa las características de carga – deformación de la subrasante, subbase y base en forma empírica los relaciona con los espesores totales del pavimento, capa de rodadura, base y capas subyacentes. El CBR es la relación existente entre una carga que produce una deformación de 0.1 pulg (2.5 mm) en el material en cuestión y la carga que produce esa misma deformación en una muestra patrón que es un material granular de excelente calidad que se asume como 100%. (AASHTO-93).

Para determinar la capacidad portante del suelo, se realizan ensayos geotécnicos, como el ensayo de penetración estándar (SPT), ensayo de presión de poros o pruebas de placa de carga. Los resultados guían a los ingenieros a diseñar las cimentaciones adecuadas para sostener las estructuras y que estas tengan estabilidad. Así, dentro del diseño vial, estos estudios permitirán conocer si el terreno es apto para soportar las futuras cargas o si se tendrá que emplear materiales de mejoramiento que le aporten resistencia.

2.4. Diseño Geométrico

Para el diseño geométrico se tiene que tener en cuenta los siguientes factores:

2.4.1. El Terreno

2.4.1.1. La Topografía

La topografía es una de las bases de la localización física, de esta depende el alineamiento horizontal, las pendientes, la visibilidad y la sección transversal que tendrá la vía de estudio.

Se puede clasificar en:

- a) Terreno plano: Posee pendientes transversales con valores menores al 5%. Al momento de la construcción de la obra, el movimiento de tierras será muy bajo y no existe gran dificultad en su trazado y explanación, por lo que las pendientes longitudinales de este tipo de terreno serán menores al 3%.
- b) Terreno ondulado: Sus pendientes transversales serán del 6% hasta el 12%. En este terreno existe un monto mayor de movimiento de tierra, pero este no presenta gran dificultad al momento del trazado y en su explanación. Se obtendrán alineamientos lo más rectos posibles, su pendiente longitudinal mayormente va del 3% al 6%.
- c) Terreno montañoso: Se observan pendientes transversales desde el 13% al 40%. En este caso el movimiento de tierra ya es un monto considerable, ya se analiza la posibilidad de puentes para salvar zonas donde la topografía no me permite continuar con la carretera. Existe dificultades en el trazado y su explanación, las pendientes longitudinales van desde el 6% al 8%.
- d) Terreno escarpado: En este terreno las pendientes transversales son mayormente del 40%. Al momento de la construcción el movimiento de tierras es el máximo posible, su trazado y explanación son de gran dificultad para el diseñador. En algunos casos se debe a la presencia de cuerpos de agua como cauces, lagos o fosas. Las pendientes longitudinales son mayores al 8%. Se considerará la construcción de puentes, túneles y estructuras para salvar obstáculos que me permitan continuar con la vía.

En base a la clasificación podemos establecer que mientras se tenga menores pendientes transversales y longitudinales, la construcción de la vía será más fácil y menos costosa, no se necesitará una gran cantidad de movimiento de tierra y la construcción de infraestructuras como puentes o túneles para salvar la mala topografía que pueda existir. De todas formas, no siempre

se puede contar con un terreno plano, pero es trabajo del diseñador elegir el camino más adecuado para la construcción de la carretera y así no generar un gasto innecesario.

2.4.1.2. Las características físicas

En las características físicas del terreno se abarca la posibilidad de tener deslizamientos o inundaciones, aguas subterráneas u otras condiciones del subsuelo que afectan a la localización de la vía y su geometría. Normalmente se trata de evitar estas condiciones ya que tratar de solucionar el problema es muy costoso, por ello mejor se evalúa la posibilidad de puentes en el sitio o el paso a nivel diferente para reducir conflictos y mejorar la eficiencia del transporte y su seguridad.

Debido a esta problemática se tienen que hacer los respectivos estudios de suelos en todo el tramo de la vía, los estudios geotécnicos ayudan a saber si el terreno es óptimo y de no serlo tomar medidas antes de empezar la construcción. También es importante tener una fuente de materiales lo más cerca del proyecto, esto generará un menor gasto en la parte del transporte y que este no influya negativamente en la economía del proyecto.

2.4.1.3. El uso del terreno

El uso del terreno se refiere a las practicas económicas que existen en la zona donde se realizara el proyecto como la agricultura, funciones residenciales o recreativas. Este afecta al diseño de la vía por su tránsito y el flujo peatonal que existe en el lugar. En las áreas urbanas se diseñan vías cortas y se exigen menores velocidades, intersecciones frecuentes y prioridad para los peatones, en cambio, para zonas rurales se diseñan autopistas con tramos largos y de gran visibilidad, permiten grandes velocidades y pocas intersecciones. Para las autopistas y autovías se diseñan generalmente para soportar camiones de carga, esto debido a que existen

una mayoría de estos para el transporte de productos agrícolas y ganaderos, así como el transporte de ganado. Por ello es importante conocer el uso del terreno antes de empezar la construcción, se debe hacer una investigación previa que me ayude a conocer cuáles son los vehículos que transitaran la vía.

2.4.2. Volumen del tránsito

El estudio del volumen de tránsito depende de varios conceptos:

2.4.2.1. TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual)

Representa el tránsito total que circula por la carretera durante un año dividido por 365, o sea que es el volumen de tránsito promedio por día. Este valor es importante para determinar el uso anual como justificación de costos en el análisis económico y para dimensionar los elementos estructurales y funcionales igual de la carretera. (NEVI-12-MTOP, 2013, pág. 52). En síntesis, el TPDA ayuda a la planificación de carreteras, ampliación o mantenimiento de la calzada, señalización y semaforización, medidas de seguridad de tráfico y construcción de vías y puentes. Es importante que la recopilación de datos se haga de la forma más exacta posible para conocer el volumen de tráfico y con esto saber cuál es la carga que debe soportar la vía por el paso de los automotores, ya sea para la construcción, ampliación o renovación de la carretera.

El TPDA se puede calcular con muestreos y mediante factores de variación que son:

- Factor horario (FH): “Permite transformar el volumen de tráfico que se haya registrado en un determinado número de horas a Volumen Diario Promedio” (MTOP, 2003, p. 14).
- Factor diario (FD): “Transforma el volumen semanal promedio de tráfico en Volumen Mensual Promedio” (MTOP, 2003, p. 15).

- Factor semanal (FS): “Transforma el volumen semanal promedio de tráfico en Volumen Mensual Promedio” (MTOP, 2003, p. 16).
- Factor Mensual (FM): “Transforma el volumen mensual promedio de tráfico en TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL” (MTOP, 2003, p. 16).

$$TPDA = T_o * FH * FD * FS * FM$$

Donde:

T_o : Tráfico observado

2.4.2.2. Volumen de hora pico

Se define como el volumen de tránsito que está presente en la vía durante la hora con el tránsito más intenso, lo que generalmente ocasiona la congestión vehicular.

2.4.2.3. Volumen horario de diseño

Conocido como VHD es el volumen horario utilizado para comparar la capacidad de la carretera de estudio y de esta manera empezar el diseño.

2.4.2.4. Proyección del tránsito

La construcción o mejoramiento de carreteras deben ser diseñadas a futuro para que tengan una larga vida útil, siempre las vías tendrán que soportar más cargas de las existentes en el presente ya que el desarrollo poblacional no para, esto conlleva a que exista más tráfico en la zona tanto vehicular como peatonal, por esta razón se debe diseñar para aguantar estas crecidas de tráfico haciendo una proyección del tránsito. Se la puede hacer conociendo el tráfico actual y aumentar el número de vehículos en un porcentaje, también es importante investigar posibles usos de suelo en las zonas aledañas a la vía para tomar en cuenta que tipo de vehículos estarán presentes.

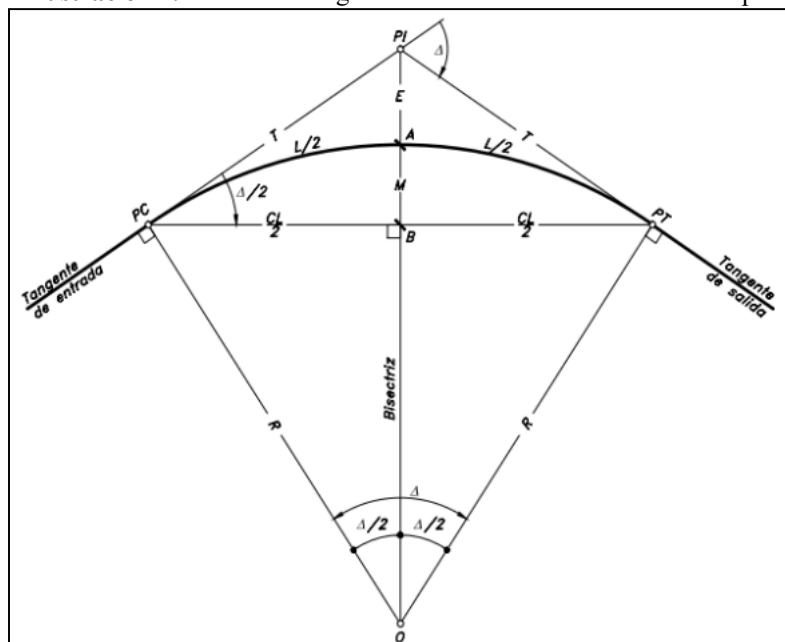
2.4.3. Diseño Geométrico Horizontal

“Se trata de un alineamiento de una vía sobre un plano horizontal de su eje real o espacial y que, además, está constituido por tramos rectos, curvas circulares con diferentes grados de curvatura” (Cárdenas 2013, p. 38).

2.4.3.1. Curvas circulares simples

“Hacen alusión a arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas para formar una proyección horizontal de las curvas reales” (Cárdenas, 2013, p.38).

Ilustración 1. Elementos geométricos de una curva circular simple



Fuente: Cárdenas, 2013

Donde:

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

PC: Principio de curva, punto donde termina la tangente de entrada y empieza la curva.

PT: Principio de tangente, punto donde termina la curva y empieza la tangente de salida.

O: Centro de la curva circular.

Δ : Ángulo de deflexión de las tangentes, es igual al ángulo central subtendido por el arco PC-PT.

R: Radio de la curva circular simple.

$$R = \frac{T}{tg \frac{\Delta}{2}}$$

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

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

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

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

$$CL = 2 * R * sen \frac{\Delta}{2}$$

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

$$E = T * tg \frac{\Delta}{4}$$

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

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

2.4.3.2. Radios mínimos de curvatura horizontal

Es el valor del radio más bajo que permite la seguridad en el tránsito a una velocidad de diseño dada en función del máximo peralte (e) adoptado y el coeficiente (f) de fricción lateral correspondiente. El empleo de curvas con radios menores al mínimo establecido exigirá peraltes que sobrepasen los límites prácticos de operación de vehículos. (MTOP, 2003, p. 36)

El radio mínimo se puede obtener con la siguiente fórmula:

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

Donde:

R: Radio mínimo de curvatura horizontal, m.

V: Velocidad de diseño, km/h.

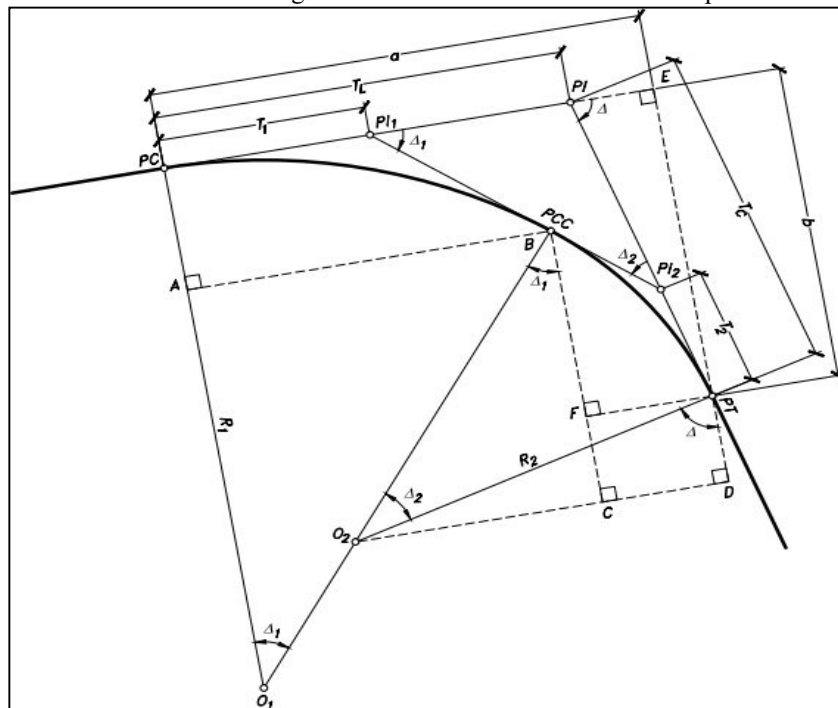
f: Coeficiente de fricción lateral.

e: Peralte de la curva, m/m.

2.4.3.3. Curvas circulares compuestas

Son aquellas que están formadas con dos o más curvas circulares simples. Son utilizadas en terrenos montañosos, cuando se requiera que la carretera quede lo más ajustada posible a la forma del terreno natural, para reducir el movimiento de tierras tanto de corte como de relleno. (Cárdenas, 2013, p. 145)

Ilustración 2. Elementos geométricos de una curva circular compuesta



Fuente: MTOP, 2003

Donde:

PI: Punto de intersección de las tangentes.

PC: Principio de la curva compuesta.

PT: Fin de la curva compuesta o principio de la tangente.

PCC: Punto donde termina la primera curva circular simple y empieza la segunda.

R1: Radio de la curva de mayor radio.

R2: Radio de la curva de menor radio.

O1: Centro de la curva de mayor radio.

O2: Centro de la curva de menor radio.

Δ : Ángulo de deflexión principal.

Δ_1 : Ángulo de deflexión principal de la curva de mayor radio.

Δ_2 : Ángulo de deflexión principal de la curva de menor radio.

T1: Tangente de la curva de mayor radio.

T2: Tangente de la curva de menor radio.

TL: Tangente larga de la curva circular compuesta.

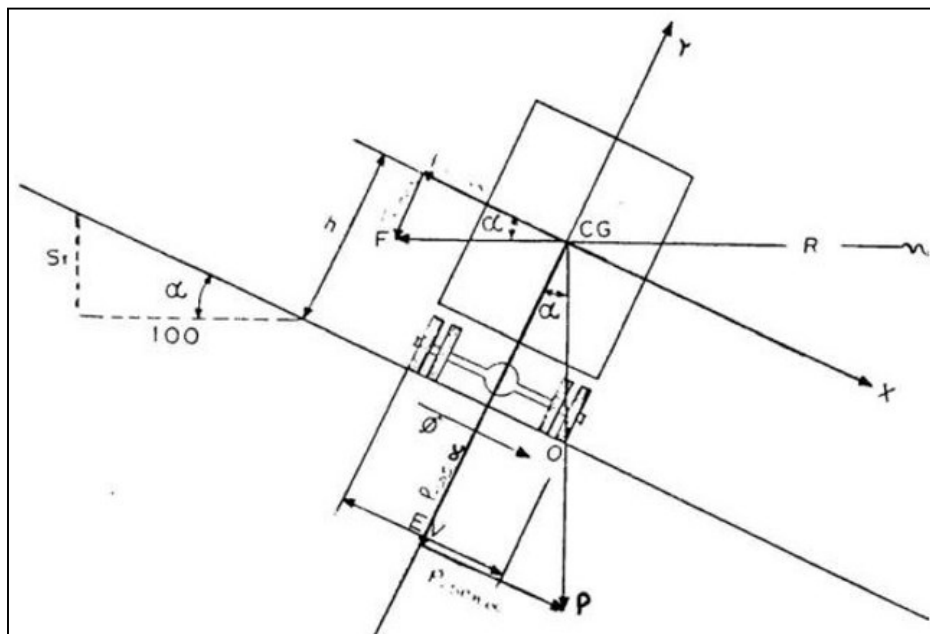
TC: Tangente corta de la curva circular compuesta.

2.4.3.4. Peralte

Es la inclinación lateral que se le asigna a una curva horizontal para darle una elevación su lado exterior para contrarrestar la fuerza centrífuga de aquellos vehículos que ingresan a una curva con una velocidad alta, asegurando que los neumáticos del vehículo tengan un mejor contacto con la calzada y así, evitar deslizamientos o volcamientos.

Al realizar un peralte se espera que el lado exterior de la curva horizontal tenga una elevación, mientras que el lado interior mantiene el nivel de la calzada original. La propuesta del peralte hace que se mantenga un equilibrio entre la componente vertical del peso del vehículo y la fuerza centrífuga, asegurando su estabilidad del vehículo.

Ilustración 3. Estabilidad del vehículo en una curva



Fuente: MTOP, 2003

La fórmula para calcular el peralte, se muestra a continuación:

$$e = \frac{V^2}{127 - R} - f$$

Donde:

e: Peralte de la curva, m/m

V: Velocidad de diseño, km/h.

R: Radio de la curva, m.

f: Máximo coeficiente de fricción lateral.

2.4.3.5. Sobreancho

Consiste en el ancho adicional que se les asigna a algunas partes de una vía, en especial a las curvas con el objetivo de mejorar la seguridad y comodidad durante el desplazamiento horizontal como vertical. Así, se pretende prevenir ciertos siniestros como la pérdida de pista de un vehículo.

Este sobre ancho es aplicado en la parte exterior de la curva cuando se trata de rutas horizontales; en tanto que, al tratarse de rutas verticales, el sobreancho de un carril es construido en el lado de la pendiente ascendente. El ancho adicional de la vía es determinado con la siguiente ecuación:

$$S = n(R - \sqrt{R^2 - L^2}) + \frac{v}{10 * \sqrt{R}}$$

Donde:

S: Sobre ancho, m

R: Radio de la curva, m.

L: Longitud del vehículo, m.

V: Velocidad de diseño, km/h.

n: Número de carriles.

2.4.3.6. Distancia de visibilidad de parada

Es un parámetro de seguridad que hace referencia al recorrido que tiene un vehículo contado desde el momento en el que el usuario del mismo, se percata o alerta de una situación peligrosa y reacciona frenando hasta que el momento en el que el móvil se detiene.

Generalmente, se toma el tiempo de percepción y reacción del peligro por parte del conductor con un valor de 1.5 segundos. Por otra parte, el coeficiente de frenado tiene valores entre 0.7 y 0.9 en condiciones normales ya que hace referencia a la eficacia de los frenos y capacidad de adherencia de las llantas sobre la calzada.

2.4.3.7. Distancia de visibilidad de rebasamiento

Usada para medir el recorrido que tiene un vehículo para sobrepasar de una manera segura a otro que viaja a una velocidad más baja, pero en la misma dirección. Para su cálculo se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

1. Velocidad relativa: Diferencia entre la velocidad que tiene el vehículo que va a efectuar el rebasamiento y la velocidad de aquel que está siendo adelantado.
2. Velocidad de los vehículos: Influye en el tiempo que se tarda el conductor al ejecutar la maniobra de rebasamiento y que depende del vehículo que rebasa y de aquel que viaja a una velocidad menor.
3. Distancia de visibilidad: Indicará si es conveniente realizar el rebasamiento ya que depende de observación del vehículo que se aproxima en el sentido contrario y del espacio que se tenga para regresar al carril deseado sin complicaciones.
4. Distancia de seguridad: Hace referencia al espaciamiento conveniente y seguro que se tiene entre el vehículo que es rebasado y el móvil que rebasa.

5. Tiempo de respuesta y aceleración: Es el tiempo en el que el conductor realiza el rebasamiento y se dirige al carril deseado.

Tabla 1. Distancia de visibilidad para rebasamiento

DISTANCIA MINIMA DE VISIBILIDAD PARA EL REBASAMIENTO DE UN VEHICULO				
V_0 , Km/h	VELOCIDADES DE LOS VEHICULOS, Km/h.		DISTANCIA MINIMA DE REBASAMIENTO, METROS	
	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: MTOP, 2003

2.4.4. Diseño Geométrico Vertical

Según Cárdenas (2003), el diseño geométrico vertical es un alineamiento en perfil que genera la proyección de la longitud real del eje (rasante) de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo. Debido a este paralelismo, dicha proyección mostrará la longitud real del eje de la vía. A este eje también se le denomina rasante o subrasante (p. 307).

2.4.4.1. Tangentes verticales

Son aquellas que se generan entre dos curvas sucesivas y cuya longitud se mide por la distancia entre el fin de la curva anterior a la tangente y el comienzo de la curva posterior. En

adición, la pendiente máxima de este tipo de tangentes depende de la categoría de la vía y de la velocidad a la que se desplazan los vehículos; en cambio, la pendiente mínima permite el escurrimiento longitudinal de aguas lluvias en la calzada, y para tener un funcionamiento adecuado en las cunetas, esta pendiente será de 0.5%. (Cárdenas, 2013, p. 308)

2.4.4.2. Curvas verticales

Son curvas que unen dos tangentes verticales consecutivas para brindar una circulación de vehículos cómoda y segura durante el cambio de gradiente con un drenaje adecuado y tomando en cuenta la velocidad de diseño y la distancia de visibilidad. (Cárdenas, 2013, p. 313).

2.4.4.3. Curvas verticales convexas

Son trayectorias caracterizadas por tener una curvatura hacia afuera o hacia arriba, este tipo de curvas poseen una longitud mínima que asegura la movilidad cómoda y eficaz del conductor y que, a su vez, depende de la distancia de visibilidad para parada de un vehículo, teniendo en cuenta una altura del ojo del conductor de 1,15 metros y una altura del objeto que se divisa sobre la carretera igual a 0,15 metros. (MTO, 2003, p. 208)

Esta longitud mínima es determinada mediante la siguiente ecuación:

$$L_{min} = 0.60 * V$$

Donde:

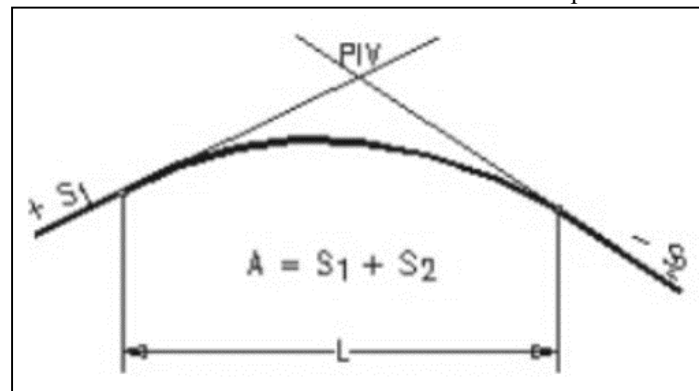
L: Longitud mínima de la curva vertical convexa.

V: Velocidad de diseño, k/m.

Además, se puede tener tres casos de curvas convexas:

- Caso 1: Gradiente de entrada > 0 y gradiente de salida < 0 .

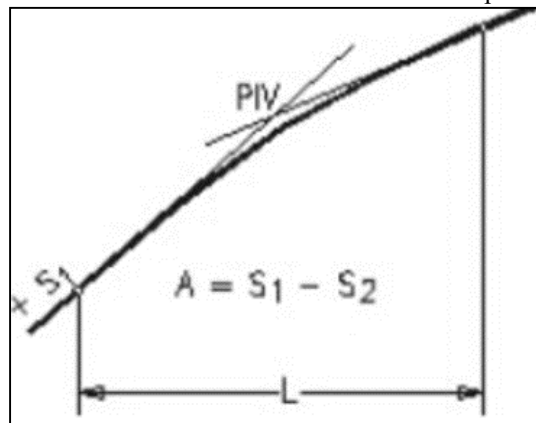
Ilustración 4. Curva vertical convexa Tipo I



Fuente: Cárdenas, 2013

- Caso 2: Gradiente de entrada > 0 y gradiente de salida > 0 .

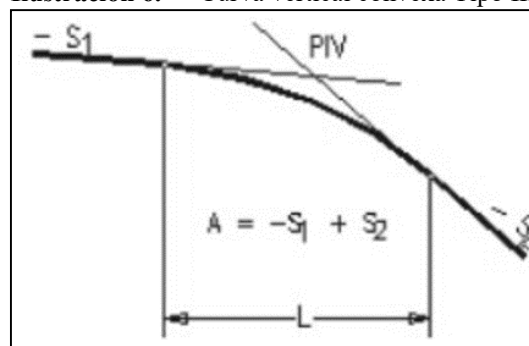
Ilustración 5. Curva vertical convexa Tipo II



Fuente: Cárdenas, 2013

- Caso 3: Gradiente de entrada < 0 y gradiente de salida < 0 .

Ilustración 6. Curva vertical convexa Tipo III



Fuente: Cárdenas, 2013

2.4.4.4. Curvas verticales cóncavas

Son aquellas donde la curva se genera y se localiza sobre el encuentro de las pendientes, de entrada y de salida. Por motivos de seguridad, es necesario que las curvas verticales cóncavas sean lo suficientemente largas, de modo que la longitud de los rayos de luz de los faros de un vehículo sea aproximadamente igual a la distancia de visibilidad necesaria para la parada de un vehículo. (MTOPI, 2003, p. 211)

La fórmula de la longitud mínima es:

$$L_{min} = 0.60 * V$$

Donde:

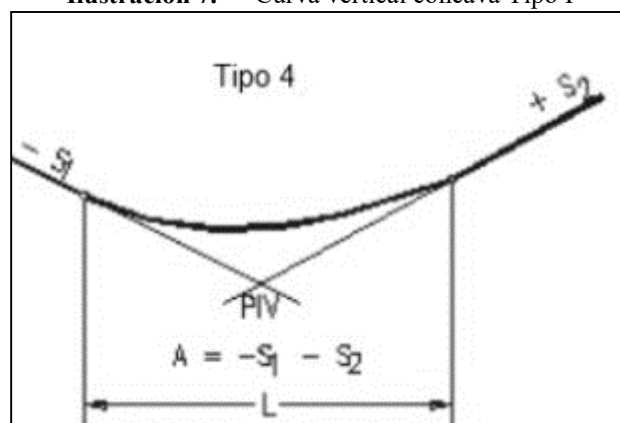
L: Longitud mínima de la curva vertical convexa.

V: Velocidad de diseño, k/m.

Además, se puede tener tres casos de curvas convexas:

- Caso 1: Gradiente de entrada < 0 y gradiente de salida > 0 .

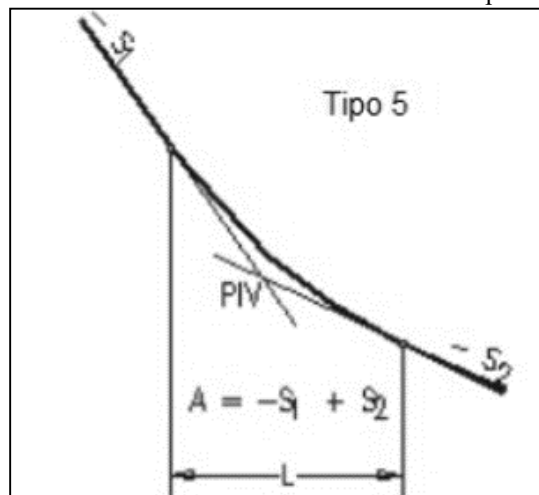
Ilustración 7. Curva vertical cóncava Tipo I



Fuente: Cárdenas, 2013

- Caso 2: Gradiente de entrada < 0 y gradiente de salida < 0 .

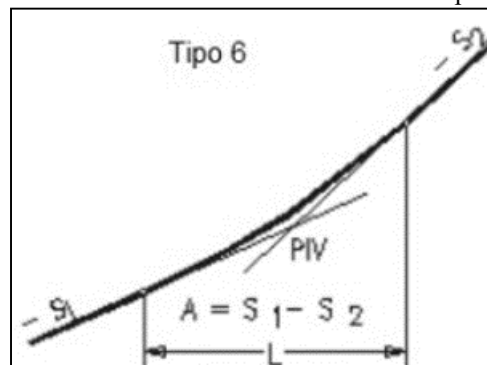
Ilustración 8. Curva vertical cóncava Tipo II



Fuente: Cárdenas, 2013

- Caso 3: Gradiente de entrada > 0 y gradiente de salida > 0 .

Ilustración 9. Curva vertical convexa Tipo III



Fuente: Cárdenas, 2013

2.5. Estudio de suelo

2.5.1. Granulometría

“El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en porcentaje de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo” (Villalaz, 20013, p.46).

2.5.2. Límites de Atterberg

Según Atterberg; cuando un suelo tiene un índice plástico igual a cero el suelo no es plástico; en tanto que, cuando el índice el menor de 7, el suelo tiene baja plasticidad; al tener un índice de plasticidad entre los rangos de 7 a 17, el suelo es considerado medianamente plástico y cuando el límite de 17 es superado, se tiene un suelo altamente plástico.

2.6. Cálculo de los ESALs

Equivalent Simple Axial Load (ESAL) o también conocido como Carga Axial Simple Equivalente. Este procedimiento de cálculo se efectúa debido a que el tránsito de un lugar cuenta con una extensa variedad de vehículos con diferentes pesos y numero de ejes; de esta manera los ESALs hacen referencia a la cantidad de repeticiones del eje de carga equivalente a 18 kips = 80 kN que se dan en un carril de diseño para un periodo de tiempo determinado y se calculan con la siguiente expresión:

$$ESALs = \left(\sum_{i=1}^m p_i * F_i * P \right) * TPDA * FC * F_d * F_c * 365$$

Donde:

ESALs: Tránsito acumulado en el primer año, en ejes equivalentes sencillos de 8.2 ton, en el carril de diseño.

p_i : Porcentaje total de repeticiones del grupo de vehículos o cargas.

F_i : Factor de equivalencia de carga por eje del grupo de eje de carga, este término procede de

Tabla Factores de Equivalencia de cargas.

P : Promedio de ejes por camión pesado.

$TPDA$: Transito promedio diario anual.

FC : Factor de crecimiento para un periodo de diseño en años.

F_d : Factor direccional, 0.5 para la mayoría de las carreteras o de 0.3 a 0.7, dependiendo de en qué dirección va el tránsito con mayor porcentaje de vehículos pesados.

F_c : Factor de distribución por carril.

2.7. Clasificación de vía

Las obras viales tienen diferentes clasificaciones por grupos que se muestran a continuación:

2.7.1. Según el volumen de tráfico

Se toma como base el conteo promedio diario anual (TPDA), para determinar el número representativo de vehículos que recorren la calzada de estudio. Este volumen es proyectado para un periodo de diseño de 20 años, con el fin de asegurar la vida útil del servicio (Flores, 2020).

Tabla 2. Clasificación funcional de las vías en base al TPDA

Clasificación Funcional de las Vías en base al $TPDA_d$			
Descripción	Clasificación Funcional	Tráfico Promedio Diario Anual ($TPDA_d$) al año de horizonte	
		Limite Inferior	Limite Superior
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovia o Carretera Multicarril	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
Carretera de 2 carriles	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	500

Fuente: Normativa NEVI-12

Donde:

C1: Carretera de mediana capacidad

C2: Carretera convencional básica

C3: Camino agrícola/forestal

2.7.2. Según la importancia en la red vial

Corredor arterial: Son de alta movilidad que sirven para viajes de larga distancia que unan provincias y pasos de frontera.

Vías colectoras: Sirven para el tráfico de recorridos intermedios o regionales ya que recogen el tráfico de una zona rural para guiarla a los corredores arteriales.

Caminos vecinales: Abarcan a todos los caminos rurales y de zonas agrícolas.

2.7.3. Según las condiciones orográficas

Se debe tener en cuenta que las obras viales tienen una total dependencia de la topografía del terreno que atravesará debido a que permitirá organizarlas según el grado de inclinación (pendiente i) que tenga cada calzada.

Tabla 3. Denominación de vías por la orografía del terreno

TIPO DE RELIEVE	MÁXIMA INCLINACIÓN MEDIA
Llano	$i \leq 5$
Ondulado	$5 < i \leq 15$
Accidentado	$15 < i \leq 25$
Muy accidentado	$25 < i$

Fuente: Normativa NEVI-12

2.7.4. Según el número de calzadas

Calzadas separadas: Cuentan con carriles diferentes para cada sentido de circulación, normalmente estas separaciones son estructuras con alturas mayores a los 15cm de altura.

Calzada única: Tienen una sola calzada para ambos sentidos de circulación.

2.7.5. Según la superficie de rodamiento

Superficie natural: La capa de rodadura es el mismo terreno natural de la vía.

Afirmados: Su capa de rodadura es compuesta por material fino y granular compactado (lastre)

Pavimentos flexibles: Con una calzada cubierta por una capa asfáltica resistente a ácidos y sales.

Pavimentos rígidos: La superficie de la vía es cubierta por una capa de concreto hidráulico.

2.8. Velocidad de diseño

Se trata de la velocidad que garantiza que los pilotos de los vehículos se movilen de un sitio a otro manteniendo su comodidad, seguridad e integridad vial. Esta velocidad se encuentra condicionada por:

- Propiedades del terreno, carretera y de la zona aledaña.
- Condiciones del tiempo.
- Presencia de otros vehículos en la vía.
- Limitaciones legales y de control.

Ilustración 10. Velocidades de diseño

	CLASE I 3000 - 8000TPDA						CLASE II 1000- 3000TPDA					
	RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA		
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M
<i>Tipo Terreno</i>												
<i>Velocidad de diseño (K.P.H)</i>	110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50

	CLASE III 300- 1000 TPDA						CLASE IV 100- 300TPDA					
	RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA		
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M
<i>Tipo Terreno</i>												
<i>Velocidad de diseño (K.P.H)</i>	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25

CLASE V						
MENOS DE 100TPDA						
	RECOMENDABLE			ABSOLUTA		
<i>Tipo Terreno</i>	LL	O	M	LL	O	M
<i>Velocidad de diseño (K.P.H)</i>	60	50	40	50	35	25

Fuente: MTOP, 2003

Al saber que las velocidades de diseño también dependen de la topografía del terreno, a continuación, se presentan las pendientes máximas para evitar cambios bruscos de velocidad y posibles accidentes de tránsito.

Tabla 4. Pendientes máximas según la velocidad de diseño

Orografía	Terreno Plano	Terreno Ondulado	Terreno Montañoso	Terreno Escarpado
Velocidad (Km/h)				
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8
70	7	7	7	7
80	7	7	7	7
90	6	6	6	6
100	6	5	5	5
110	5	5	5	5











Fuente: Normativa NEVI-12

2.9. Composición del tránsito

Es la cantidad relativa de los diferentes tipos de vehículos que se movilizan en el tránsito total de una vía. Además, dentro del diseño vial de un determinado lugar, se debe incluir las características de operación de los vehículos, que varían según su peso y tamaño, permiten formar con ellos varias clases que son:

- Livianos: Son vehículos ligeros que transitan por una calzada, con ruedas sencillas en su eje trasero y que incluyen a motos, bicicletas, autos y camionetas con capacidades de transporte de hasta ocho.
- Pesados: Vehículos de gran peso que van desde las cuatro toneladas en adelante, con doble llanta en su eje trasero y que incluyen a camiones, buses, semirremolques y remolques, de más de cuatro toneladas de peso y doble llanta en las ruedas traseras.

Ilustración 11. Clasificación de vehículos

Categoría de vehículos	Tipos de vehículos	Gráficos
Livianos	Automóvil	
	Camioneta	
	4x4	
	Van	
Buses	Buses de 2 ejes	
	Buses de 3 ejes	
Camiones pequeños	2 ejes pequeños	
	2 ejes grandes	
Camiones grandes	3 ejes	
	Más de 3 ejes	

Fuente: Normativa NEVI-12

2.10. Diseño de pavimentos (AASTHO)

Se fundamenta en la determinación de los espesores de las capas y subcapas que conformarán la estructura vial, misma que deberá ser capaz de resistir las cargas de los vehículos a lo largo de su tiempo de servicio. En adición, este diseño facilitará que la superficie de la calzada sea uniforme, impermeable e idóneo para mantener la comodidad de los usuarios al momento de transportarse. El diseño estructural de la vía, estará regido por múltiples factores

como: las propiedades del suelo (cimentacion), condiciones de carga, periodo de diseño, materiales y agentes ambientales.

El diseño de pavimentos depende de los materiales que se van a utilizar en la estructura de la via y pueden ser:

2.10.1. Pavimento flexible

La superficie de rodadura consiste en una mezcla asfáltica compuesta por agregados (grava y arena) y material bituminoso extraído del asfalto, que permite que los esfuerzos sean transmitidos de forma vertical y que estos disminuyan a medida que la profundidad aumenta.

Este tipo de pavimentos son empleados en zonas de bastante tráfico y su construcción se la realiza en base de varias capas que distribuyen la carga aplicada en su superficie de rodadura, de manera que, sea capaz de tener una durabilidad de 8 años y con una vida útil de 20 años.

El pavimento flexible está compuesto por:

- Carpeta asfáltica: Se encuentra en contacto directo con el tráfico de los vehículos y está compuesta de materiales pétreos con productos asfálticos.
- Base: Capa que se encuentra bajo la carpeta asfáltica y está formada por agregados.
- Subbase: Capa que se encuentra bajo la base y que la protege, impidiendo que el agua suba por capilaridad de modo que se eviten cambios volumétricos en ella.
- Subrasante: Terreno natural sobre el que se construirá la vía.

El método AASHTO para pavimentos flexibles se basa en determinar el número estructural (SN), este valor determina la resistencia requerida de la estructura del pavimento con la expresión:

$$\begin{aligned} \log(N) &= Z_r * S_o + 9.36 * \log(SN + 1) - 0.20 + \left[\frac{\log\left(\frac{\Delta IPS}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1.094}{(SN + 1)^{5.19}}\right)} \right] + \\ &- 8.07 \end{aligned}$$

Donde:

Log(N): Número de ejes equivalentes para el período de diseño

Zr: Desviación normal estándar

So: Desviación estándar

ΔIPS: Diferencia de serviciabilidad

Mr: Módulo de resiliente (Psi)

SN: Número estructural

2.10.2. Nivel de confianza, R (%)

Medida del grado de seguridad en el proceso de diseño y que permite asegurar que las alternativas de diseño duraran el periodo de análisis. En el siguiente cuadro se presentan niveles de confianza recomendados para diferentes tipos de carreteras.

2.10.3. Desviación normal estándar, Zr

Parámetro ligado al porcentaje del nivel de confianza del proyecto.

2.10.4. Error normal combinado, S_o

Se tiene en cuenta el error o desviación del diseño, la variación de las propiedades de los materiales, la variación en la estimación del tránsito, la variación de las condiciones climáticas y la variación en la calidad de la construcción.

2.10.5 Índice de serviciabilidad, ΔIPS

Se tiene en cuenta dos parámetros de serviciabilidad, una inicial como final que dan parámetros para el tipo de pavimento a diseñarse y la clasificación de la carretera respectivamente.

2.10.6. Modulo resiliente de la subrasante, MR

Es una medida de la capacidad de un material de almacenar o absorber energía sin que este experimente deformación permanente. Cuando exista dificultad para determinar el MR en laboratorio, se puede optar por la utilización de las siguientes correlaciones en función del CBR planteado por la AASHTO.

2.10.7. Determinación de espesor de capas

2.10.7.1. Coeficiente estructural de la Base y Sub Base

- **Base:** Es la capa encargada de soportar la carpeta asfáltica ya sea de pavimento flexible o rígido. Debe tener las siguientes características, El porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menor del 40% y el valor de soporte de CBR deberá ser igual o mayor al 80%.
- **Sub Base:** Es la capa encargada de soportar la base granular, está compuesta por materiales granulares no tratados colocados generalmente sobre la subrasante, la

subrasante mejorada, el afirmado o el terraplén. Los agregados que se empleen deberán tener un coeficiente de desgaste máximo de 50%, de acuerdo con el ensayo de abrasión de los Ángeles y la porción que pase el tamiz N° 40 deberá tener un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25. La capacidad de soporte corresponderá aun CBR igual o mayor del 30%.

Los valores de los coeficientes de la base y sub base se encuentran en los ábacos ubicados en el [ANEXO A](#).

2.10.7.2. Modulo resiliente y coeficiente estructural de la mezcla asfáltica

El módulo resiliente de la mezcla asfáltica depende de los factores de velocidad, temperatura y tipo de carga que tendrá que soportar el proyecto. En el [ANEXO A](#) tiene los valores máximos recomendados.

El coeficiente estructural de la mezcla asfáltica (a_1) se obtiene mediante la siguiente ecuación.

$$a_1 = 0.184 * \ln(E) - 1.9547$$

2.10.7.3. Condiciones de drenaje

Son parámetros para las capas base y sub base, se relacionan con las características del material, calidad y el porcentaje de tiempo que la carpeta asfáltica está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación.

2.10.7.4. Números estructurales

Se calculan para determinar los espesores de las capas que tendrá la estructura de pavimento.

2.11. Sistema de drenaje vial

Sistema compuesto de estructuras conocidas como cunetas ubicadas a ambos lados de la calzada y que dirigen el agua escurrida por su superficie hacia lugares seguros de evacuación o alcantarillas. El drenaje evita que exista la acumulación de agua en la vía, la cual puede afectar a su estructura y funcionalidad, afectando su durabilidad (Fernando Olivera,2017, pág. 14).

Por otra parte, el sistema ayuda a prevenir posibles tragedias que puedan generarse por la inundación de la carretera y que repercute en la conducción y equilibrio de los vehículos.

2.11.1. Coeficiente de escorrentía

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

2.11.2. Intensidad de lluvia

Se entiende por intensidad de lluvia, a la cantidad de esta en un período de tiempo determinado. De acuerdo a la información del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología las expresiones que se utilizan para determinar la intensidad de lluvia para en la estación M0138- Paute son:

Ilustración 12. Intensidad - Duración - Frecuencia de la estación Paute
CUADRO N° 46: INTENSIDAD DURACIÓN FRECUENCIA ESTACIÓN M0138 PAUTE

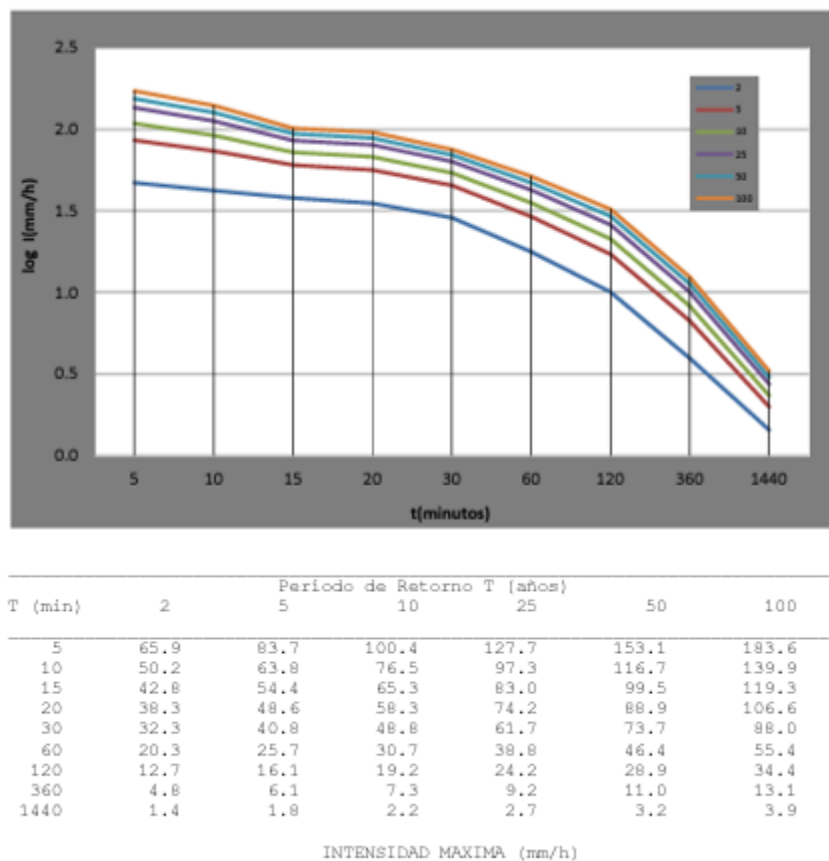
ESTACIÓN		INTERVALOS DE TIEMPO (minutos)	ECUACIONES	R	R ²
CÓDIGO	NOMBRE				
M0138	PAUTE	5<30	$i = 103.2125 * T^{0.2620} * t^{-0.3919}$	0.9732	0.9472
		30<120	$i = 262.0571 * T^{0.2563} * t^{-0.6679}$	0.9779	0.9563
		120<1440	$i = 719.77 * T^{0.2543} * t^{-0.8795}$	0.9939	0.9878

Fuente: INAMHI, 2015

El caudal máximo del escurrimiento de la corona de la vía y del talud de corte, por ancho unitario, se determinará para un periodo de retorno de 100 años y considerando una lluvia de 20 a 30 minutos de duración (MTOPI, 2003).

El INAMHI nos presenta la intensidad de lluvia de la estación M0138 de Paute para un periodo de retorno de 100 años y con sus tiempos de duración en minutos

Ilustración 13. Intensidad de precipitación en relación al periodo de retorno y tiempo de concentración.

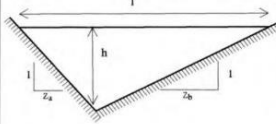
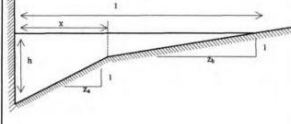


Fuente: INAMHI, 2015

2.11.3. Sección de canal

“Las cunetas dependiendo de la forma de su sección transversal, pueden ser: triangulares, rectangulares y trapezoidales. Usualmente, el uso de cunetas triangulares es muy común debido a su facilidad de construcción y mantenimiento” (MTOPI, 2003, p. 255).

Ilustración 14. Sección de cuneta triangular

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

Fuente: Normativa NEVI-12

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

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

Donde:

Q: Caudal de diseño

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

A: Área mojada

R: Radio hidráulico

S: Pendiente (m/m)

Se busca que el agua tenga una velocidad, donde no se sedimente ni erosione el material de la cuneta. Así, la velocidad mínima recomendada es de 0.25 m/s y las velocidades máximas para obras revestidas se encuentran a continuación:

Tabla 5. Velocidades máximas admisibles en cunetas y canales revestidos

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

Fuente: Normativa NEVI-12

CAPITULO III: ÁREA DE ESTUDIO

3.1. Descripción del área de estudio

El área de estudio donde se llevará a cabo la construcción de la vía se encuentra localizada en la parte nororiental de la provincia del Azuay a 18.2 km de la ciudad de Paute.

3.2. Ubicación geográfica

Vía San Cristóbal – Malima abscisas (0+00 km)

Zona: 17 S

Este: 740577.945m

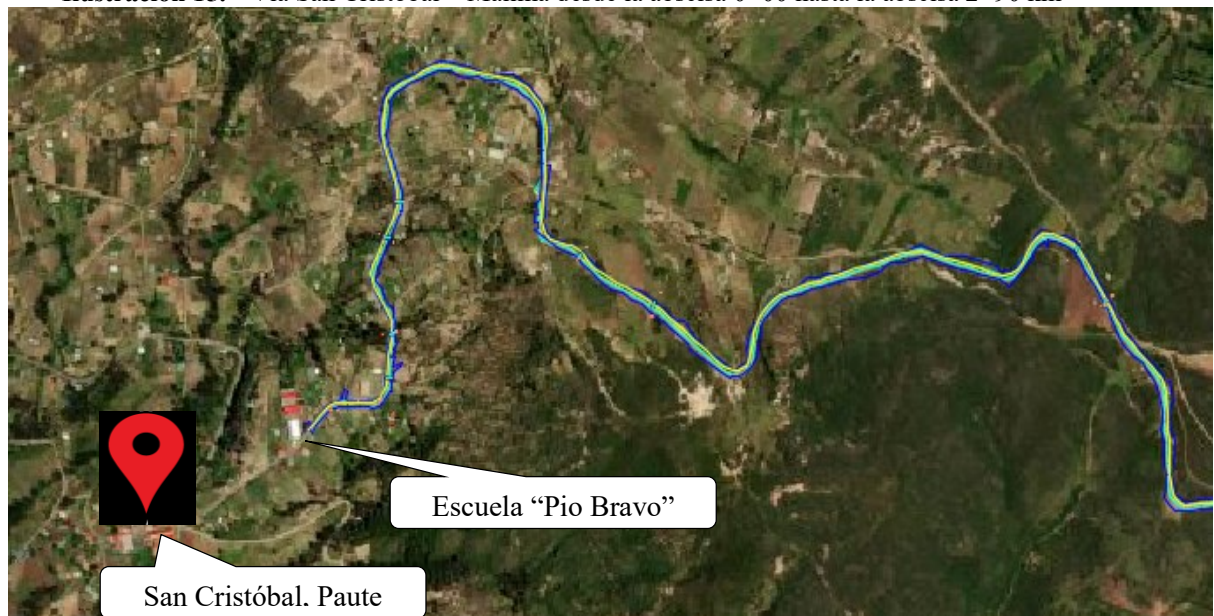
Sur: 9687208.451 m

Vía San Cristóbal – Malima abscisas (2+90 km)

Zona: 17 S

Este: 742261.010m

Sur: 9687323.508m

Ilustración 15. Vía San Cristóbal – Malima desde la abscisa 0+00 hasta la abscisa 2+90 km

Fuente: Google Earth, 2023

CAPITULO IV: METODOLOGIA

4.2. Trabajo de campo

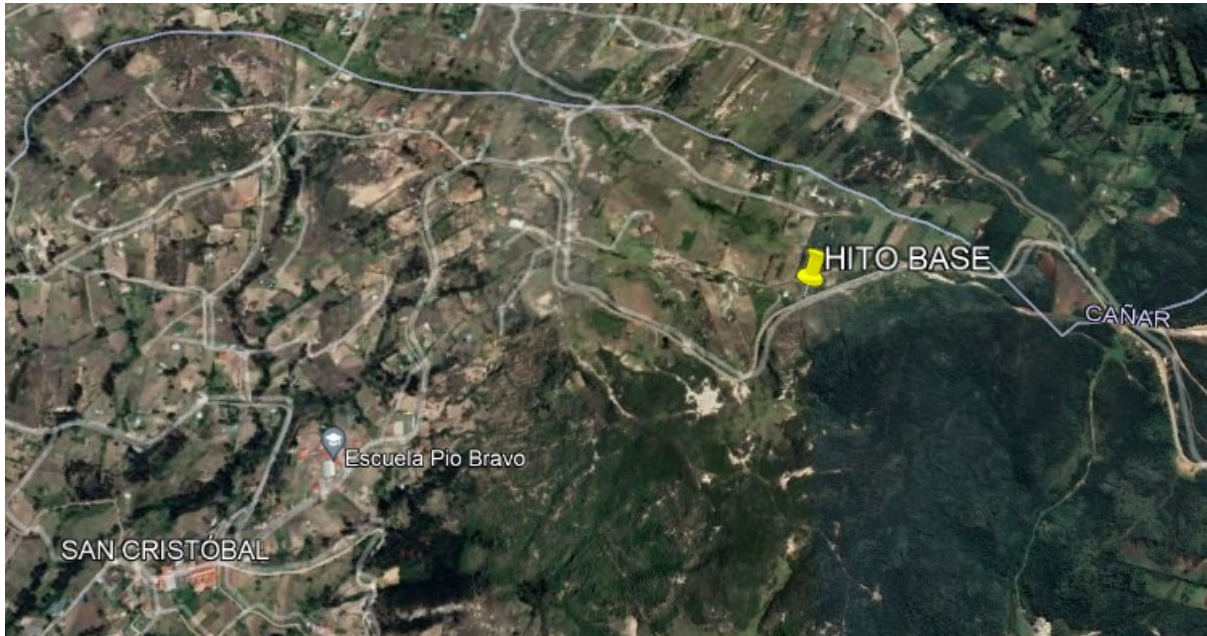
4.2.1. Levantamiento topográfico

Para la ejecución del proyecto se partirá por la recopilación de información del terreno para conocer bordes, cunetas, taludes, cerramientos, alcantarillas y ancho de la vía, esta recopilación de información topográfica se la realizará con la ayuda del equipo RTK que facilitará la recolección de puntos de una manera ágil, precisa y eficiente. Para tener una mayor exactitud en el levantamiento topográfico también se construirán hitos que sirven como señales de referenciación geográfica para la ubicación de la base del equipo. El tiempo estimado para la realización de este proceso es de 10 días laborables, tomando en cuenta que el terreno cuenta con perfiles irregulares con la presencia de grandes taludes y que se tendrán que realizar las respectivas correcciones si el caso lo amerita.

4.2.2. Ubicación de las estaciones

La estación se ubicó en la mitad del tramo vial de estudio, tomando como referencia el hito más cercano de los que se construyeron cada 500m con la finalidad de tener una señal precisa del equipo móvil al momento de levantar la información topográfica de la vía de estudio.

Ilustración 16. Ubicación de la estación base



Fuente: Google Earth, 2023

4.3. Trabajo de oficina

4.3.1. Transferencia de datos

Con la información topográfica recolectada del tramo vial de estudio, se transfirieron los datos del equipo RTK a una computadora mediante el sistema de conexión Bluetooth.

4.3.2. Procesamiento y análisis de datos

Los datos de la información topográfica fueron revisados y verificados con respecto a su precisión y consistencia, suprimiendo puntos erróneos o no necesarios. De esta manera, se dio paso a la generación de modelos digitales del terreno con ayuda del software CIVL 3D.

4.3.3. Generación de mapas topográficos

Con los datos analizados y corregido, se procedió a la creación de mapas topográficos que reflejen las coordenadas, elevaciones, perfil del terreno, perfil del tramo vial y curvas de nivel, es decir todos los aspectos necesarios para un diseño vial geométrico.

4.4. Estudio y proyección de tráfico

4.4.1. Volumen de tráfico actual y futuro

La realización de este proceso parte del conteo manual de 7 días para determinar la cantidad específica y tipo de vehículos que circulan por la zona de estudio durante las 24 horas. Como apoyo se cuenta con una cámara de vigilancia ubicada al frente de la escuela “Pio Bravo” que permitirá obtener las grabaciones de una semana completa y agilizar el conteo. Además, se recurre a una hoja de cálculo en el software Excel que permite categorizar el tránsito en vehículos livianos, buses, camiones (2 ejes, 3 ejes y tráiler), bicicletas, motos y peatones.

Se realizó el conteo manual mediante la grabación de una semana completa del tráfico que existe en la vía San Cristóbal – Malima, la información empezó desde el día 14 hasta el 20 de noviembre. Se ingreso en la plantilla de Excel los vehículos que circulaban por la vía caracterizándolos por su tipo y en el sentido que transitaban cada 15 minutos. Con el fin de tener los factores horarios, diarios, semanales y mensuales para calcular el Trafico promedio diario anual (TPDA).

Ilustración 17. Plantilla de Excel para el conteo vehicular por categoría de vehículos cada 15 minutos.

RESUMEN DIARIO DE CONTEO DE TRAFICO POR INTERSECCION (VEHICULOS, MOTOS y BICIS)																
Interseccion: Via San Cristobal - Malima			ESTACION: E1 - I 1					INICIO 00H00								
FECHA: domingo, 19 de noviembre de 2023								FIN 24H00								
Periodo de hora	LIVIANOS					BUSES	Camiones					Motos	Bicis	Peatones	Total	
							C-2D	C-2DB	C-3A	C-4C	V2DB					
00H00-01H00	1					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
01H00-02H00	1					0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
02H00-03H00	3					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
03H00-04H00	4					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
04H00-05H00	0					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05H00-06H00	1					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
06H00-07H00	4					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4

Fuente: Elaboración propia

Al final se realizó un resumen del volumen de tráfico de todos los días de la semana entera contada, se tiene con más tráfico el día domingo 19 de noviembre del 2023 al tener 308 vehículos y 48 motocicletas que circulaban la vía San Cristóbal – Malima.

Tabla 6. Recopilación de datos de vehículos en la vía San Cristóbal – Malima

RECOPIACIÓN DE DATOS VÍA SAN CRISTÓBAL - MALIMA							
Tipo de vehículo	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes
Livianos	186	224	221	209	209	291	217
Buses	16	17	14	14	8	11	14
C-2D	14	20	14	2	21	4	15
C-2DB	0	0	0	3	0	1	1
C-3A	0	0	0	0	0	1	0
C-4C	0	0	0	0	0	0	0
V2DB	0	0	0	0	0	0	0
Motos	38	46	32	37	21	48	24

Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Cálculo Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

Para el cálculo del tránsito promedio diario anual (TPDA) se tiene la siguiente

ecuación:

$$TPDA_{2023} = T_o * F_h * F_d * F_s * F_m$$

Donde:

To: Tráfico observado en un periodo de horas de un día en particular.

Fh: Factor horario

Fd: Factor diario

Fs: Factor semanal

Fm: Factor mensual

4.4.3. Cálculo factor horario

Este valor se calcula en base al conteo de un día entero, el mismo corresponde al que tiene el mayor volumen de tráfico en la semana, que en el caso de la vía de estudio fue el día Domingo.

- Se toma en cuenta el número de vehículos contados en 24 horas

$$Fh = \frac{\text{Conteo de vehiculos en 24 horas}}{\text{Conteo de vehiculos en \# de horas}}$$

$$Fh = \frac{308}{308}$$

$$Fh = 1$$

4.4.4. Cálculo factor diario

Se calcula mediante el número de días de la semana sobre el número de días que se analizó el volumen de tráfico.

$$Fd = \frac{\text{Numero de dias de la semana}}{\text{Numero de dias de la semana analizados}}$$

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

$$Fd = 1$$

4.4.5. Cálculo factor semanal

Se obtiene mediante la relación entre el número de días que tiene el mes de conteo con el número de días en una semana completa, después se divide para el numero de semanas que tiene un mes.

$$Fs = \frac{\text{Dias en el mes analizado (noviembre)}}{\text{Dias en una semana completa}}$$

$$Fs = \frac{30}{7}$$

$$Fs = 4.285714286$$

$$Fs = \frac{4.285714286}{\text{Numero de semanas en el mes}}$$

$$Fs = \frac{4.285714286}{4}$$

$$Fs = 1.071428571$$

4.4.6. Cálculo factor mensual

El siguiente factor depende del consumo de combustible, este varía según cada provincia. El estudio se realizó en la parroquia de San Cristóbal perteneciente a la provincia del Azuay, se tiene la siguiente información del consumo de combustible.

Tabla 7. Consumo de combustibles Provincia del Azuay 2022

CONSUMO DE COMBUSTIBLES PROVINCIA DEL AZUAY 2022					
Fuente:	Elaboracion autor (proyeccion)				
	Extra	Super	Diesel Premium	Suma	Factor Mensual
Enero	5 041 034	426 907	3 821 603	9 289 543	1.059591651
Febrero	4 880 836	433 298	3 541 383	8 855 516	1.111524411
Marzo	5 355 979	453 869	3 841 103	9 650 951	1.019912205
Abril	5 032 952	413 959	3 736 007	9 182 917	1.071894934
Mayo	5 078 272	399 376	4 163 812	9 641 460	1.020916201
Junio	5 196 709	387 913	4 223 877	9 808 499	1.00352997
Julio	5 547 513	419 991	4 503 173	10 470 677	0.940065545
Agosto	5 452 805	428 022	4 448 420	10 329 247	0.9529371
Septiembre	5 349 559	389 638	4 417 146	10 156 342	0.969160177
Octubre	5 258 978	392 703	4 126 129	9 777 810	1.006679687
Noviembre	5 417 543	396 626	4 330 418	10 144 587	0.970283235
Diciembre	5 907 968	444 561	4 457 393	10 809 921	0.91056375
	63 520 145	4 986 862	49 610 461	118 117 467	

Fuente: recursosyenergia.gob.ec

$$Fm = 0.970283235$$

4.4.7. Cálculo de Tráfico promedio diario anual (TPDA)

$$TPDA_{2023} = To * Fh * Fd * Fs * Fm$$

$$TPDA_{2023} = T_o * F_h * F_d * F_s * F_m$$

$$TPDA_{2023} = T_o * 1 * 1 * 1.071428571 * 0.970283235$$

$$TPDA_{2023} = T_o * 1.0395892$$

Resumen del tráfico observado en el día con más volumen de tráfico

Tabla 8. Resumen de tráfico observado en el día con mayor tráfico

RESUMEN DE TRAFICO OBSERVADO EN LA INTERSECCION					
domingo, 19 de noviembre de 2023			INTERSECCION: Via San Cristobal - Malima		
E1 + E2 + E3 + E4					
	E1	E2	E3	E4	SUMA
L	129	0	162	0	291
B	2	0	9	0	11
2E	2	0	2	0	4
3E	0	0	1	0	1
4E - 6E	1	0	0	0	1
TOTAL	134	0	174	0	308

Fuente: Elaboración propia

Resumen del tráfico aplicando el factor del TPDA

Tabla 9. Resumen de tráfico con el factor TPDA

CORRECCION DE TRAFICO OBSERVADO EN LA INTERSECCION					
domingo, 19 de noviembre de 2023			INTERSECCION: Via San Cristobal - Malima		
E1+ E2 + E3 + E4					
	E1	E2	E3	E4	SUMA
L	134	0	168	0	303
B	2	0	9	0	11
2E	2	0	2	0	4
3E	0	0	1	0	1
4E - 6E	1	0	0	0	1
TOTAL	139	0	181	0	320

Fuente: Elaboración propia

4.4.8. Proyección de tráfico

- Tasa de motorización

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

Donde:

T_m: Tasa de motorización para un año k (vehículos / 1000habitantes)

Ts: Tasa de saturación (vehículos / 1000 habitantes)

e: Numero de Euler

a: Valor constante que se debe determinar

b: Valor constante que se debe determinar

Mediante el despeje de las constantes a calcular, se tiene la siguiente ecuación:

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

Como se observa, se tiene la ecuación de una línea recta, donde el valor de b pasa a ser la pendiente de dicha línea. En el [ANEXO B](#) se observan los valores de la tasa de motorización desde el año 1969 hasta el 2053.

Tabla 10. Resultados para determinar el valor de la tasa de saturación

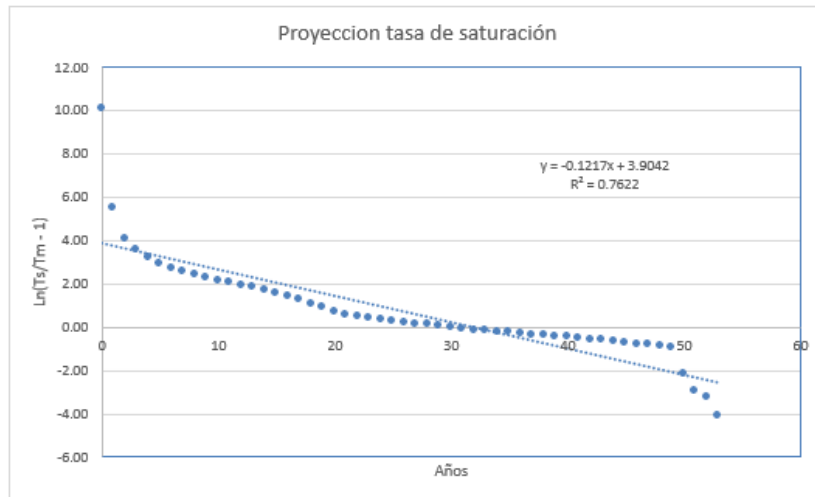
Resultados	
a	3904
b	-0.122
r	0.8731
r2	0.76221878
Ts	763
Y (a + bt)	2.539 – 0.094t

Fuente: Elaboración propia

-Tasa de Saturación

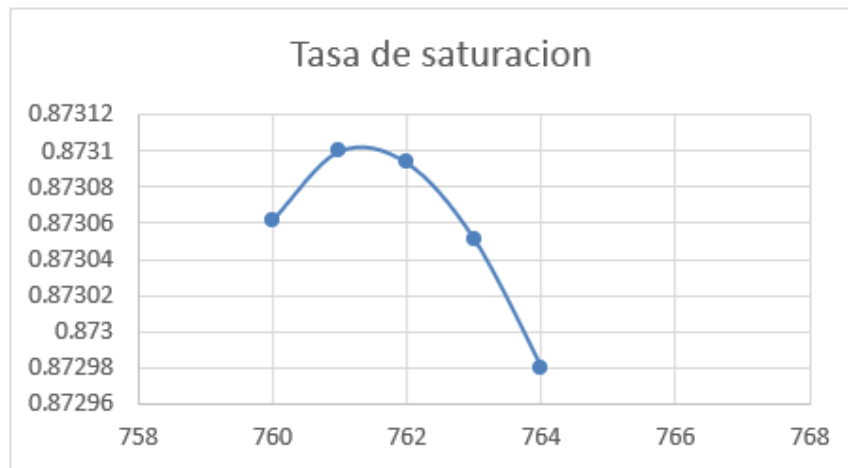
Mediante los cálculos realizados se obtiene el valor de Ts = 763 (vehículos/1000habitantes) como el que mejor se ajusta para la ecuación de la recta antes mencionada.

Ilustración 18. Proyección de la tasa de saturación



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 19. Tasa de saturación



Fuente: Elaboración propia

-Tasa de crecimiento vehicular

Para el cálculo de la tasa de crecimiento vehicular se utiliza la ecuación de la normativa MTOP (2003), para una proyección para cada cinco años.

$$i = \sqrt[n]{\frac{T_F}{T_A}} - 1$$

Donde:

I: Tasa de crecimiento para cinco años.

N: Años transcurridos $TA + TF (n + 5 - n = 5)$

TF: Tráfico futuro para el año $(n + 5)$

TA: Tráfico actual para el año (n)

Ahora se realizará la proyección de tráfico para 20 años de vida útil que tendrá la carretera mediante la tasa de crecimiento vehicular.

Tabla 11. Tasa de crecimiento vehicular 2023 - 2024

TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR				
	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	TIEMPO
2023-2024	1.15%	0.40%	0.40%	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Tasa de crecimiento vehicular 2024 - 2044

TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR				
	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	TIEMPO
2024-2029	0.93%	0.39%	0.39%	5
2029-2034	0.69%	0.39%	0.39%	5
2034-2039	0.54%	0.38%	0.38%	5
2039-2044	0.46%	0.37%	0.37%	5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. TPDA proyectado a 20 años

VEHICULOS	TPDA 2024	TPDA 2029	TPDA 2034	TPDA 2039	TPDA 2044
L	306	321	332	341	349
B	11	12	12	12	12
E2	4	4	4	4	5
E3	1	1	1	1	1
E4 - E6	1	1	1	1	1
TOTAL	323	339	350	359	368

Fuente: Elaboración propia

El resultado del TPDA proyectado a 20 años es de 368 vehículos, por lo tanto, la vía tiene una clasificación funcional C3 ya que se encuentra entre un rango de 0 – 500 vehículos, siendo recomendable una vía de 2 carriles según la normativa NEVI-12.

4.4.9. Cálculo del número de ejes Equivalentes ESAL's

4.4.9.1. Clasificación del volumen de tráfico

Se clasifica el tráfico por categoría, esto servirá para el cálculo de la carga que tendrá que soportar la capa de rodadura.

Ilustración 20. Categorización de volumen de tráfico

AÑO 2023		TOTAL	
TPD TOTAL		523	% Vehiculos
AUTOS	488		93.84%
BUSES	19		1.57%
CAMIONES	16		4.59%
2DA	2		
2DB	7		
3 - A	3		
4 - C	1		
2S2	0		
2R3	1		
3S2	0		
3R3	0		
3S3	2		

Distribucion	
Camiones	
	19.56%
	58.77%
	31.93%
	1.86%
	1.70%
	0.49%
	3.64%
	1.05%
	0.57%

Fuente: Elaboración propia

4.4.9.2. Determinación del factor equivalente de carga

Los factores de ejes equivalentes se calcularon de acuerdo a la tabla 2ª. 106 -03 Nacional de Pesos y Dimensiones: “Posibles combinaciones” basado en el método AASTHO 93 que se encuentra en la normativa NEVI – 12, Ver [ANEXO B](#).

Tabla 14. Factores de equivalencia de carga por tipo de vehículo

FACTORES DE EQUIVALENTE DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO									FACTOR FEC
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				0.00	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			10.90
			11	3.24					
3S2	7	1.27			20	3.16			7.59
					20	3.16			
3R3	7	1.27	11	3.24	20	3.16			10.82
					20	3.16			
3S3	7	1.27			20	3.16	24	1.19	5.61

Nota: Usando Cuadro Demostrativo de Peso Bruto Vehicular, tabla 2A. 106-03 Normas NEVI para Estudios y diseño Vial, Volumen 2 Libro A

Fuente: Elaboración propia

4.4.9.3. Cálculo del Número de Ejes Equivalentes (ESALS) para un periodo de 20 años.

Tabla 15. Número de ejes equivalentes

CÁLCULO DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES A 8.2 TONS									
AÑO	% Crecimiento				TRANSITO PROMEDIO DIARIO				
	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO	TPD TOTAL	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO
							1.57%		
2024	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	523	488	19	2	14
2025	1.15%	0.40%	0.40%	0.40%	529	494	19	2	14
2026	1.07%	0.40%	0.40%	0.40%	534	499	19	2	14
2027	0.99%	0.40%	0.40%	0.40%	539	504	19	2	14
2028	0.93%	0.39%	0.39%	0.39%	544	509	19	2	14
2029	0.87%	0.39%	0.39%	0.39%	549	513	19	2	14
2030	0.81%	0.39%	0.39%	0.39%	553	517	19	2	14
2031	0.76%	0.39%	0.39%	0.39%	557	521	20	2	14
2032	0.72%	0.39%	0.39%	0.39%	561	525	20	2	14
2033	0.68%	0.39%	0.39%	0.39%	565	528	20	2	15
2034	0.65%	0.39%	0.39%	0.39%	568	532	20	2	15
2035	0.62%	0.38%	0.38%	0.38%	572	535	20	2	15
2036	0.59%	0.38%	0.38%	0.38%	575	538	20	2	15
2037	0.56%	0.38%	0.38%	0.38%	578	541	20	2	15
2038	0.54%	0.38%	0.38%	0.38%	581	544	20	2	15
2039	0.52%	0.38%	0.38%	0.38%	584	547	20	2	15
2040	0.50%	0.38%	0.38%	0.38%	587	550	20	2	15
2041	0.49%	0.38%	0.38%	0.38%	590	552	20	2	15
2042	0.47%	0.37%	0.37%	0.37%	593	555	20	2	15
2043	0.46%	0.37%	0.37%	0.37%	595	558	20	2	15
2044	0.45%	0.37%	0.37%	0.37%	598	560	21	2	15

CÁLCULO DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES A 8.2 TONS										
CAMIONES									V ₁₁	V ₁₁
2DA	2DB	3 - A	4 - C	2S2	2R3	3S2	3R3	3S3	Acumulad o	Carril Diseño
2	7	3	1	0	1	0	0	2	36 742	16 534
2	8	4	0	0	0	0	0	0	67 818	30 518
2	8	4	0	0	0	0	0	0	98 940	44 523
2	8	4	0	0	0	0	0	0	130 107	58 548
2	8	4	0	0	0	0	0	0	161 320	72 594
2	8	4	0	0	0	0	0	0	192 579	86 660
2	8	4	0	0	0	0	0	0	223 883	100 747
2	8	4	0	0	0	0	0	0	255 233	114 855
2	8	4	0	0	0	0	0	0	286 628	128 983
2	8	4	0	0	0	0	0	0	318 069	143 131
2	8	4	0	0	0	0	0	0	349 555	157 300
2	8	4	0	0	0	0	0	0	381 087	171 489
2	8	4	0	0	0	0	0	0	412 665	185 699
2	8	4	0	0	0	0	0	0	444 288	199 930
2	8	4	0	0	0	0	0	0	475 957	214 181
2	8	4	0	0	0	0	0	0	507 671	228 452
2	8	4	0	0	0	0	0	0	539 431	242 744
2	8	4	0	0	0	0	0	0	571 237	257 057
2	8	4	0	0	0	0	0	0	603 088	271 390
2	8	4	0	0	0	0	0	0	634 984	285 743
2	8	4	0	0	0	0	0	0	666 927	300 117

Fuente: Elaboración propia

Se tiene un resultado de numero de ejes equivalentes de $N = 300117$ proyectado para el año 2044.

4.5. Estudio de suelos

Se realizaron 3 calicatas a lo largo del tramo vial para definir las características físicas y mecánicas del suelo sobre el cual se va a diseñar la estructura de pavimento con sus respectivos espesores.

El día 20 de noviembre del 2023 se realizó la extracción de las muestras de suelo, en el [ANEXO I](#) se muestran las coordenadas de extracción y los datos recopilados, además un resumen de los ensayos realizados de acuerdo a las siguientes normas:

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

Mediante los ensayos realizados tenemos un valor de CBR = 1.9% como el más desfavorable.

4.5. Diseño Geométrico

4.6.1. Velocidad de diseño

La vía San Cristóbal - Malima al tener una clasificación funcional C3 y contar con un TPDA de 368 vehículos, se determinó una velocidad de diseño de 40 km/h según la tabla ubicada en el [ANEXO C](#).

4.6.2. Velocidad de Circulación

Esta velocidad depende de la velocidad de diseño (40 km/h) y al volumen de tránsito (intermedio); por tanto, según el [ANEXO C](#) la velocidad de circulación es de 35 km/h.

4.6.3. Diseño Horizontal

4.6.3.1. Radio mínimo

La Normativa del MTOP sugiere una tasa de sobreelevación del “8% para caminos vecinales tipo 4, 5 y 6, velocidades hasta 50 km/h” (MTOP, 2003, p. 56). Además, el coeficiente de fricción depende de la velocidad de diseño y tiene un valor de 0.221 para una velocidad de 40 km/h como se puede evidenciar en el [ANEXO C](#). A continuación, se resume los parámetros necesarios para el cálculo del radio mínimo:

Tabla 16. Resumen velocidades, peralte y radios

Parámetro	Valor	Unidad
Velocidad de diseño	40	km/h
Peralte, e	8	%
Coefficiente de fricción, f	0.221	-
Radio mínimo	41.86	m
Radio asumido	45	m

Fuente: Elaboración propia

El resumen de las curvas horizontales se encuentra en el [ANEXO D](#).

4.6.3.2. Peralte

Este parámetro fue determinado tomando como base la normativa MTOP (2003), donde se toman en cuenta los factores de velocidad de diseño, radio de curva, coeficiente de fricción, por lo tanto, el peralte seleccionado fue del 8% para vías clase III.

4.6.3.3. Sobreancho

El sobreancho se diseñó tomando como base la velocidad de diseño, el radio de curva, longitud los vehículos, y número de carriles utilizando la siguiente ecuación. En este caso se tomó un sobreancho de 0.30m que es el mínimo que establece el MTOP.

4.6.3.4. Distancia de visibilidad de parada y rebasamiento

Tomando como referencia los “Valores de diseño recomendados para carreteras de dos carriles y caminos vecinales de construcción” del MTOP localizados en el [ANEXO E](#), se determinó que la distancia de visibilidad de parada es de 40m y la distancia de visibilidad de rebasamiento es de 270 m.

4.6.4. Diseño Vertical

4.6.4.1. Curvas verticales cóncavas y convexas

Las curvas cóncavas y convexas se realizaron en base a la normativa MTOP, 2003. En el [ANEXO E](#) se encuentran los valores de diseño recomendados para carreteras de dos carriles y caminos vecinales de construcción. Se comprueban que los datos obtenidos en el alineamiento vertical del Civil 3D tengan concordancia con el cálculo en oficina.

Resumen cotas de las curvas verticales cóncavas y convexas por tramos se encuentran en el [ANEXO F](#).

4.6. Diseño Estructural

4.7.1. Diseño de pavimento flexible AASHTO 93

4.7.1.1. Nivel de confianza, R (%)

Tabla 17. Nivel de confiabilidad, R (%)

TIPO DE CARRETERA	NIVEL DE CONFIABILIDAD; R (%)	
	Urbana	Interurbana
Autopistas y carreteras importantes	85,0 – 99,9	80,0 – 99,9
Arterias principales	80,0 – 99,0	75,0 – 95,0
Colectoras	80,0 – 95,0	75,0 – 95,0
Locales	50,0 – 80,0	50,0 – 80,0

Fuente: AASHTO Guide for design f pavement structures, Washington D.C., 1993: p. II-9.

El tipo de carretera es colectoras y se encuentra en la categoría de interurbana, por lo

tanto, se tiene el siguiente porcentaje de confiabilidad:

$$R(\%) = 85$$

4.7.1.2. Nivel Desviación normal estándar, Zr

Tabla 18. Nivel desviación normal estándar, Zr

CONFIABILIDAD, %	DESVIACIÓN NORMAL ESTANDAR, Zr
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524

75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Fuente: AASHTO Guide for design of pavement structures, Washington D.C., 1993: p. I-62.

El porcentaje de confiabilidad es 85% analizado anteriormente, ahora la desviación normal estándar es:

$$Z_r = -1.037$$

4.7.1.3. Error normal combinado, S_o

Tabla 19. Error normal combinado, S_o

PROYECTO DE PAVIMENTO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR, S_o
Rango para pavimentos flexibles	0.40 – 0.50
Construcción nueva	0.45
Sobrecapas	0.50

Fuente: AASHTO Guide for design f pavement structures, Washington D.C., 1993: p. I-62.

El proyecto está en la clasificación de tipo construcción nueva, se tiene el siguiente

valor de desviación estándar

$$S_o = 0.45$$

4.7.1.4. Nivel de serviciabilidad (Δ IPS)

El índice de serviciabilidad presente (Δ IPS) tiene en cuenta el comportamiento del pavimento.

Tabla 20. Nivel serviciabilidad inicial, P_o

TIPO PAVIMENTO	SERVICIABILIDAD INICIAL, P_o
Concreto	4.5
Asfalto	4.2

Fuente: AASHTO Guide for design f pavement structures, Washington D.C., 1993: p. II-10.

Tabla 21. Nivel serviciabilidad final, P_t

TIPO DE VIA	SERVICIABILIDAD FINAL, P_t
Autopistas	2.5 – 3.0
Carreteras	2.0 – 2.5
Zonas industriales	
Pavimento urbano principal	1.5 – 2.0

Pavimento urbano secundario	1.5 – 2.0
-----------------------------	-----------

Fuente: AASHTO Guide for design f pavement structures, Washington D.C., 1993: p. II-10.
 Como el pavimento es asfalto se tiene el siguiente valor de serviciabilidad inicial

$$Po = 4.2$$

La vía se encuentra en la categoría de carretera y no está en una zona industrial, por lo tanto, el valor de serviciabilidad final es:

$$Pt = 2.0$$

El índice de serviacibilidad será de:

$$(\Delta IPS) = Po - Pt$$

$$(\Delta IPS) = 4.2 - 2.0$$

$$(\Delta IPS) = 2.2$$

4.7.1.5. Determinación del Módulo Resiliente (MR)

Tabla 22. Ecuaciones para determinar el Módulo Resiliente (MR)

MR = 1500(CBR)	CBR < 10%
MR = 3000(CBR)^0.65	10% < CBR < 20%
MR = 4326 x Ln(CBR) + 241	Suelos granulares > 20%

Fuente: AASHTO Guide for design f pavement structures, Washington D.C., 1993:
 CBR = 1.9%

$$MR = 1500 * (1.9\%)$$

$$MR = 2850 \text{ lb/pulg}^2$$

4.7.1.6. Cálculo del número estructural del pavimento SN de diseño

Representa la resistencia total de un pavimento para unas determinadas condiciones de subrasante, transito, índice de servicio y condiciones ambientales. El número estructural se determina por medio de la expresión general o formula básica de la AASHTO:

$\log(N)$

$$= Zr * So + 9.36 * \log(SN + 1) - 0.20 + \left[\frac{\log\left(\frac{\Delta IPS}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1.094}{(SN + 1)^{5.19}}\right)} \right] +$$

- 8.07

5.477

$$= Zr * So + 9.36 * \log(SN + 1) - 0.20 + \left[\frac{\log\left(\frac{\Delta IPS}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1.094}{(SN + 1)^{5.19}}\right)} \right] +$$

- 8.07

$$SN_{Diseño} = 3.744$$

Ilustración 21. Cálculo SN de la subrasante

Fuente: Programa para diseñar por el método AASTHO, 93

4.7.1.7. Módulo resiliente y coeficiente estructural de la sub base

Como se especificó anteriormente la capa estructural de la sub base los agregados que se empleen deberán tener un coeficiente de desgaste máximo de 50%, de acuerdo con el ensayo de abrasión de los Ángeles y la porción que pase el tamiz N° 40 deberá tener un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25. La capacidad de soporte corresponderá aun CBR igual o mayor del 30%, por lo tanto, con el valor mínimo de CBR procedemos a determinar el coeficiente estructural y el módulo resiliente con la ayuda de los ábacos en el [ANEXO A](#).

Tabla 23. Resultados modulo resiliente y coeficiente estructural de la sub base

MODULO RESILIENTE Y COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE LA SUB BASE	
Módulo resiliente	15000 Psi
Coeficiente estructural	0.11

Fuente: Elaboración propia

4.7.1.8. Módulo resiliente y coeficiente estructural de la base

Como se especificó anteriormente la capa estructural de la base tendrá un porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menor del 40% y el valor de soporte de CBR deberá ser igual o mayor al 80%, por lo tanto, con el valor mínimo de CBR procedemos a determinar el coeficiente estructural y el módulo resiliente con la ayuda de los ábacos en el [ANEXO A](#).

Los resultados son:

Tabla 24. Resultados modulo resiliente y coeficiente estructural de la base

MODULO RESILIENTE Y COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE LA BASE	
Módulo resiliente	28000 Psi
Coeficiente estructural	0.135

Fuente: Elaboración propia

4.7.1.8. Módulo resiliente y coeficiente estructural de la mezcla asfáltica**Tabla 25.** Resultados modulo resiliente y coeficiente estructural de la mezcla asfáltica

MODULO RESILIENTE Y COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE LA MEZCLA ASFALTICA	
Módulo resiliente	400000 Psi
Coeficiente estructural	0.42

Fuente: Elaboración propia

4.8. Drenaje

Mediante la siguiente tabla se determina la calidad de drenaje y en qué tiempo la vía es capaz de remover el agua durante un evento extremo.

Tabla 26. Calidad de drenaje para remoción de agua

Calidad del drenaje	Termino para remoción del agua
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Aceptable	1 semana
Pobre	1 mes
Muy pobre	El agua no drena

Fuente: AASHTO Guide for design f pavement structures, Washington D.C., 1993

El promedio de humedad relativa en la zona es del 85%, se ve condicionado primordialmente a la temperatura y la precipitación promedio que en el cantón es de alrededor de 800mm anuales. PDOT PAUTE, (2020).

Tabla 27. Valores del coeficiente de drenaje (mi)

Valores del coeficiente de drenaje (mi) recomendados para modificar los coeficientes de capas de base y sub base granulares				
Calidad del drenaje	% de tiempo de exposición de la estructura del pavimento a nivel de humedad próximos a la saturación			
	< 1%	1 – 5%	5 – 25%	>25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Aceptable	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Fuente: AASHTO Guide for design f pavement structures, Washington D.C., 1993

El valor de (mi) asumido para los materiales granulares es de 1 ya que se considera una

calidad de drenaje buena pero el porcentaje de humedad y precipitación en la zona es alto.

4.8.1. Espesores de las capas del pavimento flexible

4.8.1.1. Cálculo de numeros estructurales

Mediante la ecuación de la AASTHO 93, se determina el número estructural (SN) de cada capa con los parámetros anteriormente calculados:

$$\log(N) = Zr * So + 9.36 * \log(SN + 1) - 0.20 + \left[\frac{\log\left(\frac{\Delta IPS}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1.094}{(SN + 1)^{5.19}}\right)} \right] - 8.07$$

Tabla 28. Resumen números estructurales (SN) para cada capa estructural

Capa asfáltica		
Log(W)	MR	SN1
5.477	400000	0.349
Base granular		
Log(W)	MR	SN2
5.477	28000	1.619
Sub base		
Log(W)	MR	SN3
5.477	15000	2.072

Fuente: Elaboración propia

4.8.1.2. Espesores mínimos

Tabla 29. Espesores mínimos de capas estructurales

Espesores mínimos de capas estructurales				
W18(10⁶)	Capa Asfáltica		Base Granular	
	(in)	(cm)	(in)	(cm)
< 50000	TSD	TSD	4.0	10.0

50000 - 150000	2.0	5.0	4.0	10.0
150000 – 500000	2.5	6.0	4.0	10.0
500000 -2000000	3.0	8.0	6.0	15.0
2000000 – 7000000	3.5	9.0	6.0	15.0
> 7000000	4.0	10.0	6.0	15.0

Fuente: Elaboración propia basado en MTOP, 2003

4.8.1.3. Calculo espesores de pavimento

4.8.1.3.1. Calculo espesores de asfalto, base y sub base granular

Mediante las siguientes formulas del método AASTHO 93 se calcula los espesores mínimos del proyecto, luego se comprobará que sean mayores a los espesores que nos da la normativa y según eso tendremos los espesores asumidos.

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

$$D2 = \frac{SN2 - SN1}{a2 * m2}$$

$$D3 = \frac{SN3 - (SN1 + SN2)}{a3 * m3}$$

Comprobando que:

$$SN1 = a1 * D1 \geq SN1$$

$$SN1 + SN2 \geq SN2$$

Con los espesores asumidos, calculamos el SN real, mediante la siguiente ecuación:

$$SN1_{real} = Dasum * a$$

$$SN2_{real} = Dasum * a + SN1_{real}$$

$$SN3_{real} = Dasum * a + SN2_{real} + SN1_{real}$$

Tabla 30. Cálculo de espesores para las capas estructurales del pavimento flexible

Capas	a	m	SN	D (in)	Dmin (in)	Dasum (in)	Dasum (cm)	SN real
1	0.42		0.349	0.83	2.5	2.5	6	1.05
2	0.135	1	1.619	4.21	4.0	6	15	1.86
3	0.11	1	2.072	4.38	4.0	6	15	3.57

Fuente: Elaboración propia

Una vez con los espesores asumidos determinaremos el valor de SN que tendrá que ser mayor al SN subrasante calculado anteriormente, de cumplir la condición el diseño de pavimento estará correcto, caso contrario se deben aumentar los espesores.

$$SN > SN_{Subrasante}$$

$$3.57 > 3.74$$

“No cumple” (Se debe aumentar los espesores)

Tabla 31. Corrección y cálculo de espesores

Capas	a	Dasum (in)	Dasum (cm)	SN real
1	0.42	3	8	1.26
2	0.135	6	15	2.07
3	0.11	6	15	3.99

Fuente: Elaboración propia

$$SN > SN_{Subrasante}$$

$$3.99 > 3.74$$

“Cumple” (Los espesores están correctamente diseñados)

4.8.1.3.2. Espesor de mejoramiento para la subrasante

Como el porcentaje de CBR es muy bajo se debe realizar un mejoramiento a la capa subrasante para que sea capaz de soportar a las capas estructurales del pavimento.

La MOP-001-F (2002), recomienda reemplazar el material existente por uno mejorado, el mismo podrá ser suelo granular, material rocoso o la combinación de ambos, por último, sugiere que el valor mínimo de CBR sea del 6%.

Se determinará el espesor del mejoramiento mediante la siguiente formula:

$$D_4 = \frac{SN - SN_o}{a_4 * m_4}$$

Donde:

SN: Valor del número estructural supuesto (CBR 6%)

SNo: Valor del número estructural real (CBR 1.9%)

a4: Coeficiente estructural de capa de la subrasante mejorada, se recomienda un valor de 0.061 para reemplazar la subrasante muy pobre y pobre, por una subrasante regular con CBR de 6% - 10%.

m4: Coeficiente de drenaje de la capa 4 (Mismo coeficiente que las capas 2 y 3)

Tabla 32. Cálculo del número estructural (SN) para los dos porcentajes de CBR

	CBR (1.9%)	CBR (6%)
SN	3.74	2.513

Fuente: Elaboración propia

$$D_4 = \frac{SN - SN_o}{a_4 * m_4}$$

$$D_4 = \frac{3.74 - 2.513}{0.061 * 1}$$

$$D_4 = 20.12in = 51.12cm$$

$$D_{4asumido} = 55cm$$

4.8.1.3.3. Resumen espesores estructurales de pavimento

Tabla 33. Espesores estructurales de pavimento

ESPEORES ESTRUCTURALES DE PAVIMENTO		
Capas	in	cm
Carpeta asfáltica de pavimento flexible	3	7.5
Base granular	6	15
Sub base granular	6	15
Mejoramiento subrasante	22	55

Fuente: Elaboración propia

4.9. Diseño de cunetas

4.9.1. Coeficiente de escorrentía

Para la determinar el coeficiente de escorrentía en la zona del proyecto, se utilizó la tabla en el [ANEXO G](#), teniendo en cuenta que la parroquia San Cristóbal tiene mayormente una cobertura vegetal de pastos y vegetación ligera con la pendiente del terreno en categoría media, el resultado del coeficiente es de 0.25.

4.9.2. Intensidad de lluvia

Mediante la información del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) se tiene la intensidad máxima en la zona de estudio. Mediante la estación M0138 Paute se tienen los siguientes resultados para una intensidad con un periodo de retorno de 10 años y un tiempo de duración de 30 minutos como nos dice la normativa MTOP, (2003).

Una intensidad de 88mm/h como se puede observar en la ilustración 12.

4.9.3. Velocidad máxima y mínima

Las velocidades máximas del material serán de 4.50m/s de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 34. Velocidades del agua con que se erosionan diferentes materiales

MATERIAL	VELOCIDAD m/s .	MATERIAL	VELOCIDAD m/s .
Arena fina	0.45	Pizarra suave	2.0
Arcilla arenosa	0.50	Grava gruesa	3.50
Arcilla ordinaria	0.85	Zampeado	3.4-4.5
Arcilla firme	1.25	Roca sana	4.5 – 7.5
Grava fina	2.00	Hormigón	4.5-7.5

Fuente: MTOP, 2003

4.9.4. Coeficiente de rugosidad de Manning

El coeficiente de rugosidad se relaciona al tipo de material a ocupar, en este caso el hormigón tiene un coeficiente $n = 0.013$, mediante la siguiente tabla:

Ilustración 22. 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	
e) Fondo de hormigón alisado con lados de:	Garita sobre una roca excavada en forma irregular	0,022	0,027	
	Piedra acomodada en mortero	0,015	0,017	0,020
	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
f) Fondo de grava con lados de:	Albañilería de piedra en bruto unida con cemento	0,020	0,025	0,030
	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: Normativa NEVI-12

4.9.5. Relaciones geométricas para parámetros hidráulicos

Para el diseño se utilizó una forma triangular para las cunetas, además se impuso una relación de 1:2, por lo tanto, $d = 0.2\text{m}$ y $a = 0.4\text{m}$, como se puede observar en la ilustración 14: La velocidad se determinó mediante la ecuación de Manning, utilizando la pendiente natural, los parámetros anteriormente calculados y el área del canal triangular.

Se tiene 2 principales áreas de aporte, la primera es la que se forma en la carpeta asfáltica a lo largo de la vía y la segunda se forma por la presencia de vegetación en el talud, se toma un valor de 35 metros de ancho por presencia de vegetación en el talud, la sumatoria de los aportes será el resultado del aporte total que se debe evacuar por las cunetas.

Para la evaluación del diseño se debe verificar que el caudal que es capaz de transportar la cuneta es mayor al que existe en la vía y al proyectado.

Q_1 , se determina mediante la ecuación de Manning, con la pendiente natural del canal, coeficiente de rugosidad de Manning y las relaciones geométricas de la cuneta.

- Caudal Q_1

$$Q_1 = V * A$$

Donde

V: Velocidad calculada con la ecuación de Manning (m/s)

A: Área de la cuneta triangular (m^2)

Q_2 , se determina mediante el método de cálculo, basado en las ecuaciones fundamentales de la hidráulica, para determinar la relación precipitación-escorrentía en superficies planas con pendiente transversal, considerando la intensidad de la precipitación constante y uniformemente distribuida, estableciendo una serie de ecuaciones simples para estimar el tiempo (t_e) en que se establece el caudal máximo, por unidad de ancho, y el valor del mismo al final de la superficie plana. MTOP, (2003)

Las ecuaciones son las siguientes:

- **Velocidad (Vo)**

$$V_o = \frac{I}{3.6 * 10^6}$$

Donde:

I: Intensidad máxima (mm/h)

- **Parámetro (a)**

$$a = \frac{S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Donde:

S: Pendiente natural del cauce (m/m)

n: Coeficiente de rugosidad de Manning (-)

- **Tiempo (te)**

$$t_e = \left(\frac{L}{a * V_o^{\frac{3}{2}}} \right)^{\frac{3}{5}}$$

Donde:

L: Ancho de la calzada (m)

a: Parámetro (-)

Vo: Velocidad (m/s)

- **Caudal máximo por unidad de ancho (qmax)**

$$q_{max} = a * (V_o * t_e)^{\frac{5}{3}}$$

Donde:

a: Parámetro (-)

Vo: Velocidad (m/s)

te: Tiempo (s)

- **Caudal Qd1**

$$Qd1 = q_{max} * L$$

Donde:

qmax: Caudal máximo por unidad de ancho (m³/s/m)

L: Longitud entre alcantarillas (m)

- **Caudal Qd2**

$$Qd2 = \left(\frac{C * I * Ap}{360} \right)$$

Donde:

I: Intensidad máxima (mm/h)

Ap: Área de aporte total (km²)

C: Coeficiente de escorrentía (-)

- **Caudal Q2**

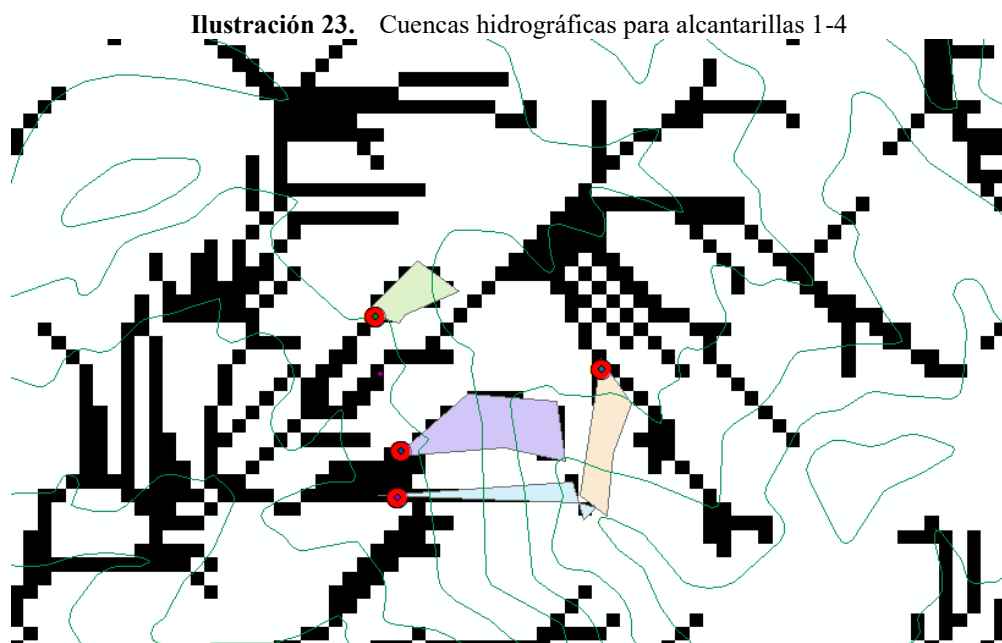
$$Q2 = Qd1 + Qd2$$

En el [ANEXO G](#), se observa un resumen y la evaluación de las cunetas, si $Q1 > Q2$ el caudal que se presentara en la carpeta asfáltica si podrá ser desalojado por las cunetas incluso en eventos extremos.

4.10. Evaluación de alcantarillado

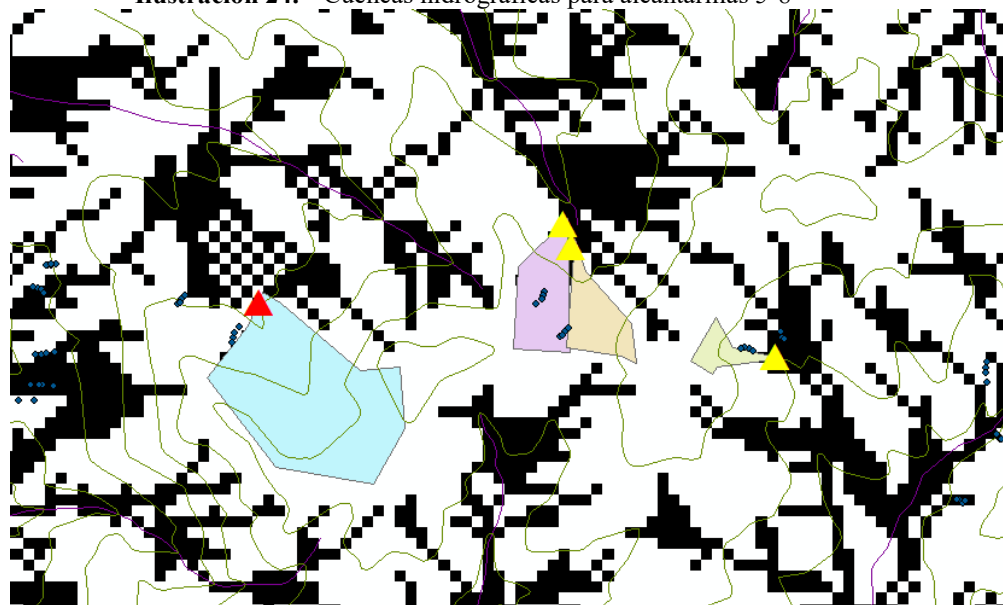
4.10.1. Caudal de diseño

Para determinar el caudal de las alcantarillas presentes en el tramo vial de estudio, se partió de la importación de los datos característicos de cada alcantarilla con sus respectivas coordenadas en el software ARCGIS, con el objetivo de generar las cuencas hidrográficas que tendrá cada alcantarilla.



Fuente: Elaboración propia ArcGIS

Ilustración 24. Cuencas hidrográficas para alcantarillas 5-8



Fuente: Elaboración propia ArcGIS

Descripción de imágenes

- Líneas negras pixeladas: Representan las líneas de flujo que se aproximan a cada alcantarilla
- Triángulos: Puntos de drenaje de cada alcantarilla.
- Polígonos: Cuencas hidrográficas para cada alcantarilla.

Una vez generadas las curvas hidrográficas para los puntos de drenaje de cada alcantarilla, se procedió a la extracción de las propiedades de cada cuenca como el número de la alcantarilla, código (AD: Alcantarilla Derecha – AI: Alcantarilla Izquierda), área, perímetro, cota mayor (Punto más alto de la cuenca), cota menor (Punto más bajo de la cuenca) y pendiente (s).

Tabla 35. Datos de alcantarillas con sus cuencas hidrográficas

NÚMERO	CÓDIGO	ÁREA (Ha)	PERIMETRO (km)	Longitud (m)	Cota mayor	Cota menor	S (m/m)
--------	--------	-----------	----------------	--------------	------------	------------	---------

1	AD	1.000	1.017	388.190	3000.000	2800.000	0.52
2	AD	3.342	0.904	351.210	2960.000	2800.000	0.46
3	AD	94.805	4.275	1340.180	3040.000	2800.000	0.18
4	AD	1.208	12.085	189.250	2880.000	2840.000	0.21
5	AD	1.823	0.746	321.960	3000.000	2920.000	0.25
6	AD	16.629	1.658	504.012	3008.805	2920.000	0.18
7	AD	4.294	0.939	232.744	3038.544	2967.825	0.30
8	AD	3.138	0.887	271.897	3052.627	2988.695	0.24

Fuente: Elaboración propia

Con los datos de las alcantarillas junto con sus cuencas, se procede a la elección del periodo de retorno para la vía según la siguiente tabla:

Tabla 36. Periodo de retorno según la importancia de la obra

Tipo de estructura	Tr (años)
Puente sobre carretera importante	50 a 10
Puente sobre carretera de importancia media o alcantarillas en carretera importante	25
Alcantarilla sobre camino secundario	5 a 10
Drenaje en aeropuertos	5
Drenaje urbano	2 a 10
Drenaje agrícola	5 a 10
Muros de encausamiento	5 a 10
Desviación de crecientes en proyectos hidroeléctricos	20 a 50
Rebosaderos para proyectos hidroeléctricos según si la presa es de tierra, enrocado o concreto	Mayor a 1000 años o crecienta máxima probable.

Fuente: MTOP, 2003

De esta manera, para el tramo vial de estudio, se optó por elegir un periodo de retorno Tr igual a 25 años. Después, se mide la longitud de cada cauce que se dirige al punto de drenaje de la alcantarilla.

Luego, se determina el tiempo de concentración según Kirpich:

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

Donde:

Tc: Tiempo de concentración, h.

L: Longitud del cauce, km.

S: Pendiente del cauce, m/m.

Con el tiempo de concentración, se calcula la intensidad de la lluvia con la expresión:

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

Donde:

I: Intensidad de la lluvia, mm/h.

Tr: Tiempo de retorno, años.

Tc: Tiempo de concentración, min.

Seguido al cálculo de la intensidad de la lluvia se da paso a la elección del coeficiente de impermeabilidad C en el siguiente cuadro:

Tabla 37. Coeficiente de escorrentía C

Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional.							
Característica de la superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
<i>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</i>							
<i>Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50 % del área)</i>							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)</i>							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)</i>							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
Área de cultivos							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56

Fuente: Normativa NEVI-12

Con estos datos se procede a definir el Caudal de diseño según el método racional que establece los siguiente:

$$Q = 127 * C * I * A$$

Donde:

Q: Caudal de diseño, l/s.

C: Coeficiente de escorrentía.

I: Intensidad de la lluvia, mm/h.

A: Área de cuenca, ha.

Así se obtuvieron los siguientes caudales de diseño para las alcantarillas del tramo de vía en estudio:

Tabla 38. Caudal de diseño para alcantarillas

N° Alcantarilla	Tr (años)	Longitud media del cauce (km)	Pendiente (m/m)	Tiempo concentración (h)	Intensidad (mm/h)	Coefficiente de escorrentía	Área (Ha)	Caudal (l/s)	Caudal (m ³ /s)
		L	S	Tc	I	C	A	Q	Q
1	25	0.388	0.515	0.041	156.705	0.9	1.000	392.076	0.392
2	25	0.351	0.456	0.040	157.541	0.9	3.342	1317.492	1.317
3	25	1.340	0.179	0.160	112.137	0.9	94.805	1725.551	1.726
4	25	0.189	0.211	0.033	162.410	0.9	1.208	491.060	0.491
5	25	0.322	0.248	0.047	152.744	0.9	1.823	696.506	0.697
6	25	0.504	0.176	0.076	137.655	0.9	16.629	5727.293	5.727
7	25	0.233	0.304	0.034	161.900	0.9	4.294	1739.204	1.739
8	25	0.272	0.235	0.042	155.914	0.9	3.138	1224.153	1.224

Fuente: Elaboración propia

4.10.2. Estado de alcantarillas


Se dio lugar a la recopilación de las características propias de cada alcantarilla como sus coordenadas geográficas, elevación, diámetro, material, estructuras de entrada y salida y las observaciones que tenía cada una de ellas. Esta recopilación de información se plasmó en fichas del Gobierno Provincial del Azuay. Estas fichas se presentan en el [ANEXO I](#).

Ilustración 25. Características de entrada de la alcantarilla

ENTRADA		
	Coordenadas UTM	
	Norte:	9687306.220
	Este:	740739.290
	Cota invert:	2837.140
Estructura		
	SI	NO
Cabezal	x	
Caja		x
Observaciones		
Libre de maleza		

Fuente: Ficha del Gobierno Provincial del Azuay

Ilustración 26. Características de salida de la alcantarilla

SALIDA		
	Coordenadas UTM	
	Norte:	9687308.120
	Este:	740727.690
	Cota invert:	2836.140
Estructura		
	SI	NO
Cabezal	x	
Caja		x
Observaciones		
Con maleza y basura desechada		
ALCANTARILLA		
Material	Longitud	Observaciones
PVC	11.79	
Hormigón	Diametro	
Armico	1500 mm	Tubería destapada

Fuente: Ficha del Gobierno Provincial del Azuay

4.10.3. Evaluación de las alcantarillas

Con las características registradas den las vichas de las alcantarillas, se determina la velocidad de flujo que tendrán con la siguiente ecuación:

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

Donde:

V: Velocidad de flujo, m/s.

n: Coeficiente de rugosidad del material de la tubería.

R: Radio de la tubería, m.

S: Pendiente de la tubería, %.

Dentro de las alcantarillas, los materiales de las tuberías fueron de tipo hormigón y ármico, permitiendo establecer unos coeficientes de rugosidad de 0.013 y 0.024, respectivamente. En adición, se verificó que la velocidad calculada este dentro de los rangos de velocidad mínima 0.6 m/s y máxima de 5 m/s.

Después se da lugar al cálculo del factor k4 que servirá para determinar la relación y/d que consiste en la relación de la altura de la lámina de agua y el diámetro interno del tubo y debe ser menor o igual al 80% para funcionar correctamente. El factor k4 se calcula con la siguiente formula:

$$k4 = Q * \frac{n}{S^{\frac{1}{2}} * D^{\frac{3}{8}}}$$

Donde:

K4: Factor de la relación y/d.

Q: Caudal de diseño, m3/s.

S: Pendiente, %.

D: Diámetro, m.

Con el factor k_4 ya determinado, se relaciona este valor con la tabla del para definir la relación y/d . En el tramo vial de estudio, se tienen las siguientes relaciones y/d :

Tabla 39. Evaluación de alcantarillas

N° Alcantarilla	Cota inicial msnm	Cota final msnm	Longitud m	Pendiente %	Caudal de diseño m ³ /s	Diámetro m	Velocidad (m/s)	v min	v max	Coefficiente de rugosidad	K4	k4	Y/D	Condición
1	2837.144	2836.14	11.79	8.52%	0.392	1.5	4.98	0.6	5	0.024	0.00011	0.00011	0.0633	CUMPLE
2	2842.073	2841.731	12.69	2.70%	1.317	1.5	3.56	0.6	5	0.024	0.00065	0.00065	0.1551	CUMPLE
3	2857.003	2856.496	11.18	4.53%	1.726	0.6	2.5	0.6	5	0.024	0.00759	0.00759	0.3482	CUMPLE
4	2862.766	2862.304	10.73	4.31%	0.491	0.6	4.51	0.6	5	0.013	0.00120	0.00120	0.1900	CUMPLE
5	2943.194	2942.109	10.68	10.16%	0.697	0.5	4.85	0.6	5	0.013	0.00180	0.00180	0.2003	CUMPLE
6	2959.862	2959.686	11.22	1.57%	5.727	0.5	2.41	0.6	5	0.013	0.03775	0.03775	0.6094	CUMPLE
7	3046.896	3046.184	10.27	6.93%	1.739	0.6	4.91	0.6	5	0.013	0.00335	0.00335	0.2003	CUMPLE
8	3052.645	3052.371	10.19	2.69%	1.224	0.6	3.56	0.6	5	0.013	0.00379	0.00379	0.2838	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

En el caso del tramo vial de estudio, mediante la evaluación de cada una de las alcantarillas se puede constatar que su diámetro permite la funcionalidad correcta de la alcantarilla al tener valores menores a 0.8 en la relación y/d , haciendo innecesario la implementación de un nuevo diámetro.

4.10.4. Estructura de entrada y salida

Mediante las fichas se evidenció que las alcantarillas contaban con dos tipos de estructuras:

1. Entrada Caja – Salida Cabezal

Ilustración 27. Fotografías de alcantarillas en campo



Fuente: Elaboración propia

2. Entrada Cabezal – Salida Cabezal

Ilustración 28. Estructura Cabezal - Cabezal



Fuente: Elaboración propia

4.11. Presupuesto

El presupuesto para diseño geométrico y estructural de pavimento de la vía san Cristóbal – Malima de las abscisas 0+000 hasta la abscisa 2+900 km, perteneciente al cantón Paute provincia del Azuay.

PRESUPUESTO						
Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1		OBRAS PRELIMINARES				383 652.56
1.1	500004	Replanteo y nivelación de vías	ml	2 900.00	3.50	10 150.00
1.2	500010	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	43 611.58	1.96	85 478.70
1.3	500014	Excavación manual material sin clasificar	m3	218.06	12.53	2 732.29
1.4	500001	Cargado de material con cargadora	m3	56 978.53	1.37	78 060.59
1.5	500002	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	56 978.56	2.22	126 492.40
1.6	500003	Sobreacarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, Distancia > 6 Km	m3-km	310 533.00	0.26	80 738.58
2		ESTRUCTURA VIAL				698 996.78
2.1	500005	Subrasante conformación y compactación con equipo pesado	m2	17 400.00	1.31	22 794.00
2.2	500006	Pedraplén, conformación y compactación con equipo pesado	m3	174.00	25.01	4 351.74
2.3	500007	Mejoramiento, conformación y compactación con equipo pesado	m3	10 887.60	23.45	255 314.22
2.4	500040	Sub base conformación y compactación con equipo pesado	m3	2 160.00	29.69	64 130.40
2.5	500041	Base Granular conformación y compactación con equipo pesado	m3	2 160.00	35.93	77 608.80
2.6	500011	Imprimación asfáltica con barrido mecánico	m2	17 400.00	1.22	21 228.00
2.7	500039	Carpeta asfáltica (e= 3") Ho Asf. mezclado en planta	m2	17 400.00	13.96	242 904.00
2.8	500013	Brocal de hormigón para pozos (h= 20cm) y tapa (h= 10cm) cónicos, D= 700mm, Tipo A	u	58.00	105.35	6 110.30
2.9	500017	Recuperación de pozo, d= 600 mm	u	58.00	78.54	4 555.32
3		OBRAS DE DRENAJE. CUNETAS				92 397.93
3.1	500014	Excavación manual material sin clasificar	m3	174.00	12.53	2 180.22
3.2	506002	Cargado de material con minicargadora	m3	226.20	2.00	452.40
3.3	506005	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	226.20	2.22	502.16
3.4	506007	Sobreacarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, distancia > 6 Km	m3-km	2 504.03	0.23	575.93
3.5	505017	Subrasante conformación y compactación con equipo liviano	m2	3 480.00	2.36	8 212.80
3.6	505019	Mejoramiento, conformación y compactación con equipo liviano	m3	87.00	30.25	2 631.75
3.7	512005	Encofrado de madera recto (2 usos)	m2	1 444.30	10.37	14 977.39
3.8	507003	Hormigón simple f'c = 210 kg/cm2	m3	423.43	129.10	54 664.81
3.9	528004	Corte y sellado de juntas con poliuretano, incluye cordón e imprimante	m	1 411.44	3.95	5 575.19
3.10	509005	Curado de superficie con aditivo químico	m2	4 234.33	0.62	2 625.28
4		SEÑALIZACION				11 164.56
4.1	500018	Señalización vertical	u	6.00	148.76	892.56
4.2	500019	Pintura para señalización de tráfico, manual, franja de hasta 15cm	ml	6 420.00	1.60	10 272.00
5		MITIGACION DE IMPACTOS AMBIENTALES				1 860.18
5.1	500028	Letrero metálico de información del Proyecto	u	2.00	484.84	969.68
5.2	500020	Señalización con cinta	ml	200.00	0.23	46.00
5.3	500021	Parante con base de hormigón, 20 usos	u	20.00	6.46	129.20
5.4	500022	Cobertura de plástico (5 usos)	m2	50.00	0.29	14.50
5.5	500023	Difusión Social	global	1.00	700.80	700.80

SUBTOTAL		1 188 072.01
IVA	12%	142 568.64
TOTAL		1 330 640.65

Son: UNO MILLONES TRESCIENTOS TREINTA MIL SEISCIENTOS CUARENTA CON 65/100 DÓLARES

El cronograma valorado y ruta crítica del proyecto se encuentra en el [ANEXO H](#).

CONCLUSIONES

- El estudio y proyección de tráfico se realizó en base a la Normativa MTOP (2003), para asegurar que la vía sea capaz de soportar el volumen de tráfico existente y proyectado a 20 años de vida útil, se tiene un volumen de tráfico actual de 320 vehículos y un volumen de tráfico futuro de 368 vehículos.
- Mediante el TPDA proyectado a 20 años, se tiene una carretera de clasificación funcional C3, la misma tuvo una calzada de 6 metros, con 2 carriles de 3 metros cada uno.
- El diseño geométrico se realizó en base a la Normativa MTOP (2003), para garantizar seguridad, comodidad y movilidad a los conductores, mediante un correcto trazado, velocidad de diseño de 40km/h y pendientes longitudinales máximas del 12% que se forma por la topografía ondulada y montañosa.
- Se realizó un estudio geotécnico para determinar la capacidad portante del suelo (CBR), donde se obtuvieron 3 medidas. Se escogió la menor para posteriormente diseñar el

pavimento con el caso más desfavorable, de esta manera se brinda seguridad a la estructura. El valor menor y elegido para el diseño de pavimentos fue del 1.9% de CBR.

- Se realizó el cálculo de ejes equivalentes (ESALS) para conocer la carga que tuvo la carretera proyectada a 20 años de vida útil, el resultado fue $W18 = 300117$.
- Se evaluaron las alcantarillas existentes en el tramo vial, determinando que todas cumplen con la capacidad de desalojar el caudal existente y el proyectado de la carretera para 25 años de vida útil.
- Se diseñaron las cunetas en base a la Normativa MTOP (2003), obteniendo cunetas de sección triangular con una relación de 1:2, las mismas son capaces de desalojar el caudal existente y futuro de la carretera para 25 años de vida útil.
- Se realizó el diseño de pavimentos en base a la Normativa AASTHO (93), donde se determinaron los números estructurales, modulo resiliente y espesor de cada capa estructural, determinando los siguientes espesores: 3in, 6in y 6in para el espesor de la carpeta asfáltica, base granular y sub base respectivamente. Por último, se reemplazó el material de la subrasante natural por un material de mejoramiento cuyo espesor fue de 55 cm.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que exista la correcta difusión y socialización del inicio de ejecución de la obra, con el objetivo de que los moradores tengan conocimiento de que se realizarán trabajos en la carretera.
- Al momento de la construcción del proyecto se debe incorporar señalización visible que alerte a los conductores y evitar siniestros viales.

- Asignar un grupo para la limpieza de alcantarillas ya que algunas tienen la presencia de materia orgánica que puede obstruir la tubería y ocasionar daños a la estructura.
- Como el CBR existente en la zona es bajo, se recomienda utilizar el espesor de la subrasante de mejoramiento y utilizar materiales granulares para que sea capaz de soportar las capas estructurales.
- Al finalizar la obra se recomienda realizar mantenimientos periódicos en la calzada y en las obras de arte para asegurar las condiciones de la carretera.

BIBLIOGRAFÍA

- Bustamante, F. O. (2009). Estructuración de las vías terrestres (10 ed.). Grupo editorial Patria.https://www.academia.edu/29812819/Estructuracion_de_vias_terrestres_Fernando_Olivera_Bustamante.
- Figuroa, J. O. (2019). Rediseño de la vía Cesar Chiriboga (Tramo I – 1.2 km) y Flor de Pascua (Tramo II – 1.5 km), de la parroquia la Merced en el Distrito Metropolitano de Quito. [Tesis de pregrado que otorga el título de ingeniero civil, Universidad Central del Ecuador] Repositorio Universidad Central del Ecuador.
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/18524>
- Torreglosa Díaz, S., Ovalle Díaz, D. A., Castillo Palmera, J. A., & Mejía Rodríguez, J. D. (2022). Proyecto vial Chivolo-Pivijay, Magdalena.
- Vega, S. A., & Cahuana, G. (2021). Diseño de infraestructura vial con pavimento flexible para mejora de transitabilidad de la avenida Industrial, Lurín, Lima. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, (21), 108-114.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas [MTOP]. (2013). Normas para estudios y diseños viales (Vol. 2)
https://www.obraspublicas.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI12_VOLUMEN_2A.pdf

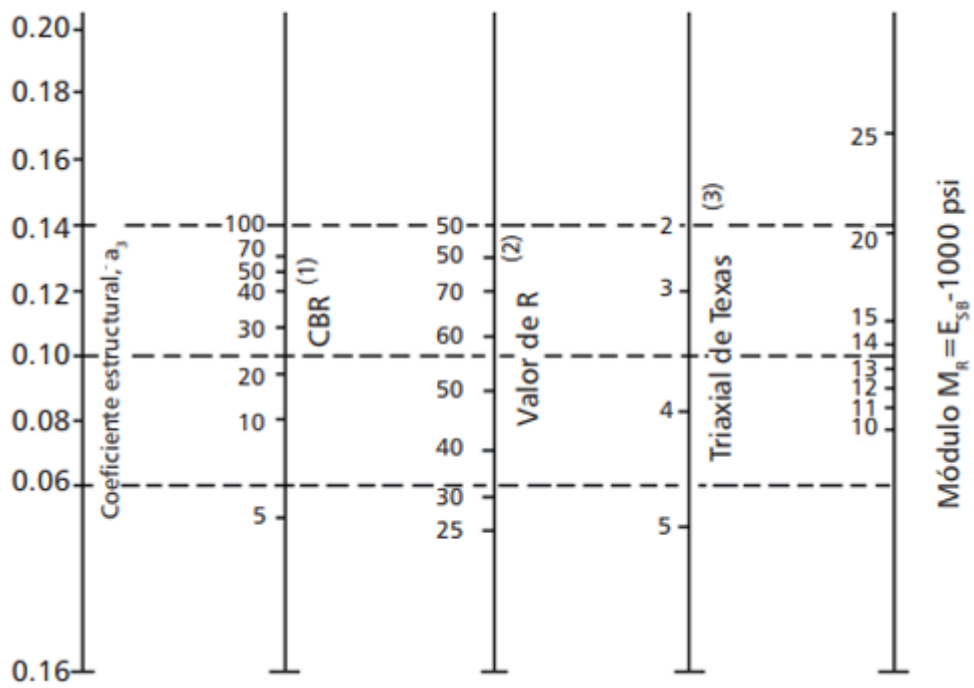
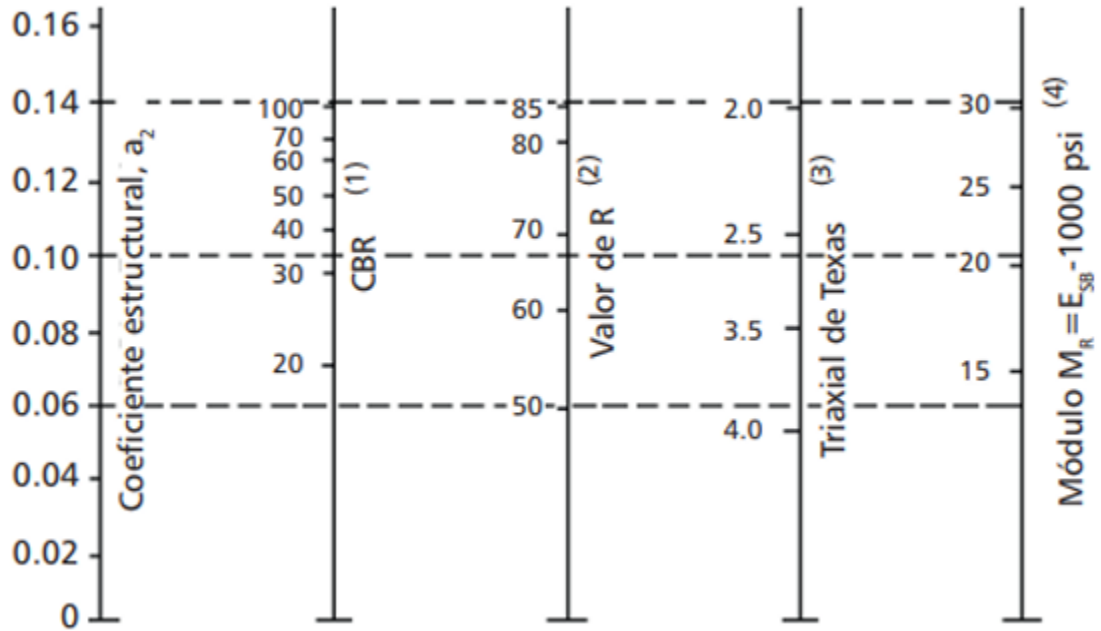
Ministerio de Transporte y Obras Públicas [MTO]. (2003). Normas de Diseño Geométrico de Carreteras. Wordpress https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/manual-dedisecc3b1o-decarretera_2003-ecuador.pdf

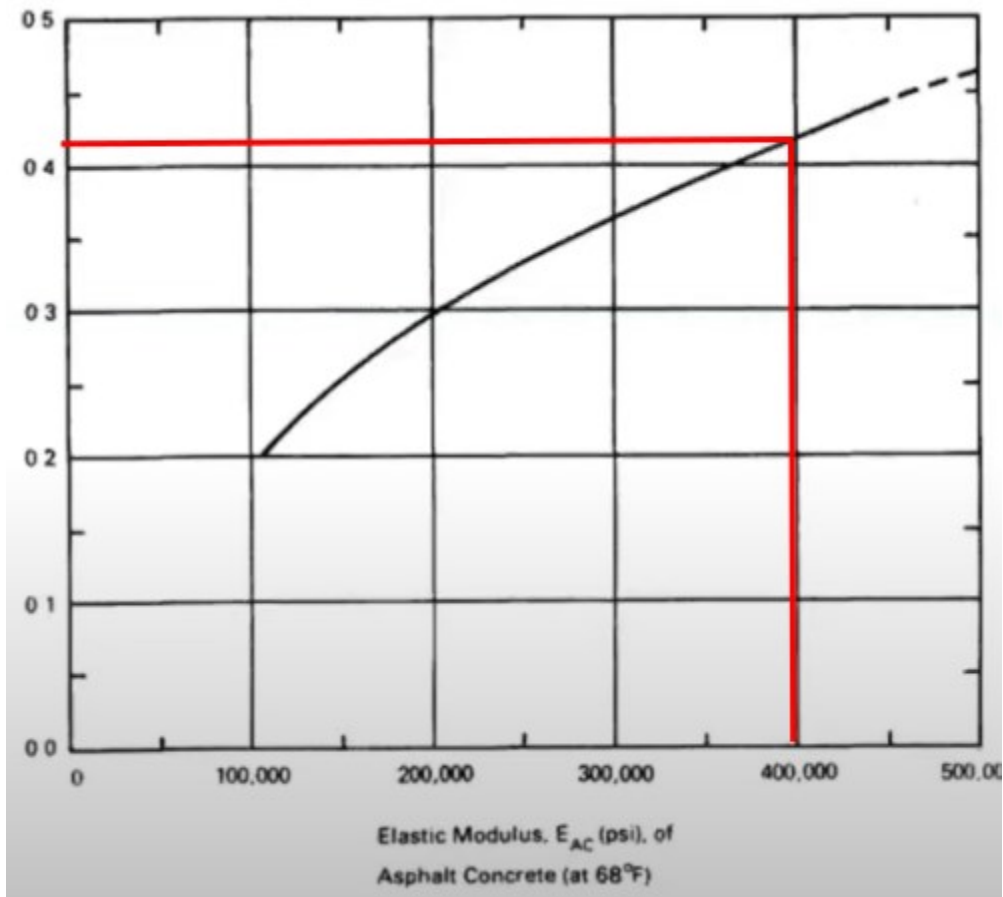
Cordo, O. V. (2006). Diseño de Pavimentos AASHTO 93 (Vol. 3). E. d. Juan, Ed., & O. V. Cordo, Trad.
https://www.academia.edu/34103801/DISENO_DE_PAVIMENTO_METODO_AASHTO_93_ESPANOL_1_

Olivera, F. (2017). Manual de drenaje para caminos rurales. Ed. secretaria de asentamientos humanos y obras públicas. <http://dimsec.com/wp-content/uploads/2017/09/Manual-deDrenaje-Para-Caminos-Rurales.pdf>

ANEXOS

ANEXO A.





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	

ANEXO B.

PROTECCION DE TRAFICO
PROTECCIONES DE VEHICULOS LIVIANOS SEGUN EL MODELO LOGISTICO

AÑO	POBLACION PAUTE	VEHICULOS LIVIANOS	T_m	$T-L_m(T_r/T_m - 1)$	T_m AJUSTADO	VEH. AJUSTADO. LIVIANOS
1969	31603	1	0.03	10.09	15.08	476
1970	31936	100	3.13	5.49	16.98	542
1971	32269	400	12.40	4.10	19.13	617
1972	32602	700	21.47	3.54	21.53	702
1973	32935	1000	30.36	3.18	24.23	798
1974	33268	1300	39.08	2.92	27.25	907
1975	33632	1600	47.57	2.71	30.64	1030
1976	33996	1900	55.89	2.54	34.43	1170
1977	34359	2200	64.03	2.39	38.66	1328
1978	34723	2500	72.00	2.26	43.37	1506
1979	35087	2800	79.80	2.15	48.63	1706
1980	35451	3100	87.45	2.04	54.48	1931
1981	35814	3400	94.93	1.95	60.96	2183
1982	36178	3700	102.27	1.87	68.15	2465
1983	34357	4000	116.42	1.71	76.09	2614
1984	32536	4300	132.16	1.56	84.84	2760
1985	30715	4600	149.76	1.41	94.46	2901
1986	28894	4900	169.59	1.25	105.00	3034
1987	27073	5200	192.07	1.09	116.52	3155
1988	25252	5500	217.80	0.92	129.05	3259
1989	23431	5800	247.54	0.73	142.63	3342
1990	21610	6100	282.28	0.53	157.28	3399
1991	21746	6400	294.31	0.47	173.02	3763
1992	21882	6700	306.19	0.40	189.84	4154
1993	22018	7000	317.92	0.34	207.72	4574
1994	22154	7300	329.51	0.27	226.62	5021
1995	22290	7600	340.96	0.21	246.48	5494
1996	22426	7900	352.27	0.15	267.21	5992
1997	22562	8200	363.44	0.09	288.71	6514

1998	22 698	8 500	374.48	0.04	310.85	7 056
1999	22 834	8 800	385.39	-0.02	333.49	7 615
2000	22 970	9 100	396.17	-0.08	356.49	8 189
2001	23 106	9 400	406.82	-0.13	379.67	8 773
2002	23 371	9 700	415.04	-0.18	402.86	9 415
2003	23 637	10 000	423.07	-0.22	425.90	10 067
2004	23 902	10 300	430.93	-0.26	448.61	10 723
2005	24 167	10 600	438.61	-0.30	470.84	11 379
2006	24 433	10 900	446.12	-0.34	492.45	12 032
2007	24 698	11 200	453.48	-0.38	513.31	12 678
2008	24 963	11 500	460.68	-0.42	533.31	13 313
2009	25 229	11 800	467.72	-0.46	552.36	13 935
2010	25 494	12 100	474.62	-0.50	570.41	14 542
2011	25 601	12 400	484.35	-0.55	587.40	15 038
2012	25 709	12 700	494.00	-0.61	603.31	15 510
2013	25 816	13 000	503.56	-0.66	618.13	15 958
2014	25 923	13 300	513.05	-0.72	631.88	16 380
2015	26 031	13 600	522.46	-0.78	644.57	16 779
2016	26 138	13 900	531.79	-0.83	656.25	17 153
2017	26 245	14 200	541.05	-0.89	666.94	17 504
2018	26 353	14 500	550.23	-0.95	676.70	17 833
2019	26 460	18 050	682.16	-2.13	685.59	18 141
2020	26 567	19 300	726.46	-2.99	693.65	18 428
2021	26 675	19 600	734.78	-3.26	700.95	18 698
2022	26 782	20 100	750.50	-4.10	707.55	18 949
2023	26 889				713.49	19 185
2024	26 997			a = 3.904	718.83	19 406
2025	27 104			b = -0.122	723.63	19 613
2026	27 211				727.94	19 808
2027	27 319			r = 0.8731	731.79	19 992
2028	27 426				735.24	20 165
2029	27 533			r² = 0.76221878	738.32	20 328
2030	27 641			Ts = 763	741.06	20 483
2031	27 748				743.51	20 631
2032	27 855				745.69	20 772
2033	27 963			Y = a+bt	747.64	20 906
2034	28 070			Y = 3.904 - 0.122 t	749.37	21 035
2035	28 177				750.90	21 158
2036	28 285				752.27	21 278
2037	28 392				753.49	21 393
2038	28 499				754.56	21 505
2039	28 607				755.52	21 613
2040	28 714				756.37	21 718
2041	28 821				757.12	21 821
2042	28 929				757.79	21 922
2043	29 036				758.39	22 020
2044	29 143				758.91	22 117
2045	29 251				759.38	22 212
2046	29 358				759.79	22 306
2047	29 465				760.16	22 398
2048	29 573				760.48	22 489
2049	29 680				760.77	22 580
2050	29 787				761.02	22 669
2051	29 895				761.25	22 757
2052	30 002				761.45	22 845
2053	30 109				761.63	22 932

Tabla 2A. 106 - 02 Nacional de Pesos y Dimensiones: "Tipo de vehículos motorizados remolques y semirremolques"

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (ton.)	LARGURAS MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				total	lado	frente
2 D			7	5,00	2,50	3,00
2DA			10	7,50	2,50	3,50
2DB			18	12,20	2,50	4,10
3-A			27	12,20	2,50	4,10
4-C			31	12,20	2,50	4,10
4-D			32	12,20	2,50	4,10
V2DB			18	12,20	2,50	4,10
V3A			27	12,20	2,50	4,10
VZB			27	12,20	2,50	4,10
T2			15	8,50	2,50	4,10
T3			27	8,50	2,50	4,10
S3			24	10,00	3,00	4,30
S2			20	10,00	3,00	4,30
S1			11	15,00	3,00	4,30
R2			22	10,00	3,00	4,30
R3			31	10,00	3,00	4,30
B1			11	10,00	3,00	4,30
B2			20	10,00	3,00	4,30
B3			24	10,00	3,00	4,30

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

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARRA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)			
				Largo	Ancho	Alto	
2S1			TRACTO CAMIÓN DE 1 EJE Y SEMIREMOLQUE DE 1 EJE	29	20,50	2,60	4,50
2S2			TRACTO CAMIÓN DE 1 EJE Y SEMIREMOLQUE DE 2 EJES	38	20,50	2,60	4,30
2S3			TRACTO CAMIÓN DE 1 EJE Y SEMIREMOLQUE DE 3 EJES	42	20,50	2,60	4,30
3S1			TRACTO CAMIÓN DE 2 EJES Y SEMIREMOLQUE DE 1 EJE	38	20,50	2,60	4,30
3S2			TRACTO CAMIÓN DE 2 EJES Y SEMIREMOLQUE DE 2 EJES	47	20,50	2,60	4,30
3S3			TRACTO CAMIÓN DE 2 EJES Y SEMIREMOLQUE DE 3 EJES	48	20,50	2,60	4,50
2R2			CAMIÓN REMOLCADOR DE 2 EJES Y REMOLQUE DE 2 EJES	40	20,50	2,60	4,30
2R3			CAMIÓN REMOLCADOR DE 2 EJES Y REMOLQUE DE 3 EJES	48	20,50	2,60	4,30
3R2			CAMIÓN REMOLCADOR DE 3 EJES Y REMOLQUE DE 2 EJES	48	20,50	2,60	4,50
3R3			CAMIÓN REMOLCADOR DE 3 EJES Y REMOLQUE DE 3 EJES	48	20,50	2,60	4,30
2B1			CAMIÓN REMOLCADOR DE 2 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 1 EJE	29	20,50	2,60	4,50
2B2			CAMIÓN REMOLCADOR DE 2 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 2 EJES	38	20,50	2,60	4,30
2B3			CAMIÓN REMOLCADOR DE 2 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 3 EJES	42	20,50	2,60	4,30
3B1			CAMIÓN REMOLCADOR DE 3 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 1 EJE	38	20,50	2,60	4,50
3B2			CAMIÓN REMOLCADOR DE 3 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 2 EJES	47	20,50	2,60	4,30
3B3			CAMIÓN REMOLCADOR DE 3 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 3 EJES	48	>20,50	3,00	4,50

ANEXO C.

VELOCIDAD DE DISEÑO km/h	VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN 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

RADIOS MÍNIMOS DE CURVAS EN FUNCIÓN DEL PERALTE “e” Y DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN LATERAL “f”									
Velocidad de diseño km/h	“f” max	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	0.35	7	7	8	8	-	20	30	20

25	0.315	12	13	13	14	-	20	25	25
30	0.284	19	20	21	22	-	25	30	30
35	0.255	27	29	31	33	-	30	35	35
40	0.221	39	42	45	48	-	42	45	50
45	0.206	52	56	60	65	-	58	60	66
50	0.190	68	73	79	86	-	75	80	90
60	0.165	107	116	126	138	110	120	130	140
70	0.150	154	168	184	203	160	170	185	205
80	0.140	210	229	252	280	210	230	255	280
90	0.134	273	298	329	367	275	300	330	370
100	0.130	342	375	414	463	350	375	415	465
110	0.124	425	467	518	581	430	470	520	585
120	0.120	515	567	630	709	520	570	630	710
<p>Nota: se podrá utilizar un radio mínimo de 15 m en los siguientes casos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presencia de estructuras existentes. • Relieve difícil 									

ANEXO D.

CURVAS	SENTIDO	Δ	R (m)	LC (m)	PI	PC	PT
C1	IZQUIERDA	18.854 °	95	31.12	2+908	2+892	2+924
C2	DERECHA	11.387 °	120	23.81	2+834	2+822	2+846
C3	DERECHA	4.902 °	5	0.43	2+792	2+792	2+792
C4	DERECHA	0.048 °	5	0.001	2+724	2+724	2+724
C5	IZQUIERDA	39.111 °	70	46.86	2+619	2+595	2+642
C6	IZQUIERDA	80.528 °	40	51.7	2+556	2+522	2+578
C7	DERECHA	75.694 °	35	42.95	2+455	2+428	2+474
C8	IZQUIERDA	33.939 °	105	61.29	2+256	2+224	2+286
C9	IZQUIERDA	63.961 °	105	111.22	1+941	1+875	1+993
C10	DERECHA	121.589 °	35	61.1	1+826	1+763	1+837
C11	DERECHA	0.891 °	5	0.08	1+715	1+715	1+715
C12	DERECHA	1.977 °	5	0.17	1+652	1+651	1+652
C13	IZQUIERDA	14.329 °	140	34.92	1+582	1+564	1+599
C14	DERECHA	18.421 °	150	48.02	1+453	1+429	1+477
C15	IZQUIERDA	33.118 °	40	22.8	1+386	1+374	1+397
C16	DERECHA	82.325 °	40	52.66	1+328	1+293	1+351

C17	DERECHA	3.402 °	2	0.12	1+207	1+207	1+207
C18	DERECHA	1.816 °	2	0.06	1+187	1+187	1+188
C19	DERECHA	81.156 °	100	130.1	1+079	0+994	1+135
C20	DERECHA	38.905 °	60	39.86	0+856	0+835	0+876
C21	DERECHA	9.166 °	10	1.6	0+773	0+772	0+774
C22	DERECHA	43.748 °	40	29.81	0+744	0+728	0+759
C23	DERECHA	24.996 °	90	38.95	0+676	0+656	0+695
C24	IZQUIERDA	4.052 °	300	21.21	0+620	0+620	0+620
C25	DERECHA	22.536 °	95	37.13	0+559	0+540	0+578
C26	DERECHA	22.536 °	95	37.13	0+522	0+503	0+540
C27	IZQUIERDA	0.002 °	95.91	0	0+417	0+417	0+417
C28	IZQUIERDA	56.007 °	50	46.95	0+395	0+367	0+419
C29	IZQUIERDA	0.002 °	100.74	0	0+369	0+369	0+369
C30	DERECHA	36.418 °	50	31.25	0+297	0+281	0+313
C31	DERECHA	86.777 °	35	48.09	0+153	0+120	0+173
C32	IZQUIERDA	52.872 °	50	44.52	0+048	0+023	0+070

ANEXO E.



República del Ecuador
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

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
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 ⁽⁶⁾	60	50	40	50	35	25 ⁽⁶⁾		
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	42	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	30	20 ⁽⁶⁾		
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		
Ferrote	MAXIMO = 10%																															
Coefficiente "K" para: ⁽²⁾	10% (Para V > 50 K.P.H.) 8% (Para V < 50 K.P.H.)																															
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	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3		
Gradiente longitudinal ⁽³⁾ máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14		
Gradiente longitudinal ⁽⁴⁾ mínima (%)	0,5%																															
Ancho de pavimento (m)	7,3			7,3			7,0			6,70			6,70			6,00			6,00			4,00 ⁽⁸⁾										
Clase de pavimento	Carpetas Asfálticas y Hormigón						Carpetas Asfálticas						Carpetas Asfálticas o D.T.S.B.						D.T.S.B. Capa Gramular o Empedrado						Capa Gramular o Empedrado							
Ancho de espaldones ⁽⁵⁾ estables (m)	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	2,0	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 (%)	2,0						2,0						2,0						2,5 (C.V. Tipo 6 y 7) 4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						4,0							
Gradiente transversal para espaldones (%)	2,0 ⁽⁶⁾ - 4,0						2,0 - 4,0						2,0 - 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; HS - MOP; HS - 25																															
	Ancho de la calzada (m) SERA LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VIA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																															
	Ancho de Aceras (m) ⁽⁷⁾ 0,50 m mínimo a cada lado																															
Mínimo derecho de vía (m)	Según el Art. 3º de la Ley de Caminos y el Art. 4º del Reglamento aplicativo de dicha Ley																															
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: $L = KA$, 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 menores a 500 m. se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 2% en terrenos montañosos, solamente para las carreteras de Clase I, II y III. Para Caminos Vecinales (Clase IV) se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 3% en terrenos montañosos, para longitudes menores a 750 m.
- Se puede adoptar una gradiente longitudinal de 0% en rellenos de 1 m. a 6 m. de altura, previo análisis y justificación.
- Espaldón pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía. (Ver Secciones Típicas en Normas). Se ensanchará la calzada 0,50 m más cuando se prevé la instalación de guarda caminos.
- Cuando el espaldón está pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía.
- En los casos en los que haya bastante tráfico de peatones, úsense 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 $V_0 = 20 \text{ Km/h}$ 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.

ANEXO F.

Curva vertical	Concavidad	PIV		PCV		PTV		m (%)	n (%)	Lcv
		x	y	x	y	x	y			
1	Convexa	267.88	2838	237.88	2836.47	297.88	2840.38	0.051	0.07933333	60
2	Convexa	489.77	2855.63	462.27	2853.45	517.27	2858.28	0.07927273	0.09636364	55
3	Concava	1789.11	2980.58	1764.11	2978.18	1814.11	2982.56	0.096	0.0792	50
4	Concava	2702.19	3052.83	2634.69	3047.49	2769.69	3054.29	0.07911111	0.02162963	135

ANEXO G.

Coeficiente de Escorrentía "C"					
Cobertura Vegetal	Pendiente del terreno				
	Tipo de Suelo	Pronunciada 50%	Alta 20%	Media 5%	Suave 1%
Sin vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25
Pastos vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.65	0.55	0.50
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20
Hierba, grama	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15
Bosques densa vegetación	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10

ALCANTARILLAS		Cota inicial	Cota final	Longitud entre sumideros (m)	S	Za	Zb	d(m)	a(m)	l(m)
1	2	2837.144	2842.073	88	0.05601136	2	1	0.2	0.4	0.6
2	3	2842.073	2857.003	202	0.07391089	2	1	0.2	0.4	0.6
3	4	2857.003	2862.766	71.4	0.08071429	2	1	0.2	0.4	0.6
4	5	2862.766	2943.194	839	0.09	2	1	0.2	0.4	0.6
5	6	2943.194	2959.862	177	0.09416949	2	1	0.2	0.4	0.6
6	7	2959.862	3046.896	1043	0.09	2	1	0.2	0.4	0.6
7	8	3046.896	3052.645	110	0.05226364	2	1	0.2	0.4	0.6

n	Área del canal (m2)	Perimetro mojado (m)	Radio Hidraulico	Velocidad (m/s)	Caudal (m3/s)	Área del carril (ha)	Area de la cuenca	Área de aporte ha	C Escorrentia
0.013	0.06	0.73005631	0.08218544	3.44131676	0.20647901	0.0264	0.308	0.3344	0.25
0.013	0.06	0.73005631	0.08218544	3.95312726	0.23718764	0.0606	0.707	0.7676	0.25
0.013	0.06	0.73005631	0.08218544	4.13106264	0.24786376	0.02142	0.2499	0.27132	0.25
0.013	0.06	0.73005631	0.08218544	4.36222267	0.26173336	0.2517	2.9365	3.1882	0.25
0.013	0.06	0.73005631	0.08218544	4.46212455	0.26772747	0.0531	0.6195	0.6726	0.25
0.013	0.06	0.73005631	0.08218544	4.36222267	0.26173336	0.3129	2.6075	2.9204	0.25
0.013	0.06	0.73005631	0.08218544	3.3241942	0.19945165	0.033	0.385	0.418	0.25

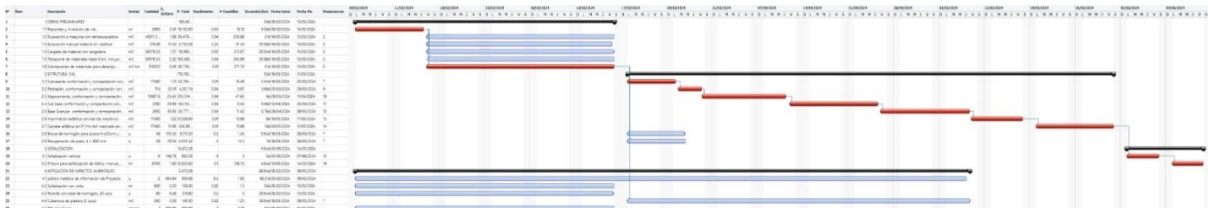
Intensidad	Vo (m/s)	a	te (s)	qmax (m3/s/m)	Qd1 (m3/s)	Qd2 (m3/s)	Qd	Verificación Caudal	Verificación velocidad
88	2.44444E-05	18.2051692	23.7073959	7.3333E-05	0.00645333	0.02043556	0.02688889	Cumple	Cumple
88	2.44444E-05	20.9127366	21.8149471	7.3333E-05	0.01481333	0.04690889	0.06172222	Cumple	Cumple
88	2.44444E-05	21.8540459	21.2462151	7.3333E-05	0.005236	0.01658067	0.02181667	Cumple	Cumple
88	2.44444E-05	23.0769231	20.5633536	7.3333E-05	0.06152667	0.19483444	0.25636111	Cumple	Cumple
88	2.44444E-05	23.6054215	20.2858695	7.3333E-05	0.01298	0.04110333	0.05408333	Cumple	Cumple
88	2.44444E-05	23.0769231	20.5633536	7.3333E-05	0.07648667	0.17846889	0.25495556	Cumple	Cumple
88	2.44444E-05	17.5855704	24.205096	7.3333E-05	0.00806667	0.02554444	0.03361111	Cumple	Cumple

ANEXO H.

Item	Codigo	Descripcion	Unidad	Cantidad	P.Unit.	P.Total	PERIODOS					
							1	2	3	4	5	
1 OBRAS PRELIMINARES							383 652.50	0.00	170 255.61	280 777.67	264 132.00	0.00
1.1	500004	Replanteo y nivelación de vías	ml	2 900.00	3.50	10 150.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.2	500010	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	43 611.58	1.96	85 478.70	100.00	85 478.70	0.00	0.00	0.00	0.00
1.3	500014	Excavación manual material sin clasificar	m3	218.06	12.53	2 732.29	100.00	2 732.29	0.00	0.00	0.00	0.00
1.4	500001	Cargado de material con cascabel	m3	56 978.53	1.37	78 060.59	100.00	78 060.59	0.00	0.00	0.00	0.00
1.5	500002	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	56 978.53	2.22	126 492.34	100.00	126 492.34	0.00	0.00	0.00	0.00
1.6	500003	Sobreacreo de materiales para desalijo, lugar determinado por el Fiscalizador, Distancia > 6Km	m3-km	310 533.00	0.26	80 738.58	100.00	80 738.58	0.00	0.00	0.00	0.00
2 ESTRUCTURA VIAL							715 165.28	0.00	170 255.61	280 777.67	264 132.00	0.00
2.1	500005	Subrasante conformación y compactación con equipo pesado	m2	17 400.00	1.31	22 794.00	0.00	0.00	100.00	22 794.00	0.00	0.00
2.2	500006	Piedraplen, conformación y compactación con equipo pesado	m3	174.00	25.01	4 351.74	0.00	0.00	100.00	4 351.74	0.00	0.00
2.3	500007	Mejoramiento, conformación y compactación con equipo pesado	m3	10 887.60	23.45	255 314.22	0.00	0.00	51.88	132 444.25	48.13	122 869.37
2.4	500040	Sub base conformación y compactación con equipo pesado	m3	2 160.00	29.69	64 130.40	0.00	0.00	0.00	100.00	64 130.40	0.00
2.5	500041	Base Granular conformación y compactación con equipo pesado	m3	2 610.00	35.93	93 777.30	0.00	0.00	0.00	100.00	93 777.30	0.00
2.6	500011	Impiacion asfáltica con barrido mecánico	m2	17 400.00	1.22	21 228.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	21 228.00
2.7	500039	Carpetas asfálticas (e=3") Ho Asf. mezclado en planta	m2	17 400.00	13.96	242 904.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	242 904.00
2.8	500013	Brocado de hormigón para pozos (h=20cm) y tapa (h=10cm) cónicos, D=700mm, Tipo A	u	58.00	105.35	6 110.30	0.00	0.00	100.00	6 110.30	0.00	0.00
2.9	500017	Recuperación de pozo, d = 600 mm	u	58.00	78.54	4 555.32	0.00	0.00	100.00	4 555.32	0.00	0.00
3 SEÑALIZACIÓN							14 812.56	0.00	0.00	0.00	0.00	14 812.56
3.1	500018	Señalización vertical	u	6.00	148.76	892.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3.2	500019	Pintura para señalización de tráfico, manual, franja de hasta 15cm	ml	8 700.00	1.60	13 920.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
4 MITIGACION DE IMPACTOS AMBIENTALES							2 470.28	801.08	848.93	528.54	291.72	0.00
4.1	500028	Lettereo metálico de información del Proyecto	u	2.00	494.84	989.68	25.00	242.42	25.00	242.42	25.00	242.42
4.2	500020	Señalización con cinta	ml	600.00	0.23	138.00	50.00	69.00	50.00	69.00	0.00	0.00
4.3	500021	Parante con base de hormigón, 20 usos	u	80.00	6.46	516.80	50.00	258.40	50.00	258.40	0.00	0.00
4.4	500022	Cobertura de plástico (5 usos)	m2	500.00	0.29	145.00	0.00	0.00	33.00	47.85	33.00	47.85
4.5	500023	Difusión Social	global	1.00	700.80	700.80	33.00	231.26	33.00	231.26	34.00	238.27
TOTAL:							1 116 100.62					
INVERSION MENSUAL							384 453.58	171 104.55	281 306.21	264 423.72	14 812.56	
AVANCE PARCIAL EN %							34.45	15.33	25.20	23.69	1.33	
INVERSION ACUMULADA							384 453.58	555 558.13	836 864.34	1 101 288.06	1 116 100.62	
AVANCE ACUMULADO EN %							34.45	49.78	74.98	98.67	100.00	

martes, 23 de enero de 2024

FIRMA DEL OFERENTE, SU REPRESENTANTE LEGAL O PROCURADOR COMÚN (según el caso)



ANEXO I.



HOJA ESTRATIGRÁFICA DE CAMPO

PROYECTO: ESTUDIOS PARA EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

FECHA: Noviembre, 2023

TRAMO: SAN CRISTÓBAL

CALICATA: C2

SOLICITA: S.C

INTERSECCIÓN 1:

PARROQUIA: SAN CRISTÓBAL

INTERSECCIÓN 2:

PROFUNDIDAD: [0.00 - 1.50] m

COORDENADAS:

Arena Arcilla Limo Lastre Subbase Base Asfalto

PROFUNDIDAD (m)	Perfil	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Nf	ENSAYOS DE LABORATORIO								
				LL	LP	IP	Granulometría			Cont. Hum. (%)	Clasificación SUCS	Observaciones
							% Grava	% Arena	% Finos (Pasa No. 200)			
0.00		Asfalto										
0.20		Base										
0.40												
0.60		Subbase										
0.80												
1.00		Subrasante		35.47	21.22	14.25	0.00	40.00	60.00	15.76	CL	Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad
1.20												
1.40												

METODO DE EXCAVACION:

Nf:



HOJA ESTRATIGRÁFICA DE CAMPO

PROYECTO: ESTUDIOS PARA EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

FECHA: Noviembre, 2023

TRAMO: SAN CRISTÓBAL

CALICATA: C4


SOLICITA: S.C

INTERSECCIÓN 1:

PARROQUIA: SAN CRISTÓBAL

INTERSECCIÓN 2:
PROFUNDIDAD: [0.00 - 1.50] m

COORDENADAS:

Mejoramiento  Grava  Adoquín  Lastre  Subbase  Base  Asfalto 

PROFUNDIDAD (m)	Perfil	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Nf	ENSAYOS DE LABORATORIO									
				LL	LP	IP	Granulometría			Cont. Hum. (%)	Clasificación SUCS	Observaciones	
							% Grava	% Arena	% Finos (Pasa No. 200)				
0.00		Asfalto											
0.20													
0.40		Subbase											
0.60													
0.80													
1.00		Subrasante		36.28	23.23	13.05	65.00	23.00	12.00	14.49	GC	Grava arcillosa	
1.20													
1.40													

METODO DE EXCAVACION: MANUAL

Nf: 100



HOJA ESTRATIGRÁFICA DE CAMPO

PROYECTO: ESTUDIOS PARA EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

FECHA: Noviembre, 2023

TRAMO: SAN CRISTÓBAL

CALICATA: C5

SOLICITA: S.C

INTERSECCIÓN 1:

INTERSECCIÓN 2:

PROFUNDIDAD: [0.00 - 1.50] m

PARROQUIA: SAN CRISTÓBAL

COORDENADAS:



PROFUNDIDAD (m)	Perfil	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Nf	ENSAYOS DE LABORATORIO									
				LL	LP	IP	Granulometría			Cont. Hum. (%)	Clasificación SUCS	Observaciones	
							% Grava	% Arena	% Finos (Pasa No. 200)				
0.00		Asfalto											
0.20													
0.40		Subbase											
0.60													
0.80													
1.00		Subrasante		32.16	20.28	11.88	63.00	27.00	10.00	9.44	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla	
1.20													
1.40													

METODO DE EXCAVACION: MANUAL

NF: 100



PROYECTO: ESTUDIOS PARA EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

CONSULTOR: ING. FLAVIO ALBARRACÍN LLIVISACA

Ensayo : CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
 Norma : ASTM D 1883
 Material:

CUADRO RESUMEN ENSAYOS DE LABORATORIO: SUBRASANTE

CALLE	CALICATA	LIMITES ATTERBERG			HUMEDAD	GRANULOMETRÍA			PROCTOR		CBR	CLASIFICACIÓN	
		LL (%)	LP (%)	IP (%)		Natural	% de Grava	% de Arena	% de Finos (Pasa No. 200)	Densidad Seca max. (kg/m3)		Humedad Optima	95%
San Cristóbal-Malima	C2	35.47	21.22	14.25	15.76	0	40	60	1771	11.01	1.9	CL	Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad
	C4	36.28	23.23	13.05	14.49	65	23	12	1978	10.57	7	GC	Grava arcillosa
	C5	32.16	20.28	11.88	9.44	63	27	10	2066	7.71	18	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla



“DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO DE LA VÍA SAN CRISTÓBAL-MALIMA, PERTENECIENTE AL CANTÓN PAUTE PROVINCIA DEL AZUAY”.



Ficha de Registro Pasos de Agua y Atarjeas

N°1

País	Provincia	Cantón
Ecuador	Azuay	Paute

ENTRADA



Coordenadas UTM		
Norte:	9687306.220	
Este:	740739.290	
Cota invert:	2837.140	
Estructura		
	SI	NO
Cabezal	x	
Caja		x
Observaciones		
Libre de maleza		

SALIDA



Coordenadas UTM		
Norte:	9687308.120	
Este:	740727.690	
Cota invert:	2836.140	
Estructura		
	SI	NO
Cabezal	x	
Caja		x
Observaciones		
Con maleza y basura desechada		

ALCANTARILLA

Material	Longitud	Observaciones
PVC	11.79	
Hormigón	Diámetro	
Armico	1500 mm	
		Tubería destapada



“DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO DE LA VÍA SAN CRISTÓBAL-MALIMA, PERTENECIENTE AL CANTÓN PAUTE PROVINCIA DEL AZUAY”.



Ficha de Registro Pasos de Agua y Atarjeas

N°2

País	Provincia	Cantón
Ecuador	Azuay	Paute

ENTRADA



Coordenadas UTM

Norte:	9687393.401
Este:	740747.522
Cota invert:	2842.073

Estructura

	SI	NO
Cabezal	x	
Caja		x

Observaciones

Con tierra y algo de maleza

SALIDA



Coordenadas UTM

Norte:	9687388.456
Este:	740736.209
Cota invert:	2841.731

Estructura

	SI	NO
Cabezal	x	
Caja		x

Observaciones

Libre de maleza

ALCANTARILLA

Material	Longitud	Observaciones	
PVC	12.35		
Hormigón	Diámetro		
Armico	x	1500 mm	Tubería destapada



“DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO DE LA VÍA SAN CRISTÓBAL-MALIMA, PERTENECIENTE AL CANTÓN PAUTE PROVINCIA DEL AZUAY”.




Ficha de Registro Pasos de Agua y Atarjeas


N°3

País	Provincia	Cantón
Ecuador	Azuay	Paute

ENTRADA

	Coordenadas UTM	
	Norte:	9687567.536
	Este:	740735.979
	Cota invert:	2857.003
	Estructura	
		SI NO
	Cabezal	
	Caja	x
	Observaciones	
	Con maleza y tierra	

SALI A

	Coordenadas UTM	
	Norte:	9687570.050
	Este:	740725.191
	Cota invert:	2856.496
	Estructura	
		SI NO
	Cabezal	x
	Caja	x
	Observaciones	
	Destruida	

ALCANTARILLA

Material	Longitud	Observaciones
PVC	11.09	Tubería parcialmente cubierta
Hormigón	x	
Armico	600 mm	



"DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO DE LA VÍA SAN CRISTÓBAL-MALIMA, PERTENECIENTE AL CANTÓN PAUTE PROVINCIA DEL AZUAY".




Ficha de Registro Pasos de Agua y Atarjeas


N°4

País	Provincia	Cantón
Ecuador	Azuay	Paute

ENTRADA

	Coordenadas UTM	
	Norte:	9687636.017
	Este:	740761.775
	Cota invert:	2862.766
	Estructura	
		SI NO
	Cabezal	x
	Caja	x
	Observaciones	
	Cubierta de tierra y maleza	

SALI A

	Coordenadas UTM	
	Norte:	9687634.952
	Este:	740751.147
	Cota invert:	2862.304
	Estructura	
		SI NO
	Cabezal	x
	Caja	x
	Observaciones	
	Cubierta de tierra y maleza	

ALCANTARILLA

Material	Longitud	Observaciones
PVC	10.69	Tubería totalmente tapada
Hormigón	x	
Armico	600 mm	



“DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO DE LA VÍA SAN CRISTÓBAL-MALIMA, PERTENECIENTE AL CANTÓN PAUTE PROVINCIA DEL AZUAY”.



Ficha de Registro Pasos de Agua y Atarjeas

N°5

País	Provincia	Cantón
Ecuador	Azuay	Paute

ENTRADA



Coordenadas UTM

Norte:	9687531.550
Este:	741112.848
Cota invert:	2942.166

Estructura

	SI	NO
Cabezal	x	
Caja		x

Observaciones

Con maleza

SALIDA



Coordenadas UTM

Norte:	9687541.467
Este:	741119.881
Cota invert:	2942.044

Estructura

	SI	NO
Cabezal	x	
Caja		x

Observaciones

Con maleza

ALCANTARILLA

Material	Longitud	Observaciones
PVC	12.16	
Hormigón	Diámetro	
Ármico	600 mm	Tubería totalmente tapada



“DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO DE LA VÍA SAN CRISTÓBAL-MALIMA, PERTENECIENTE AL CANTÓN PAUTE PROVINCIA DEL AZUAY”.



Ficha de Registro Pasos de Agua y Atarjeas

N°6

País	Provincia	Cantón
Ecuador	Azuay	Paute

ENTRADA



Coordenadas UTM

Norte:	9687437.065
Este:	741261.437
Cota invert:	2959.862

Estructura

	SI	NO
Cabezal	x	
Caja		x

Observaciones

Con maleza

SALIDA



Coordenadas UTM

Norte:	9687447.681
Este:	741265.074
Cota invert:	2959.686

Estructura

	SI	NO
Cabezal		x
Caja		x

Observaciones

Con maleza

ALCANTARILLA

Material	Longitud	Observaciones Tubería parcialmente cubierta
PVC	11.22	
Hormigón	x	
Armico	Diámetro	
	500 mm	



“DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO DE LA VÍA SAN CRISTÓBAL-MALIMA, PERTENECIENTE AL CANTÓN PAUTE PROVINCIA DEL AZUAY”.



Ficha de Registro Pasos de Agua y Atarjeas

N°7

País	Provincia	Cantón
Ecuador	Azuay	Paute

ENTRADA



Coordenadas UTM

Norte:	9687542.483
Este:	742108.234
Cota invert:	3046.896

Estructura

	SI	NO
Cabezal		x
Caja		x

Observaciones

Totalmente cubierta

SALIDA



Coordenadas UTM

Norte:	9687551.850
Este:	742112.373
Cota invert:	3046.184

Estructura

	SI	NO
Cabezal	x	
Caja		x

Observaciones

Totalmente cubierta

ALCANTARILLA

Material	Longitud	Observaciones
PVC	10.27	
Hormigón	Diámetro	
Armico	600 mm	



“DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO DE LA VÍA SAN CRISTÓBAL-MALIMA, PERTENECIENTE AL CANTÓN PAUTE PROVINCIA DEL AZUAY”.



Ficha de Registro Pasos de Agua y Atarjeas

N°8

País	Provincia	Cantón
Ecuador	Azuay	Paute

ENTRADA



Coordenadas UTM

Norte:	9687443.234
Este:	742165.022
Cota invert:	3052.645

Estructura

	SI	NO
Cabezal	x	
Caja		x

Observaciones

Libre de maleza

SALIDA



Coordenadas UTM

Norte:	9687452.121
Este:	742169.990
Cota invert:	3052.371

Estructura

	SI	NO
Cabezal	x	
Caja		x

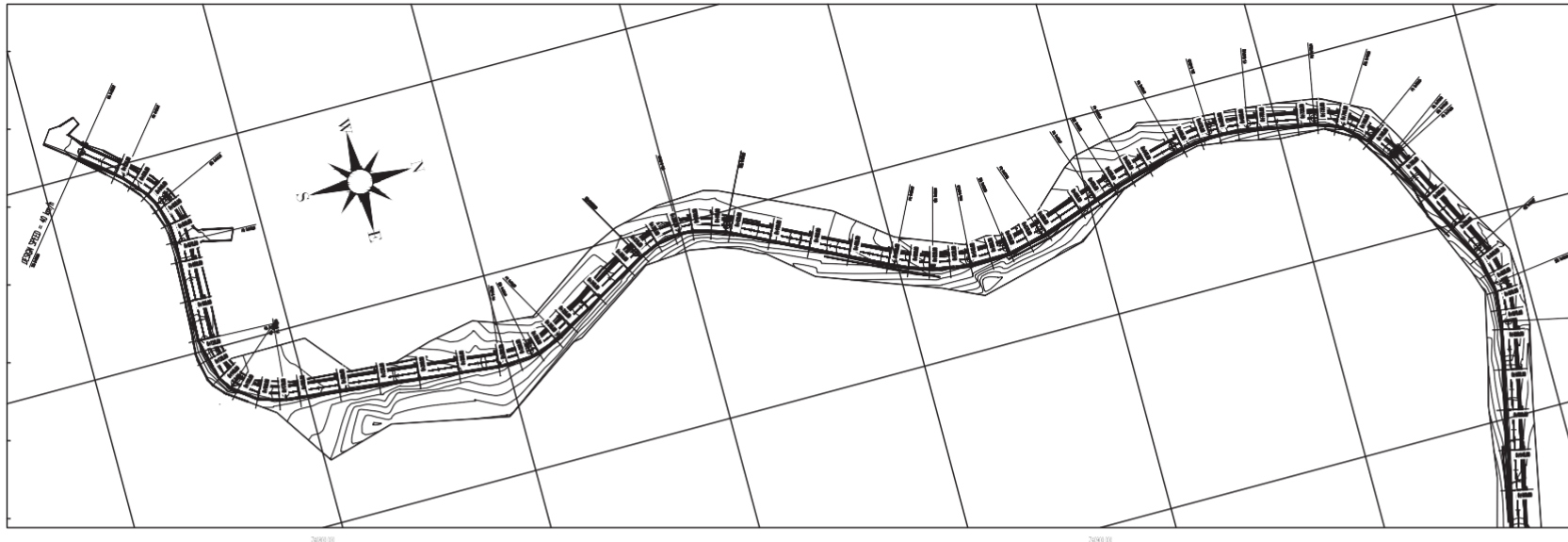
Observaciones

Libre de maleza

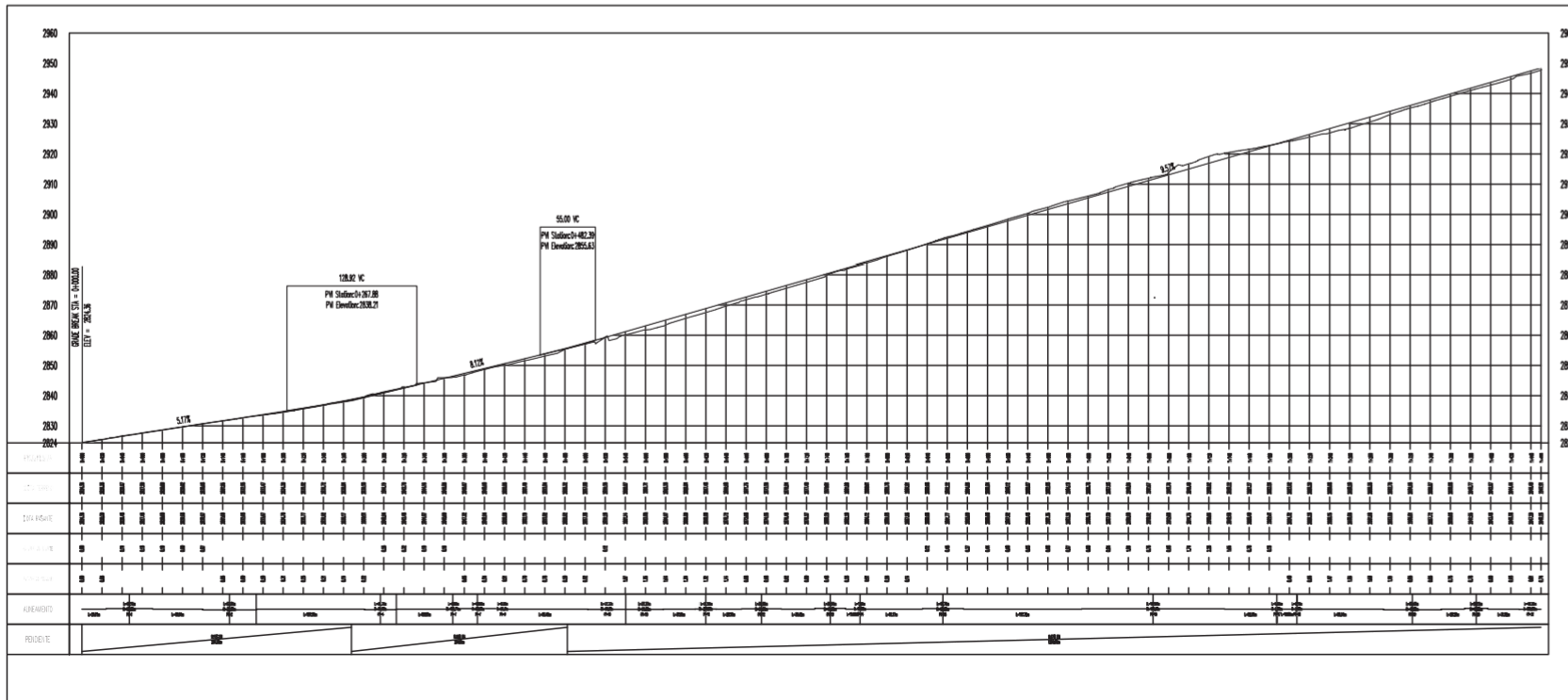
ALCANTARILLA

Material	Longitud	Observaciones
PVC	10.19	
Hormigón	x	
Armico	600 mm	

PLANO VISTA EN PLANTA TRAMO 0+000 - 1+450 KM
Escala 1:1250

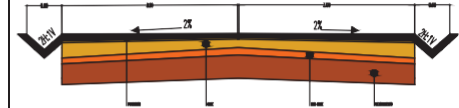


PLANO VISTA EN PERFIL TRAMO 0+000 - 1+450 KM
Escala 1:2500



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
Sección Transversal Típica



Proyecto:
Diseño Geométrico y Estructural de la vía San Cristóbal – Malima desde la abscisa 0+000 hasta la abscisa 2+900 km, perteneciente al cantón Paute de la provincia del Azuay.

Ubicación:
Parroquia San Cristóbal, Cantón Paute, provincia del Azuay.

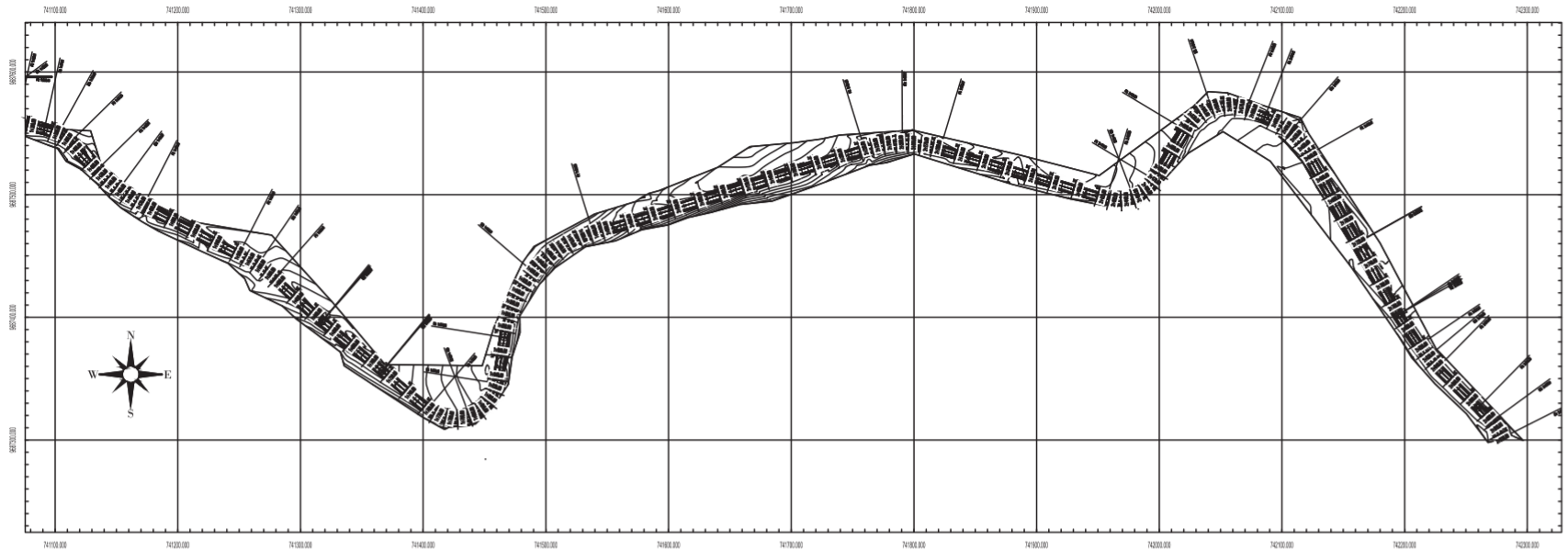
Contenido:
Trazado Horizontal y Vertical

Realizado por:
José Luis Barrera Peralta
Manuel Israel Lupercio Méndez

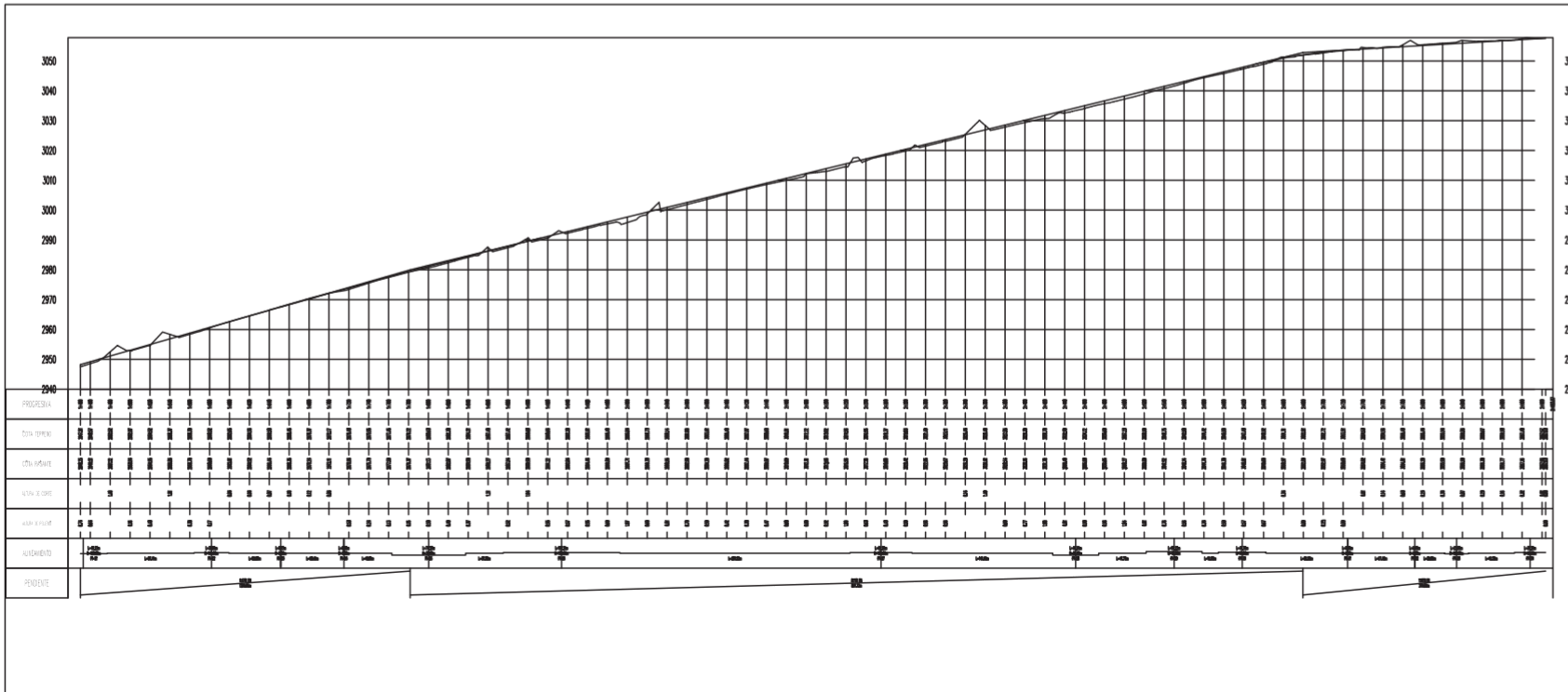
Fecha:
Enero 2024

TABLA DE CURVAS												
ID	SECTOR	TIPO	RA	LC	LS	LA	LC	LS	LA	LC	LS	LA
01	SECTOR	TIPO	RA	LC	LS	LA	LC	LS	LA	LC	LS	LA
02	SECTOR	TIPO	RA	LC	LS	LA	LC	LS	LA	LC	LS	LA
03	SECTOR	TIPO	RA	LC	LS	LA	LC	LS	LA	LC	LS	LA
04	SECTOR	TIPO	RA	LC	LS	LA	LC	LS	LA	LC	LS	LA
05	SECTOR	TIPO	RA	LC	LS	LA	LC	LS	LA	LC	LS	LA
06	SECTOR	TIPO	RA	LC	LS	LA	LC	LS	LA	LC	LS	LA
07	SECTOR	TIPO	RA	LC	LS	LA	LC	LS	LA	LC	LS	LA
08	SECTOR	TIPO	RA	LC	LS	LA	LC	LS	LA	LC	LS	LA
09	SECTOR	TIPO	RA	LC	LS	LA	LC	LS	LA	LC	LS	LA
10	SECTOR	TIPO	RA	LC	LS	LA	LC	LS	LA	LC	LS	LA
11	SECTOR	TIPO	RA	LC	LS	LA	LC	LS	LA	LC	LS	LA
12	SECTOR	TIPO	RA	LC	LS	LA	LC	LS	LA	LC	LS	LA
13	SECTOR	TIPO	RA	LC	LS	LA	LC	LS	LA	LC	LS	LA
14	SECTOR	TIPO	RA	LC	LS	LA	LC	LS	LA	LC	LS	LA
15	SECTOR	TIPO	RA	LC	LS	LA	LC	LS	LA	LC	LS	LA
16	SECTOR	TIPO	RA	LC	LS	LA	LC	LS	LA	LC	LS	LA
17	SECTOR	TIPO	RA	LC	LS	LA	LC	LS	LA	LC	LS	LA
18	SECTOR	TIPO	RA	LC	LS	LA	LC	LS	LA	LC	LS	LA
19	SECTOR	TIPO	RA	LC	LS	LA	LC	LS	LA	LC	LS	LA
20	SECTOR	TIPO	RA	LC	LS	LA	LC	LS	LA	LC	LS	LA

PLANO VISTA EN PLANTA TRAMO 1+450 - 2+900 KM
Escala 1:2000

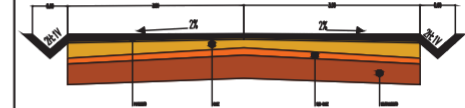


PLANO VISTA EN PERFIL TRAMO 1+450 - 2+900 KM
Escala 1:2500



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Sección Transversal Típica



Proyecto:
Diseño Geométrico y Estructural de la vía San Cristóbal – Malima desde la abscisa 0+000 hasta la abscisa 2+900 km, perteneciente al cantón Paute de la provincia del Azuay.

Ubicación:
Parroquia San Cristóbal, Cantón Paute, provincia del Azuay.

Contenido:
Trazado Horizontal y Vertical

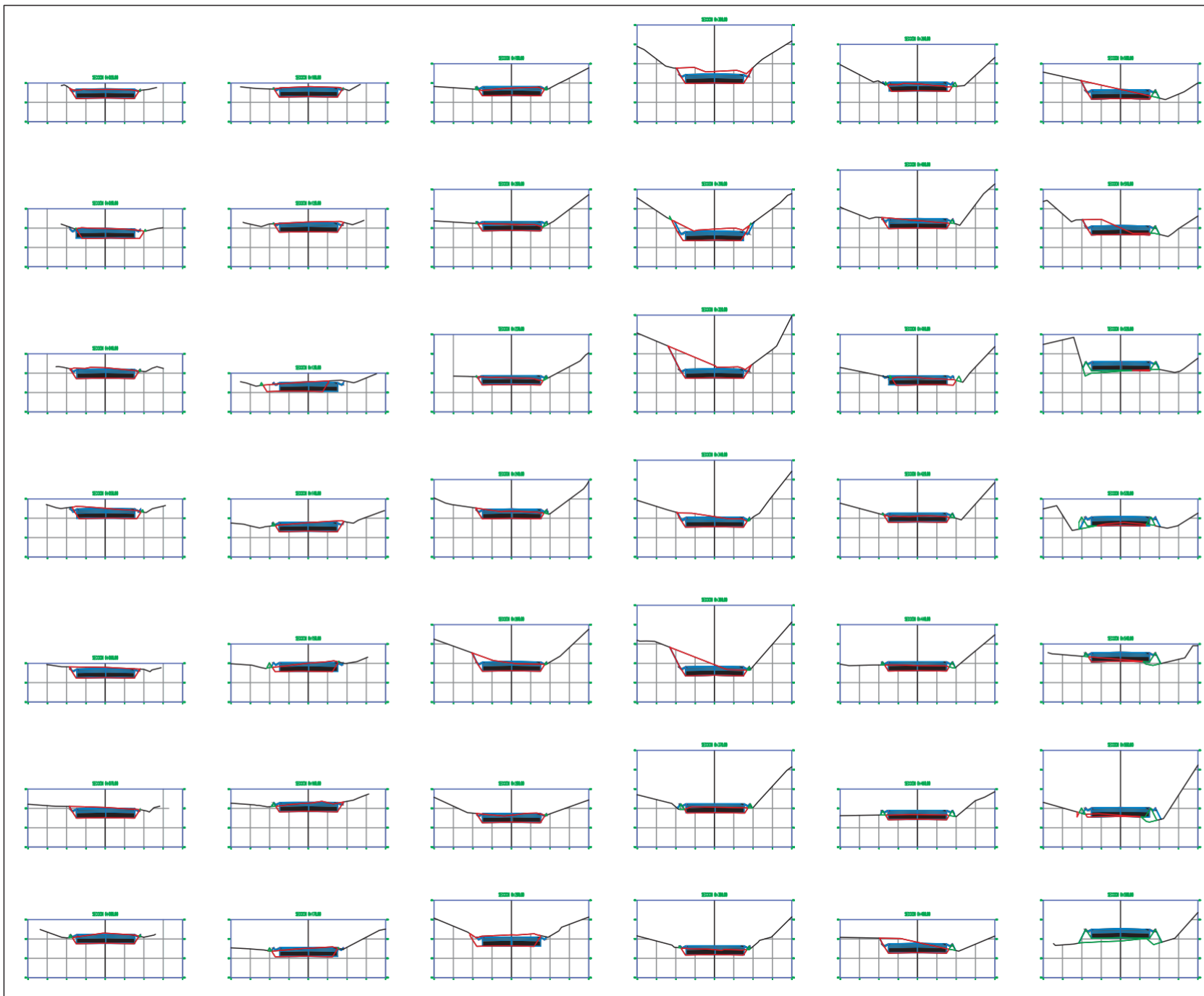
Realizado por:
José Luis Barrera Peralta
Manuel Israel Lupercio Méndez

Fecha:
Enero 2024

TABLA DE CURVAS											
ST	ST+100	ST+200	ST+300	ST+400	ST+500	ST+600	ST+700	ST+800	ST+900	ST+1000	ST+1100
01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02
03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03
04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04
05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05
06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06
07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07
08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08
09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

Lámina:

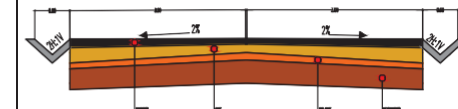
SECCIONES TRANSVERSALES
Escala 1:200



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA SEDE CUENCA**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Sección Transversal Típica



Proyecto:
Diseño Geométrico y Estructural de la vía San Cristóbal – Malima desde la abscisa 0+000 hasta la abscisa 2+900 km, perteneciente al cantón Paute de la provincia del Azuay.

Ubicación:
Parroquia San Cristóbal, Cantón Paute, provincia del Azuay.

Contenido:
Secciones Transversales

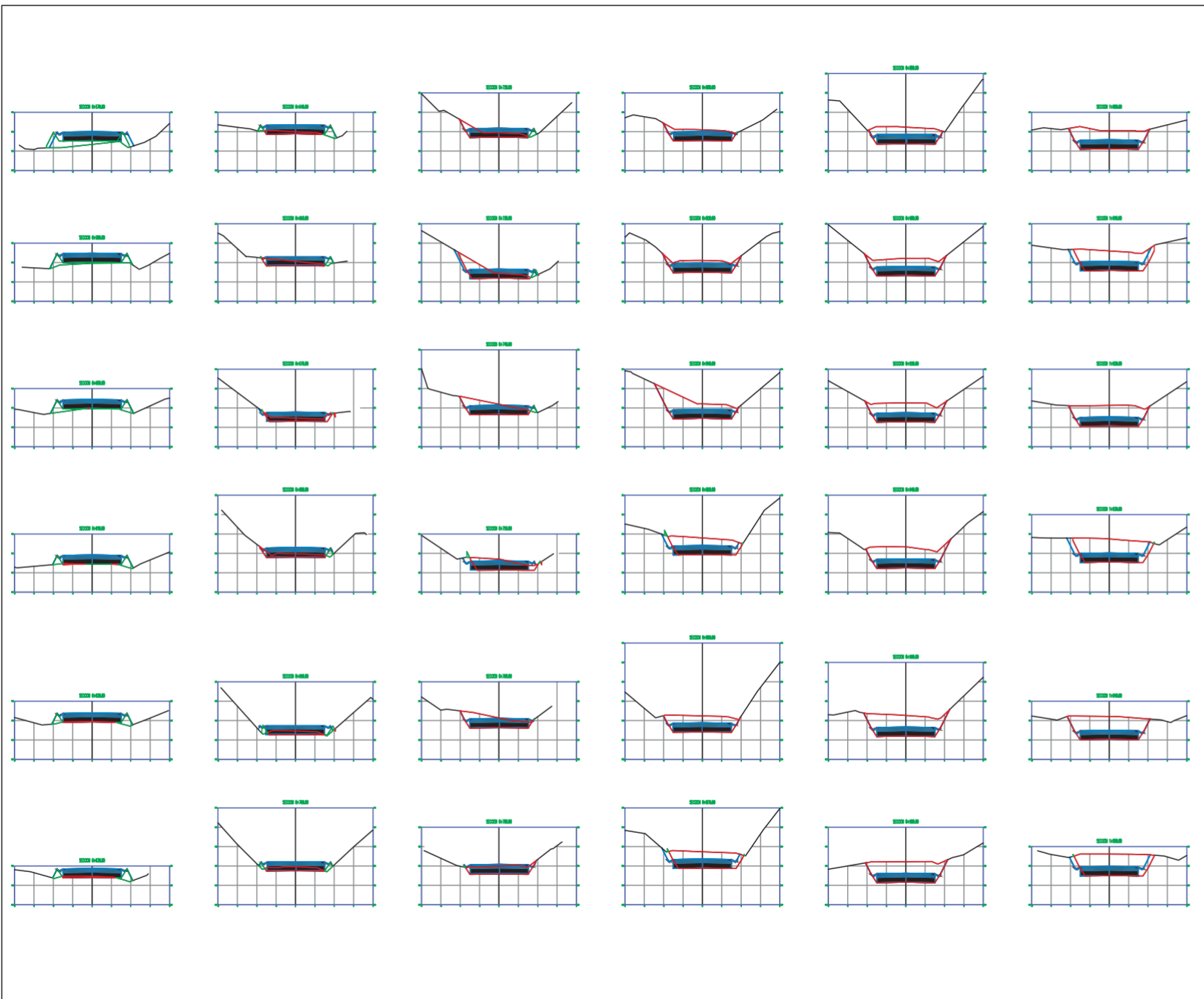
Realizado por:
José Luis Barrera Peralta
Manuel Israel Lupercio Méndez

Fecha:
Enero 2024

TABLA DE VOLUMENES						
Station	AREA DE RELLENO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	ACUMULATIVO RELLENO	ACUMULATIVO CORTE
0+00.00	0.01	5.79	0.00	0.00	0.00	0.00
0+00.00	0.02	6.40	0.10	60.82	0.10	60.82
0+040.00	0.01	6.70	0.13	65.36	0.24	126.18
0+050.00	0.03	6.77	0.19	67.51	0.43	193.69
0+060.00	0.00	7.07	0.13	69.35	0.56	263.04
0+070.00	0.00	7.08	0.01	70.97	0.56	334.07
0+080.00	0.06	5.94	0.32	65.08	0.89	399.09
0+100.00	0.01	6.57	0.69	125.34	1.58	524.63
0+120.00	0.00	6.66	0.07	132.31	1.64	656.54
0+130.00	0.04	5.51	0.18	60.56	1.83	716.70
0+140.00	0.06	5.89	0.43	56.48	2.26	773.18
0+150.00	0.14	5.02	0.89	54.94	3.15	828.12
0+160.00	0.08	5.43	0.96	52.53	4.13	880.66
0+170.00	0.06	5.20	0.63	53.29	4.77	933.94
0+180.00	0.10	4.66	0.80	49.33	5.57	983.27
0+200.00	0.10	4.10	2.02	87.63	7.59	1070.80
0+220.00	0.07	4.47	1.75	65.78	9.34	1156.68
0+240.00	0.08	5.03	1.48	95.03	10.82	1251.71
0+260.00	0.03	6.48	1.03	115.06	11.84	1366.77
0+280.00	0.02	5.41	0.44	118.96	12.29	1485.64

Lámina:

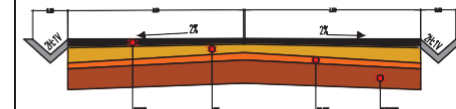
SECCIONES TRANSVERSALES
Escala 1:200



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Sección Transversal Típica



Proyecto:

Diseño Geométrico y Estructural de la vía San Cristóbal – Malima desde la abscisa 0+000 hasta la abscisa 2+900 km, perteneciente al cantón Paute de la provincia del Azuay.

Ubicación:

Parroquia San Cristóbal, Cantón Paute, provincia del Azuay.

Contenido:

Secciones Transversales

Realizado por:

José Luis Barrera Peralta
Manuel Israel Lupercio Méndez

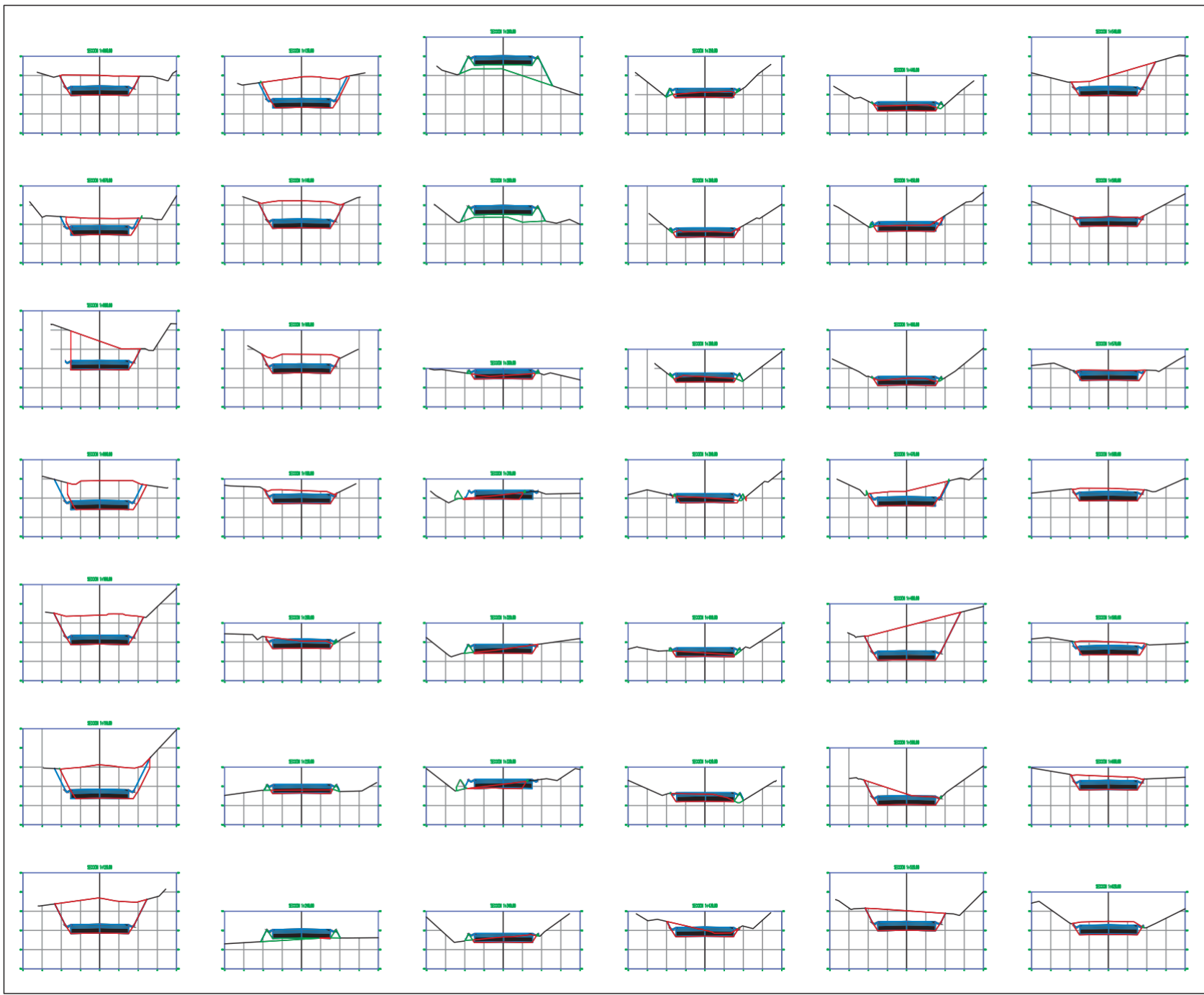
Fecha:

Enero 2024

TABLA DE VOLÚMENES						
Station	AREA DE RELLENO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	ACUMULATIVO RELLENO	ACUMULATIVO CORTE
0+200.00	0.00	7.43	0.00	63.85	12.39	1546.59
0+300.00	0.00	9.25	0.00	82.82	12.39	1632.41
0+350.00	0.83	8.54	0.16	88.33	12.55	1720.74
0+400.00	0.00	11.95	0.17	102.02	12.72	1822.76
0+440.00	0.83	7.30	0.33	192.45	13.85	2051.21
0+480.00	0.06	9.40	0.86	167.02	14.63	2182.23
0+470.00	0.23	3.60	1.48	65.16	15.51	2247.39
0+480.00	0.09	3.65	1.59	36.25	17.19	2283.65
0+490.00	0.12	4.10	1.00	38.77	18.10	2322.42
0+400.00	0.09	5.25	0.89	46.86	19.89	2369.38
0+410.00	0.17	4.34	1.17	47.89	20.26	2417.36
0+420.00	0.11	3.86	1.31	40.85	21.57	2468.27
0+440.00	0.24	3.50	3.49	73.60	25.06	2530.82
0+460.00	0.28	3.07	5.25	65.65	30.30	2597.47
0+480.00	0.19	7.21	4.73	102.79	35.83	2700.25
0+490.00	0.30	6.84	4.88	140.56	38.82	2840.81
0+510.00	0.35	5.46	3.33	60.82	42.24	2901.73
0+520.00	1.67	0.11	10.04	27.40	53.28	292913
0+530.00	1.11	1.06	13.68	5.90	66.86	2835.63
0+540.00	1.05	1.36	10.87	12.85	77.84	2847.08

Lámina:

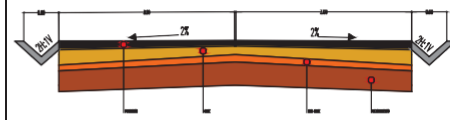
SECCIONES TRANSVERSALES
Escala 1:200



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Sección Transversal Típica



Proyecto:
Diseño Geométrico y Estructural de la vía San Cristóbal – Malima desde la abscisa 0+000 hasta la abscisa 2+900 km, perteneciente al cantón Paute de la provincia del Azuay.

Ubicación:
Parroquia San Cristóbal, Cantón Paute, provincia del Azuay.

Contenido:
Secciones Transversales

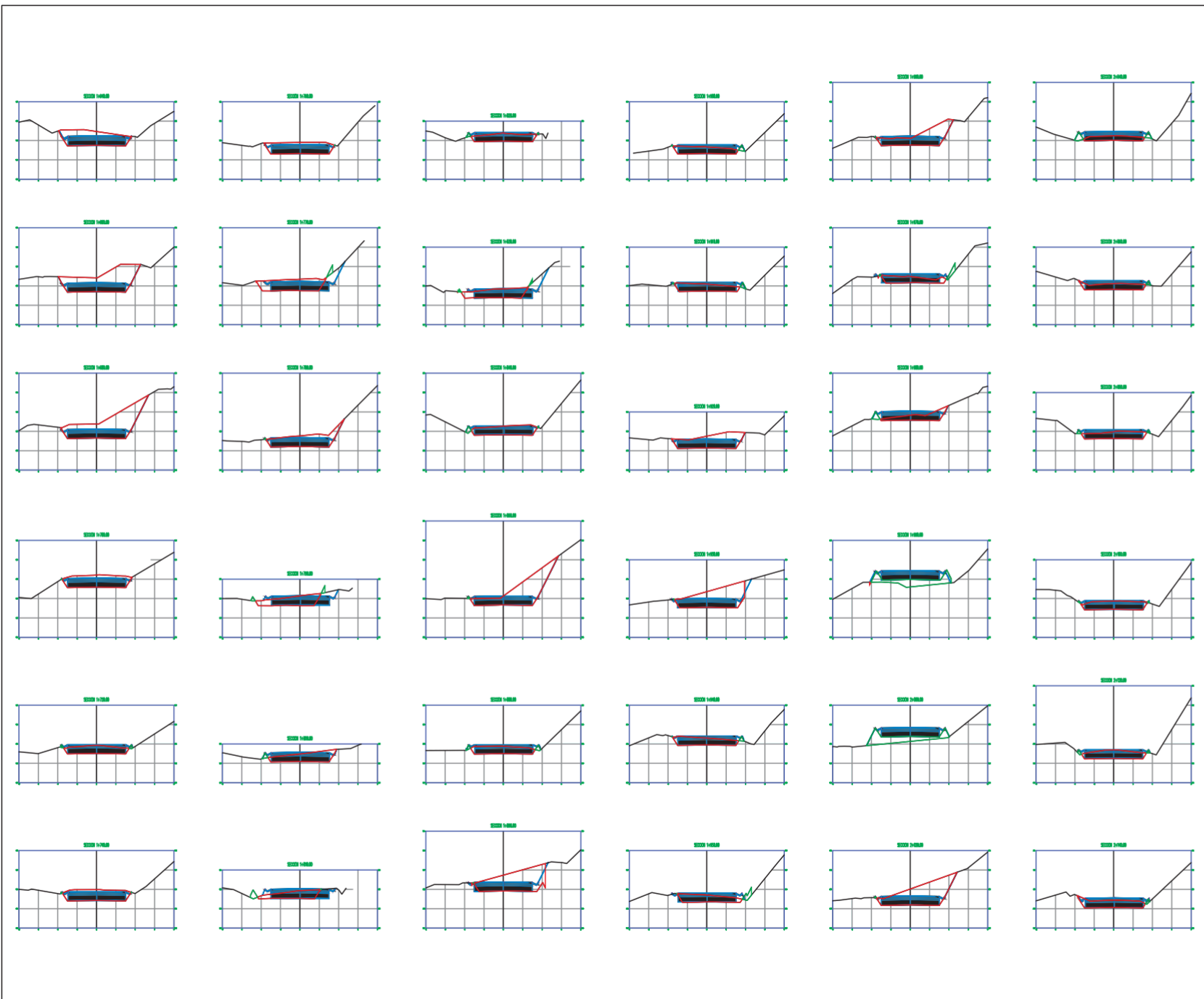
Realizado por:
José Luis Barrera Peralta
Manuel Israel Lupercio Méndez

Fecha:
Enero 2024

TABLA DE VOLÚMENES						
Station	AREA DE RELLENO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	ACUMULATIVO RELLENO	ACUMULATIVO CORTE
0+500.00	1.27	1.00	11.89	11.59	88.73	2058.67
0+550.00	3.78	0.00	25.35	4.88	115.88	2963.55
0+570.00	4.58	0.00	41.51	0.00	156.59	2963.55
0+580.00	2.20	0.00	33.60	0.00	190.19	2963.55
0+600.00	2.14	0.00	43.31	0.00	233.51	2963.56
0+610.00	1.51	0.09	17.21	0.44	250.71	2964.00
0+620.00	1.44	0.15	13.67	1.18	264.38	2965.17
0+630.00	1.29	0.68	13.59	4.12	277.97	2968.30
0+640.00	0.98	1.45	11.38	10.63	289.35	2979.92
0+660.00	0.34	2.97	13.20	44.28	302.55	3034.20
0+670.00	0.01	3.38	1.71	26.85	304.25	3051.05
0+680.00	0.32	2.32	1.57	23.54	305.83	3074.59
0+690.00	0.53	2.07	4.16	22.05	308.98	3096.85
0+700.00	0.53	3.13	5.36	21.03	315.24	3117.88
0+720.00	0.32	3.82	8.44	58.49	323.68	3177.16
0+730.00	0.25	5.83	2.80	48.52	326.48	3225.68
0+740.00	0.22	7.40	2.15	68.07	328.63	3293.75
0+750.00	0.10	6.06	1.53	68.13	330.16	3361.80
0+760.00	0.00	7.42	0.53	68.06	330.69	3429.83
0+780.00	0.02	5.43	0.20	128.84	330.89	3558.67

Lámina:

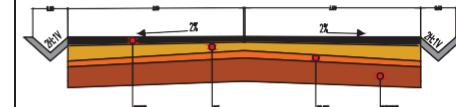
SECCIONES TRANSVERSALES
Escala 1:200



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA SEDE CUENCA**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Sección Transversal Típica



Proyecto:
Diseño Geométrico y Estructural de la vía San Cristóbal –
Malima desde la abscisa 0+000 hasta la abscisa 2+900 km,
perteneciente al cantón Paute de la provincia del Azuay.

Ubicación:
Parroquia San Cristóbal, Cantón Paute, provincia del Azuay.

Contenido:
Secciones Transversales

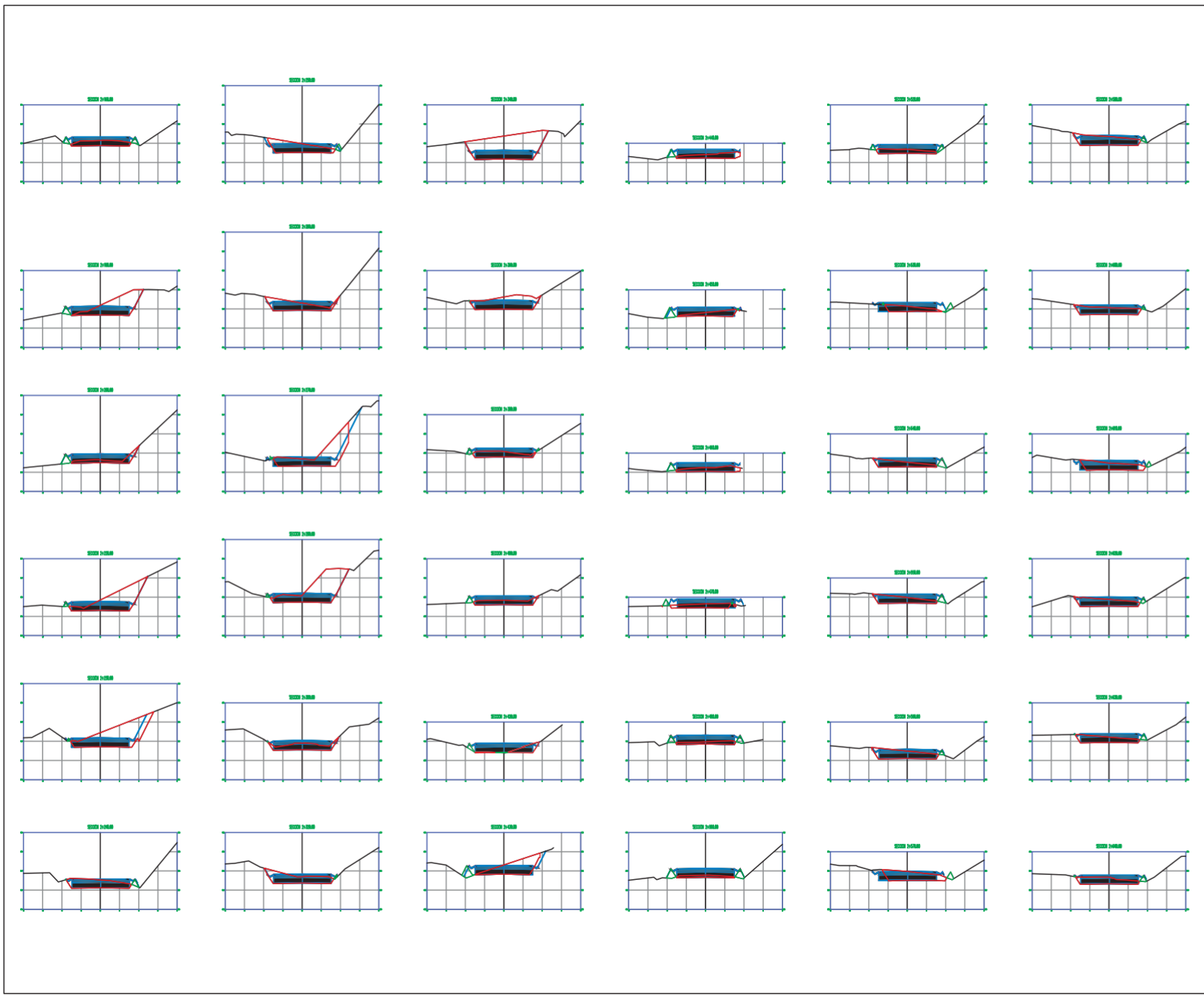
Realizado por:
José Luis Barrera Peralta
Manuel Israel Lupercio Méndez

Fecha:
Enero 2024

TABLA DE VOLUMENES						
Station	AREA DE RELLENO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	ACUMULATIVO RELLENO	ACUMULATIVO CORTE
0+000.00	0.00	7.58	0.21	130.15	330.10	3699.02
0+020.00	0.00	8.21	0.03	157.92	330.13	3646.94
0+040.00	0.00	13.63	0.00	238.95	330.13	4065.89
0+060.00	0.08	11.71	0.42	127.57	330.54	4193.46
0+080.00	0.00	11.59	0.42	116.47	330.96	4309.93
0+100.00	0.03	11.71	0.14	116.33	332.10	4426.26
0+120.00	0.00	11.87	0.13	117.48	332.23	4543.74
0+140.00	0.00	12.27	0.00	240.00	332.23	4784.53
0+160.00	0.00	13.60	0.00	256.00	332.23	5040.22
0+180.00	0.00	15.44	0.00	290.38	332.23	5331.58
0+200.00	0.00	15.68	0.00	311.00	332.23	5643.57
0+220.00	0.00	15.48	0.00	311.39	332.23	5955.97
1+000.00	0.00	14.41	0.00	290.85	332.23	6254.91
1+010.00	0.00	14.85	0.00	146.13	332.23	6401.04
1+020.00	0.00	15.13	0.00	148.65	332.23	6550.70
1+030.00	0.07	17.13	0.03	161.05	332.26	6711.75
1+040.00	0.00	17.37	0.03	172.28	332.29	6884.03
1+050.00	0.07	16.14	0.05	167.22	332.34	7051.25
1+060.00	0.00	14.80	0.05	154.38	332.38	7225.61
1+070.00	0.02	12.14	0.08	134.59	332.46	7360.20

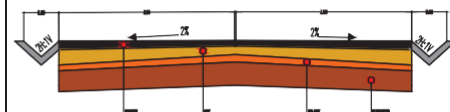
Lámina:

SECCIONES TRANSVERSALES
Escala 1:200



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
Sección Transversal Típica



Proyecto:
Diseño Geométrico y Estructural de la vía San Cristóbal – Malima desde la abscisa 0+000 hasta la abscisa 2+900 km, perteneciente al cantón Paute de la provincia del Azuay.

Ubicación:
Parroquia San Cristóbal, Cantón Paute, provincia del Azuay.

Contenido:
Secciones Transversales

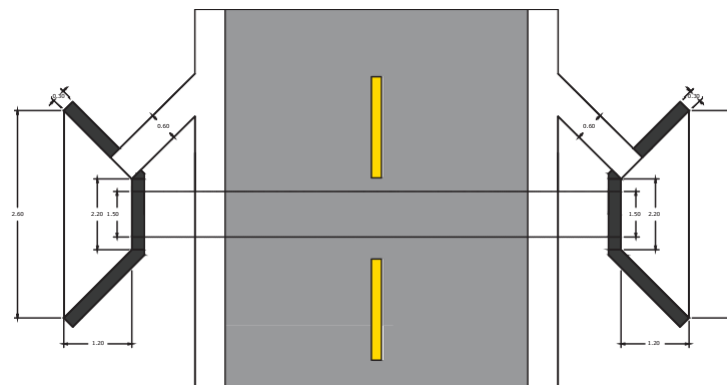
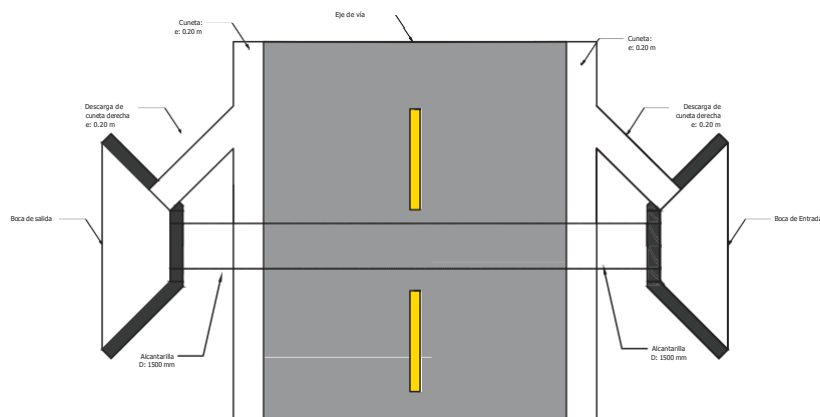
Realizado por:
José Luis Barrera Peralta
Manuel Israel Lupercio Méndez

Fecha:
Enero 2024

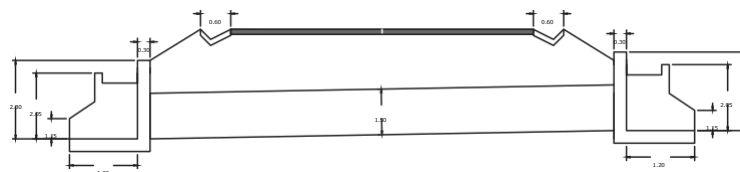
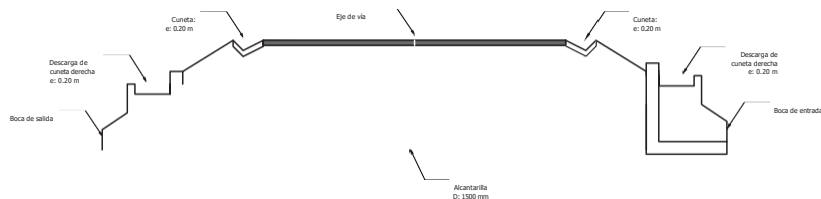
TABLA DE VOLUMENES						
Station	AREA DE RELLENO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	ACUMULATIVO RELLENO	ACUMULATIVO CORTE
1+000.00	0.00	18.36	0.00	157.38	332.54	7407.58
1+050.00	0.00	21.53	0.00	203.87	332.54	7701.46
1+100.00	0.00	23.49	0.00	224.50	332.54	7925.85
1+150.00	0.00	26.14	0.01	247.39	332.55	8173.34
1+200.00	0.00	28.84	0.01	264.09	332.55	8437.42
1+250.00	0.00	23.39	0.02	250.68	332.57	8688.10
1+300.00	0.00	20.88	0.02	231.14	332.59	8909.24
1+350.00	0.00	13.32	0.00	346.97	332.59	9291.21
1+400.00	0.00	8.00	0.00	223.13	332.59	9474.34
1+450.00	0.07	5.60	0.71	145.86	333.30	9620.20
1+500.00	0.26	2.76	4.62	77.60	337.92	9697.80
1+550.00	2.02	0.05	24.10	22.87	362.02	9719.87
1+600.00	0.45	0.00	194.68	0.50	466.70	9720.37
1+650.00	4.83	0.00	133.77	0.00	600.47	9720.37
1+700.00	0.13	2.39	50.83	23.97	651.30	9744.34
1+750.00	0.43	2.87	2.57	22.31	653.87	9766.85
1+800.00	0.41	2.87	3.78	25.54	657.65	9792.19
1+850.00	0.84	2.00	4.71	26.25	662.37	9817.54
1+900.00	0.28	3.42	4.16	27.43	666.52	9844.97
1+950.00	0.25	3.18	2.94	33.34	669.46	9878.31

Lámina:

VISTA EN PLANTA
Esc. 1:50



VISTA EN PERFIL
Esc. 1:50



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto: DISEÑO GEOMÉTRICO Y
ESTRUCTURAL DE LA VÍA SAN
CRISTÓBAL - MALIMA

Ubicación: Cantón Paute, Provincia
Azuay

Contenido: Estructura Cabezal
de entrada y salida

Realizado por:
José Luis Barrera Peralta
Manuel Israel Lupercio Méndez

Fecha: Enero - 2024

Especificaciones técnicas:
Hormigón: $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$

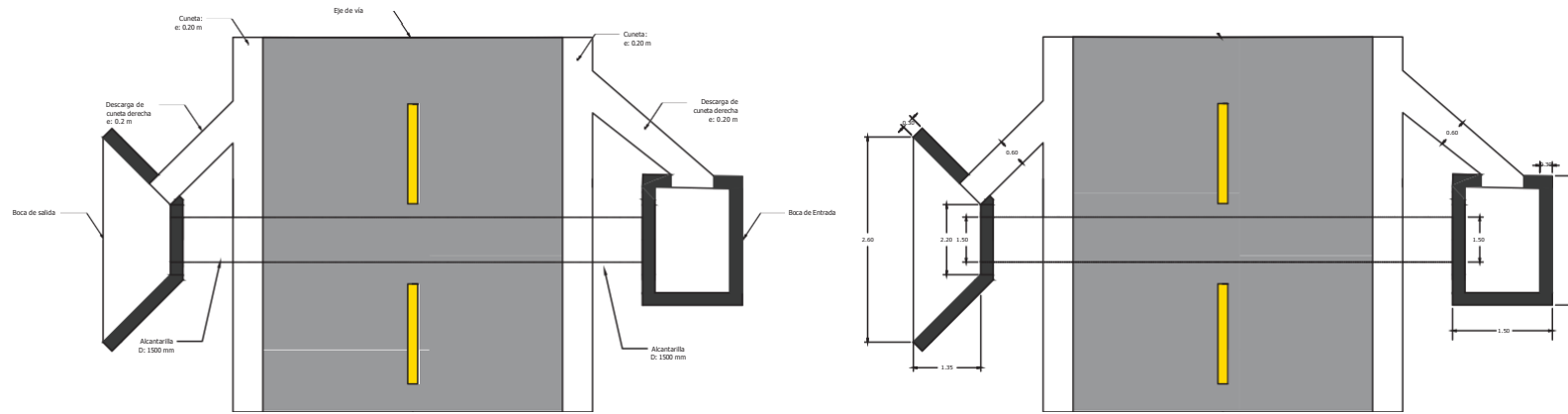
ALCANTARILLAS

D= 1500mm --- Material: Ármico
D= 500mm --- Material: Hormigón
D= 600mm --- Material: Hormigón

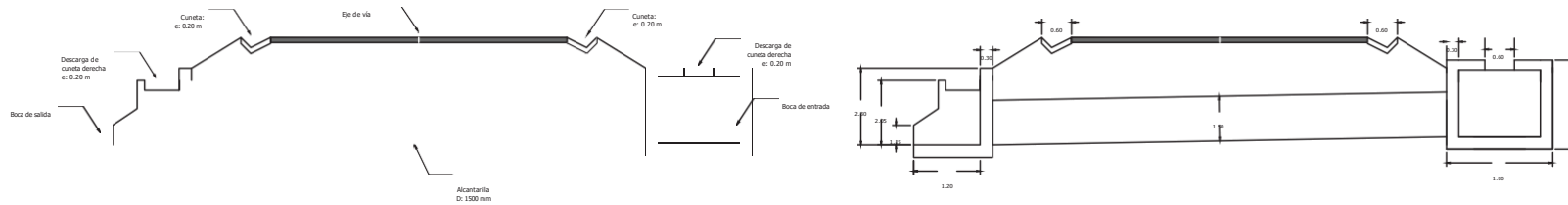
ABSCISA	DIÁMETRO (mm)	S transv. (%)
0+204 km	1500	8.52
0+292 km	1500	2.70
0+565 km	600	4.31
1+404 km	600	10.16
1+581 km	500	1.57
2+624 km	600	6.93
2+734 km	600	2.69

Lámina 1/9

VISTA EN PLANTA
Esc. 1:50



VISTA EN PERFIL
Esc. 1:50



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto: DISEÑO GEOMÉTRICO Y
ESTRUCTURAL DE LA VÍA SAN
CRISTÓBAL - MALIMA

Ubicación: Cantón Paute, Provincia
Azuay

Contenido: Estructura Cabezal -Caja
de entrada y salida

Realizado por:
José Luis Barrera Peralta
Manuel Israel Lupercio Méndez

Fecha: Enero - 2024

Especificaciones técnicas:
Hormigón: $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$

ALCANTARILLAS
D= 1500mm --- Material: Ármico
D= 500mm --- Material: Hormigón
D= 600mm --- Material: Hormigón

ABSCISA	DIÁMETRO (mm)	SUPERV. (%)
0+494 km	1500	1.33

Lámina 1/10