



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO DE LA VÍA SAN
CRISTÓBAL-MALIMA DE LA ABSCISA 2+900 HASTA LA ABSCISA 5+800 KM,
PERTENECIENTE AL CANTÓN PAUTE PROVINCIA DEL AZUAY**

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

AUTORAS: DIANA PRISCILA ALVARRACIN VILLA

MARIUXI ALEXANDRA QUITO PANZA

TUTOR: ING. IVÁN ALEJANDRO MEJÍA REGALADO, MSC.

Cuenca - Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotras, Diana Priscila Alvarracin Villa con documento de identificación N° 0106805336 y Mariuxi Alexandra Quito Panza con documento de identificación N° 0150079887; manifestamos que:

Somos las autoras 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 de 2024

Atentamente,

Diana Priscila Alvarracin Villa
0106805336

Mariuxi Alexandra Quito Panza
0150079887

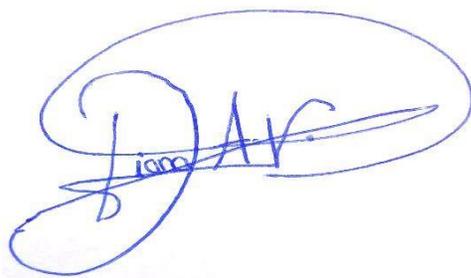
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotras, Diana Priscila Alvarracin Villa con documento de identificación N° 0106805336 y Mariuxi Alexandra Quito Panza con documento de identificación N° 0150079887, 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 autoras del Proyecto técnico: “Diseño geométrico y estructural de pavimento de la vía San Cristóbal-Malima de la abscisa 2+900 hasta la abscisa 5+800 km, perteneciente al cantón Paute provincia del Azuay”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera 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 de 2024

Atentamente,



Diana Priscila Alvarracin Villa
0106805336



Mariuxi Alexandra Quito Panza
0150079887

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Iván Alejandro Mejía Regalado con documento de identificación N° 0101883841, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO DE LA VÍA SAN CRISTÓBAL-MALIMA DE LA ABSCISA 2+900 HASTA LA ABSCISA 5+800 KM, PERTENECIENTE AL CANTÓN PAUTE PROVINCIA DEL AZUAY, realizado por Diana Priscila Alvarracin Villa con documento de identificación N° 0106805336 y por Mariuxi Alexandra Quito Panza con documento de identificación N° 0150079887, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 22 de enero del 2024

Atentamente,



Ing. Iván Alejandro Mejía Regalado, MSc.

0101883841

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada, a mis padres, hermanos, sobrinos, y cuñados quienes me han estado apoyando incondicionalmente en todas mis etapas de mi vida, por recordarme que puedo lograr cualquier meta que me proponga, siempre serán mi mayor motivación a ser mejor persona cada día, gracias por cada esfuerzo que han hecho y hacen por mí, les dedico este logro con todo mi amor.

Pero en especial a mi hermano Patricio que ha sido como mi segundo padre sin él no hubiera podido llegar hasta aquí.

Alvarracin Villa, Diana Priscila

Esta tesis quiero dedicar primeramente a Dios porque me ha dado la sabiduría necesaria para poder culminar este logro con éxito y por darme el valor de nunca rendirme.

Quiero dedicar esta tesis a mis padres Miguel Quito y Gloria Panza ya que ellos fueron los principales actores para que este anhelado proyecto por fin se llegue a cumplir, y lo agradezco que estoy con ustedes papis ya que han sido un pilar muy importante para mí y han hecho todo lo posible para ver a su niña salir adelante, no ha sido fácil pero hacen hasta lo imposible para verme feliz, me han enseñado que nunca debo rendirme que siempre debo estar con la cabeza en alto y lo orgullosa que debo estar de misma, les agradezco por estar conmigo y protegerme siempre de cualquier situación, esta etapa fue cumplida gracias a ustedes y solo le pido a Dios que les siga dando vida y salud para que sigan viendo a su niña triunfar

A mis hermanos Geovanny y David, les quiero dedicar este logro porque se lo importe que son en mi vida y siempre veo en sus ojos el orgullo que tienen hacia mí, infinitamente gracias por estar

en todos los momentos importantes que tuve en esta etapa ustedes más que nadie sabe lo sacrificado que ha sido llegar hasta este punto.

A ti abuelita mamá Rosa, infinitamente gracias por siempre confiar en mí, por darme la sabiduría de seguir adelante y nunca rendirme, estoy ayudo a convertirme en una persona de bien, y no sabe lo gradecida que estoy con Dios por darme una abuelita como usted recuerde que siempre tendrá un motivo para estar feliz y orgullosa de mí y nunca me alcanzaran las palabras para decirte lo mucho que le amo.

Quito Panza Mariuxi Alexandra

AGRADECIMIENTO

Principalmente, agradezco a Dios y a la Virgen por haberme permitido llegar hasta estos momentos, por darme salud y sabiduría en cada etapa de mi vida.

Agradezco incondicionalmente a mis padres, hermanos, sobrinos y cuñados por ser parte fundamental de este proceso por darme su confianza y animarme cada vez que me daba por vencida.

Y en especialmente agradezco a mi hermano Patricio, aunque físicamente no esté presente, gracias por el sacrificio que has hecho por mí, por ser mi segundo padre y por confiar en mí, eres mi ejemplo a seguir.

Agradezco infinitamente a mis amigos que logre conocer dentro y fuera de la universidad por brindarme su apoyo, por compartir risas y experiencias inolvidables. Pero en especial a mi amiga Mariuxi que se ha convertido como mi hermana, por ser ese pedazo fundamental en este proceso gracias por ser mi compañera de tesis y por cada momento compartido, a mi amiga Magali L. y a mi amigo Sebastián M., gracias por tenerme paciencia y sobre todo por estar conmigo en mis difíciles y grandes momentos de mi vida y a ustedes también gracias Christopher M. y Fernando B. por ser esos amigos que siempre me sacaban una sonrisa cuando ya no tenía ánimos y quería rendirme, a ti Braulio O. gracias por ser ese amigo incondicional desde la infancia por apoyarme, aconsejarme y tenerme paciencia pero sobre todo porque fuiste partícipe de que realizara esta meta, infinitamente agradecida con Dios por tener su amistad.

A todos los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana, gracias por tener paciencia y brindar sus conocimientos siendo esto fundamental para cada estudiante ya que sin ustedes no podríamos ser unos buenos profesionales.

Alvarracin Villa, Diana Priscila

Quiero expresar mis más grandes agradecimientos a cada uno de ustedes por el gran cariño y motivación que me han dado. Su presencia en esta etapa ha sido muy fundamental para estos logros.

Primeramente quiero agradecer a mi compañera de Tesis Diana ya que junta a ella hemos logrado lo que tanto habíamos anhelado desde hace años, quiero darte mis agradecimientos por apoyarme en todo y confiar en mí, no sabes lo agradecida que estoy con la vida por darme una amiga linda e inteligente que día a día me va enseñado muchas cosas así como yo a ella, no a sido fácil ya que habido muchos momentos de frustración pero siempre hemos estado la una para la otra y eso me hace feliz porque encontré la mejor hermana y amiga para culminar este proyecto, recuerda que siempre tendrás mi apoyo en todo momento y ahora más que nunca sé que estás muy feliz tanto como yo, pequeña muchas gracias por haberme elegido desde el inicio de la carrera.

A mis amigos Christofer M., Fernando B., Sebastián M., Magali L., ustedes son una parte fundamental en mi vida gracias a Dios que encontré amistades tan lindas que siempre saben cómo buscar algún motivo para sonreír, aunque en algún momento nos desanimábamos siempre teníamos alguna solución, les agradezco por darme siempre su apoyo y comprensión en los momentos difíciles.

Estas palabras quiero dedicar a un ser que no se encuentra cerca, tú has sido una parte importante en mi vida ya que siempre te encuentras conmigo en las buenas y malas, no ha sido fácil pero nunca imposible, te agradezco mucho por formar parte de este sueño yo sé que estas muy orgulloso de mi tanto como yo lo estoy de ti. Mil gracias por tanto apoyo y amor brindado upa.

Quito Panza Mariuxi Alexandra

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
GLOSARIO	XVI
CAPÍTULO I	1
1. GENERALIDADES.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Problema de estudio.....	1
1.3 Antecedentes	2
1.4 Justificación.....	3
1.5 Estado del arte	5
1.6 Objetivos	8
1.6.1 Objetivo general	8
1.6.2 Objetivos específicos	8
CAPÍTULO II.....	9
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Carreteras	9
2.1.1 Clasificación de carreteras según TPDA	9
2.1.2 Carreteras de Primer Orden.....	9
2.1.3 Carreteras de Segundo Orden.....	10
2.1.4 Carreteras de Tercer Orden.....	10
2.2 Levantamiento topográfico	10
2.3 Tráfico	10
2.3.1 Tráfico promedio (TPDA)	11
2.3.2 Tipos de conteo	11
2.3.3 Tráfico actual.....	12
2.3.4 Tráfico generado.....	13
2.3.5 Tráfico de desarrollo.....	13
2.3.6 Cálculo del TPDA total.....	14
2.3.7 Tráfico futuro	14
2.3.8 Cálculo del ESAL's	15

2.3.9 Velocidad de diseño.....	15
2.3.10 Composición de tránsito.....	16
2.4 Señales Regulatorias	18
2.4.1 Clasificación de las señales regulatorias.....	18
2.5 Diseño geométrico de vías	23
2.5.1 Radio mínimo de curvatura horizontal	23
2.5.2 Alineamiento Horizontal.....	24
2.5.2.1 Curvas Circulares Simples	25
2.5.3 Alineamiento Vertical.....	27
2.5.3.1 Curvas verticales Convexas	27
2.5.3.2 Curvas verticales Cóncavas.....	28
2.5.3.3 Gradientes	29
2.5.3.4 Gradientes mínimas	30
2.5.3.5 Peralte	30
2.5.4 Cunetas.....	31
2.5.4.1 Localización pendiente y velocidad.....	31
2.5.4.2 Cálculo del flujo uniforme en cunetas	32
2.5.4.3 Sección de la cuneta o canal.....	32
2.5.4.4 Escorrentía superficial	33
2.5.4.5 Método Racional.....	34
2.6 Alcantarillas.....	34
2.7 Definición de Suelos	35
2.7.1 Contenido de humedad	35
2.7.2 Granulometría.....	35
2.7.3 Límites líquidos e índices de plasticidades.....	36
2.7.4 Proctor.....	36
2.7.5 CBR	36
2.8 Pavimento.....	37
2.8.1 Tipos de pavimentos.....	37
2.8.1.1 Pavimento Rígido	37
2.8.1.2 Pavimento Flexible	38

2.8.1.3 Pavimento Semirrígido	38
CAPÍTULO III.....	39
3. METODOLOGÍA	39
3.1 Descripción del área de estudio	39
3.2 Propuesta de Solución.....	40
3.3 Materiales y equipos utilizados	40
3.3.1 Navegación instantánea por energía cinética por satélite (RTK)	40
3.3.2 Radio Walkie-Talkie.....	40
3.3.3 Flexómetro	40
3.3.4 Computador.....	40
3.4 Levantamiento topográfico	40
3.5 Conteo vehicular.....	42
3.6 Estudio de diseño de pavimento	42
3.7 Análisis hidráulico	43
CAPÍTULO IV	44
4. CÁLCULOS	44
4.1 Cálculo del TPDA.....	44
4.1.1 Cálculo factor horario	45
4.1.2 Cálculo factor diario	45
4.1.3 Cálculo factor semanal.....	45
4.1.4 Cálculo factor mensual	46
4.1.5 Cálculo factor TPDA	47
4.1.6 Corrección de tráfico en las estaciones.....	47
4.1.7 Proyección del tráfico	47
4.1.8 Cálculo de ESALS.....	52
4.2 Diseño de pavimento flexible.....	56
4.2.1 Cálculo del parámetro de confiabilidad (R).....	56
4.2.2 Cálculo de desviación estándar (Zr)	56
4.2.3 Cálculo de error estándar combinado (So).....	57
4.2.4 Cálculo del índice de serviciabilidad de pavimentos.....	58
4.2.5 Cálculo del módulo resiliente de la subrasante con CBR 1.9%.....	59

4.2.6 Cálculo del coeficiente de drenaje.....	59
4.2.7 Cálculo del módulo resiliente de la mezcla asfáltica.....	60
4.2.8 Cálculo del módulo resiliente y coeficiente estructural de la base.....	61
4.2.9 Cálculo del módulo resiliente y coeficiente estructural de la sub base	62
4.2.10 Cálculo de número estructurales SN.....	62
4.2.11 Espesor de mejoramiento para la subrasante.....	66
4.3 Levantamiento Topográfico	69
4.3.1 Obtención de los puntos del Levantamiento Topográfico	69
4.3.2 Elaboración de la Topografía	70
4.4 Diseño Geométrico	70
4.4.1 Velocidad de Diseño.....	71
4.4.2 Velocidad de Circulación.....	71
4.4.3 Coeficiente de Fricción Lateral.....	71
4.4.4 Diseño Horizontal.....	72
4.4.4.1 Radio Mínimo de Curvatura.....	72
4.4.4.2 Distancia de visibilidad y rebasamiento de un vehículo	73
4.4.4.3 Peralte	74
4.4.4.4 Sobreancho	74
4.4.4.5 Curvas Circulares	75
4.4.4.6 Diseño Vertical.....	78
4.5 Diseño de Cunetas	80
4.5.1 Coeficiente de Escorrentía	80
4.5.2 Intensidad de la Lluvia.....	81
4.5.3 Velocidad Máxima y Mínima	82
4.5.4 Coeficiente de Rugosidad de Manning.....	83
4.5.5 Relaciones Geométricas para Parámetros Hidráulicos	84
4.6 Evaluación de Alcantarillas.....	84
4.6.1 Caudal de diseño.....	84
4.6.2 Secciones de Alcantarillas	85
4.7 Presupuesto General del Proyecto	86
4.8 Cronograma Valorado.....	88

5. CONCLUSIONES	90
6. RECOMENDACIONES	91
7. BIBLIOGRAFÍA	92
8. ANEXOS	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Clasificación de carreteras</i>	9
Figura 2. <i>Tasas de crecimiento de tráfico</i>	11
Figura 3. <i>Pendientes Máximas</i>	16
Figura 4. <i>Tipos de vehículos motorizados remolques y semirremolques</i>	17
Figura 5. <i>Señal “Pare”</i>	18
Figura 6. <i>Señal “Ceda el paso”</i>	19
Figura 7. <i>Señal “Pare aquí en luz roja”</i>	19
Figura 8. <i>Señal “izquierda o derecha”</i>	19
Figura 9. <i>Señal “Mantenga izquierda o derecha”</i>	20
Figura 10. <i>Señal “Traslado Carril izquierda o derecha”</i>	20
Figura 11. <i>Señal “No girar en U”</i>	21
Figura 12. <i>Señal “Señales anticipadas de control de carril en intersección”</i>	21
Figura 13. <i>Señal “Solo buses”</i>	22
Figura 14. <i>Señal “Carril “VAO” (Vehículos de alta ocupación)”</i>	22
Figura 15. <i>Señal “Reduzca la Velocidad”</i>	23
Figura 16. <i>Cifras para radios mínimos de curvatura</i>	24
Figura 17. <i>Elementos de la Curva circular simple</i>	25
Figura 18. <i>Coeficiente de fricción lateral</i>	31
Figura 19. <i>Sección triangular de la cuneta</i>	32
Figura 20. <i>Elementos de una alcantarilla</i>	34
Figura 21. <i>Gráfica Granulométrica</i>	36
Figura 22. <i>Ubicación del proyecto</i>	39
Figura 23. <i>Diseño de Hitos</i>	41
Figura 24. <i>Colocación del RTK</i>	41
Figura 25. <i>Plantilla para contar los vehículos</i>	42
Figura 26. <i>Extracción de la muestra de suelo</i>	43
Figura 27. <i>Levantamiento topográfico de las alcantarillas</i>	43
Figura 28. <i>Comprobación Sn mediante programa Ecuación AASHTO93 con CBR 1.9%</i>	64
Figura 29. <i>Comprobación Sn mediante programa Ecuación AASHTO93 con CBR 6 %</i>	67

Figura 30. <i>Gráfica estructural del pavimento</i>	69
Figura 31. <i>Puntos en AutoCAD</i>	69
Figura 32. <i>Superficie</i>	70
Figura 33. <i>Curva vertical N°2</i>	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Elementos de la Curva circular simple</i>	26
Tabla 2. <i>Valores de velocidad de diseño para curvas convexas mínimas</i>	28
Tabla 3. <i>Valores de velocidad de diseño para curvas cóncavas mínimas</i>	29
Tabla 4. <i>Valores de Gradiente y longitud máxima</i>	29
Tabla 5. <i>Velocidades del agua con que se erosionan diferentes materiales</i>	31
Tabla 6. <i>Coordenadas del proyecto</i>	39
Tabla 7. <i>Total, de vehículos que ingresan y salen durante los 7 días</i>	44
Tabla 8. <i>Resumen de Giros</i>	44
Tabla 9. <i>Factor semanal</i>	45
Tabla 10. <i>Consumo de combustible del Azuay 2022 para el factor mensual</i>	46
Tabla 11. <i>Corrección de tráfico observado en la intersección</i>	47
Tabla 12. <i>Proyección de vehículos según modelo logístico</i>	49
Tabla 13. <i>Tasas de crecimiento vehicular para 1 año</i>	51
Tabla 14. <i>Tasas de crecimiento vehicular cada 5 años</i>	51
Tabla 15. <i>Proyección del TPDA</i>	52
Tabla 16. <i>Factor equivalente por tipo de carga</i>	53
Tabla 17. <i>Factor de carril</i>	54
Tabla 18. <i>TPDA total</i>	54
Tabla 19. <i>Cálculo de Número de Ejes Equivalentes a 8.2 Ton</i>	55
Tabla 20. <i>Ensayo de laboratorio CBR</i>	56
Tabla 21. <i>Confiabilidad R%</i>	56
Tabla 22. <i>Desviación estándar normal (Zr)</i>	57
Tabla 23. <i>Error normal combinado</i>	57
Tabla 24. <i>Serviciabilidad Inicial</i>	58
Tabla 25. <i>Serviciabilidad Final</i>	58
Tabla 26. <i>Coefficientes recomendados del coeficiente ambiental y de drenaje (mi)</i>	59
Tabla 27. <i>Coefficientes de drenaje para pavimentos (mi)</i>	60
Tabla 28. <i>Módulo de elasticidad en base al material</i>	60
Tabla 29. <i>Espesores mínimos en función de ejes equivalentes</i>	63
Tabla 30. <i>Datos obtenidos inicialmente para obtener SN con CBR 1.9%</i>	63

Tabla 31. <i>Resumen de los Datos Obtenidos de los Números Estructurales Requeridos y Reales y Espesores CBR 1.9%</i>	65
Tabla 32. <i>Resultado de dimensiones de las capas con CBR 1.9%</i>	65
Tabla 33. <i>Resumen de los Datos Obtenidos de los Números Estructurales Requeridos y Reales y Espesores CBR 6%</i>	68
Tabla 34. <i>Espesores estructurales de pavimento</i>	68
Tabla 35. <i>Velocidad de Circulación</i>	71
Tabla 36. <i>Pendiente de borde</i>	76
Tabla 37. <i>Peralte en función de la Velocidad y Radio</i>	76
Tabla 38. <i>Valores de la Curva N°2</i>	77
Tabla 39. <i>Datos Iniciales diseño vertical</i>	78
Tabla 40. <i>Curvas Verticales Convexas Mínimas</i>	79
Tabla 41. <i>Coefficiente de Escorrentía</i>	80
Tabla 42. <i>Determinación del Coeficiente de Escorrentía</i>	81
Tabla 43. <i>Intensidad duración frecuencia estación M0.138 Paute</i>	82
Tabla 44. <i>Velocidades Máximas</i>	83
Tabla 45. <i>Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning</i>	83
Tabla 46. <i>Formas para el cálculo Q1 y Q2</i>	84
Tabla 47. <i>Caudal de diseño (Alcantarillas)</i>	85
Tabla 48. <i>Valores de diseño (Alcantarillas)</i>	85

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. <i>Tasa de saturación</i>	50
Gráfico 2. <i>Coeficiente estructural de la mezcla asfáltica</i>	61
Gráfico 3. <i>Coeficiente estructural de la base</i>	61
Gráfico 4. <i>Coeficiente estructural de la sub base</i>	62
Gráfico 5. <i>Determinación el Coeficiente de Fricción</i>	72

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. <i>Colocación de la cámara para TPDA</i>	95
Anexo 2. <i>Planteamiento y colocación de Hitos</i>	95
Anexo 3. <i>Levantamiento topográfico</i>	95
Anexo 4. <i>Plantilla de excel de conteo vehicular</i>	96
Anexo 5. <i>Estudio para evaluación y determinación de características del suelo</i>	97
Anexo 6. <i>Elementos de Curva Circulares</i>	102
Anexo 7. <i>Elementos de Curvas Verticales</i>	102
Anexo 8. <i>Diseño de Cunetas</i>	102
Anexo 9. <i>Diseño de Cuneta para Ensamble</i>	103
Anexo 10. <i>Parámetros para las velocidades máximas admisibles para cunetas</i>	103
Anexo 11. <i>Fichas del estado de las alcantarillas</i>	104
Anexo 12. <i>Evaluación en ARGIS de Alcantarillas</i>	105
Anexo 13. <i>Evaluación de Alcantarillas</i>	105
Anexo 14. <i>Fórmula Polinómica</i>	107
Anexo 15. <i>Reporte cronograma de trabajo</i>	108
Anexo 16. <i>Planos</i>	109

RESUMEN

En la actualidad la red vial es un tema de suma importancia para el desarrollo y crecimiento de un país, es el medio donde facilita el transporte y complace las necesidades básicas de educación, salud, trabajo y alimentación de una persona.

Este proyecto se enfocó en el **“DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO DE LA VÍA SAN CRISTÓBAL-MALIMA DE LA ABSCISA 2+900 HASTA LA ABSCISA 5+800 KM, PERTENECIENTE AL CANTÓN PAUTE PROVINCIA DEL AZUAY**, para realizar el diseño se tuvo que identificar el problema de la zona, por lo cual se hizo varias visitas al lugar, y se visualizó el impacto ambiental y el tránsito de circulación, estos percances son causados por el mal estado de la vía. Por ello el propósito de este proyecto es elaborar el diseño geométrico y estructural de pavimento para que de esta forma llegue a brindar una vía en buenas condiciones que cumplan con los parámetros que ésta requiere.

El desarrollo del diseño geométrico de la vía se obtiene por medio de las normativas MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas) y la AASHTO 93 (American Association of State Highway and Transportation Officials), estas son normas que se utilizan en el Ecuador, que pertenecen al diseño geométrico y diseño de pavimentos.

Ya adquirido los diseños finales y cálculos de vía la estructura del pavimento brinda una capa asfáltica con un espesor de 7.5 cm y un mejoramiento de 55 cm, de igual forma se procedió a realizar un presupuesto referencial dando un valor de 1,256,424.97 adjuntando a ello cronograma valorado y rutas críticas.

Palabras Clave: Diseño Geométrico, Diseño Pavimentos, Levantamiento Topográfico, TPDA, conteo vehicular, ESALS, pendientes, Presupuesto.

ABSTRACT

Currently, the road network is an issue of utmost importance for the development and growth of a country; it is the means by which it facilitates transportation and meets the basic needs of a person's education, health, work and food.

This project focused on the "GEOMETRIC AND STRUCTURAL DESIGN OF THE PAVEMENT OF THE SAN CRISTÓBAL-MALIMA ROAD FROM LA ABSCISA 2+900 TO ABSCISA 5+800 KM, BELONGING TO THE PAUTE CANTON PROVINCE OF AZUAY, to carry out the design it had to be identified the problem of the area, for which several visits were made to the place, and the environmental impact and traffic flow were visualized, these mishaps are caused by the poor condition of the road. Therefore, the purpose of this project is to develop the geometric and structural design of the pavement so that it provides a road in good condition that meets the parameters it requires.

The development of the geometric design of the road is obtained through the regulations MTOP (Ministry of Transportation and Public Works) and AASHTO 93 (American Association of Staandarsd Highway Transportaion Officials), these are standards that are used in Ecuador, which belong to the geometric design and pavement design.

Once the final designs and road calculations were acquired, the pavement structure provides an asphalt layer with a thickness of 7.5 cm and an improvement of 55 cm. In the same way, a reference budget was made giving a value of 1,256,424.97, attaching to it an estimated schedule. and critical paths.

Keywords: Geometric Design, Pavement Design, Topographic Survey, TPDA, vehicle counting, ESALS, slopes, Budget.

GLOSARIO

Vía: Calle, camino u otro lugar donde se transita.

RTK: Navegación cinética satelital en tiempo real usada para la topografía.

TPDA: Tráfico Promedio Diario Anual

To: Tráfico inicial en un período de tiempo.

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

Fs: Factor semanal.

Fm: Factor mensual.

Fh: Factor horario.

Fd: Factor diario.

Fm: Factor mensual.

Tránsito: Actividad de personas y vehículos que pasan por una calle, una carretera, etc.

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

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

CBR: Parámetro del suelo que cuantifica su capacidad resistente como subrasante, sub base y base en el diseño de pavimentos.

Hito: Poste de piedra o cualquier señal clavada en el suelo que sirve para marcar el límite de un territorio.

PDOT: Plan de Ordenamiento Territorial

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 Introducción

Las vías de transporte son una parte insustituible e importante para el desarrollo socioeconómico de las comunidades o ciudades y se han convertido en un medio para la integración de sectores de diferentes regiones. La construcción y operación de nuevas carreteras garantiza la comodidad y seguridad de los usuarios al momento de transportarse de un lugar a otro.

El presente proyecto de titulación se basa en el “DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO DE LA VÍA SAN CRISTÓBAL-MALIMA DE LA ABSCISA 2+900 HASTA LA ABSCISA 5+800 KM, PERTENECIENTE AL CANTÓN PAUTE PROVINCIA DEL AZUAY”; el cual tendrá como objetivo principal favorecer y mejorar la condición vial de la parroquia San Cristóbal y generar una buena condición de vida, turismo y economía de dicha comunidad.

1.2 Problema de estudio

En épocas invernales la vía principal Paute Guarumales Méndez tiende a cerrarse temporalmente a causa de los fenómenos naturales; ocasionando que el tránsito vehicular se vea afectado, por lo cual, se toma como vía alterna San Cristóbal-Malima.

Por tanto, el GAD parroquial de San Cristóbal expreso la inconformidad de la comunidad ya que la vía se encuentra en mal estado, es decir, que la vía no está pavimentada, sus cunetas y alcantarillas se encuentran colapsadas, por ello, que esta situación no permite una buena circulación para los transeúntes de esta ruta, además se han presentado problemas de salud como enfermedades respiratorias provocadas por la gran cantidad de polvo. Por este motivo, se ha

planteado una solución que ayude al mejoramiento de la vía, mediante la elaboración del diseño geométrico y estructural; que favorecerá a la ciudadanía.

1.3 Antecedentes

Las carreteras son componentes fundamentales para el progreso de una sociedad, ya que es el medio donde facilita el transporte seguro para las personas, mercaderías, entre otros.

La infraestructura vial en el Ecuador, ha conservado un suceso de afectaciones constantes, como inmovilizaciones, desplomes de vías y puentes, causados por los factores climáticos y riesgos sísmicos donde el gobierno ha tenido que enfrentar con resoluciones rápidas y concisas, sin tener nada de apoyo técnico que de garantía de seguridad apropiada para el crecimiento. Por medio de Acuerdos Ministeriales se ha tratado de forma una guía técnica que disminuya la posibilidad de errores en trabajos de recuperación de los infraestructurales viales (NEVI 12, 2013).

La provincia del Azuay cuenta con categorías de conectividad vial tanto al interior de la provincia como con la región. Esta tiene la capacidad en mantenimientos y mejoras de la red vial de la prefectura del Azuay, teniendo en cuenta que su red vial presente es de 4987.83 km que son de competencia, dejando al descubierto 2697.83 km de carreteras no están reparadas, esto produce que las vías que no son atendidas son por la falta de medios económicos. Uno de los problemas esenciales que afecta a la provincia del Azuay, es la calidad y el estado del suelo de rodadura de las vías (CONGOPE, 2017). En los últimos tres años, la Prefectura del Azuay ha invertido \$41'292.587,85 para el mantenimiento y mejoramiento vial como carreteras y construcción de puentes comunitarios; permitiendo la conectividad de las familias y mejorando su calidad de vida (Prefectura del Azuay, 2023).

En el Azuay se encuentra San Cristóbal que está ubicada en el cantón Paute se compone por 1030 habitantes, 52% hombres y 48% mujeres. Se puede observar que el PDOT de las

actividades más representativas en la parroquia son: Manufactura con un 25.83% que representa 266 habitantes, seguida de agricultura, ganadería, silvicultura y pesca con un 20.78% o 214 habitantes; la construcción también es un negocio relacionado que representa el 16.31% de la PEA de la parroquia, lo que corresponde a 168 vecinos, de los cuales sólo 2 son mujeres; También es excelente la actividad en el comercio mayorista y minorista, donde se dedican a esta actividad 102 personas, lo que supone un 9,90%. Estas son las actividades más representativas de la parroquia (PDOT San Cristóbal, 2015).

La vía San Cristóbal- Malima se encuentra en una zona rural, con una longitud de 12 km, la cual es considerada una vía alterna de conectividad inter cantonal y provincial, actualmente se encuentra en mal estado generando enfermedades, inseguridad al transitar, dificultando la actividad económica y turística del sector. Por ello, se propone el mejoramiento y pavimentación de la vía anteriormente descrita teniendo en cuenta los estudios y realización del diseño geométrico y estructural de pavimento utilizando la norma de diseño MTOP 2003 con el propósito de buscar el bienestar y seguridad de los transeúntes y habitantes de la parroquia San Cristóbal.

1.4 Justificación

El mejoramiento de las vías hoy en día es un factor de ingreso muy importante para el país y sobre todo en zonas rurales. Una vía permite la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el tiempo y en el espacio, lo cual requiere de cierto nivel de seguridad, rapidez y comodidad.

Los códigos de construcción se regularizan por entidades como el Ministerio de Transporte, las que enfocan temas como la velocidad de diseño que depende del tipo de proyecto y del tipo de terreno, por ende, es importante comprender que la velocidad de diseño de un proyecto obedece en primera instancia a estudios de tráfico y a las capacidades y niveles de servicio que el proyecto

quiere brindar, incluidos los elementos geométricos de acuerdo a las normas vigentes para el tipo de vía que se quiere obtener.

Cuando la viabilidad no cumple con los requisitos para los que fue creada, es necesario buscar opciones que solucionen de manera óptima las necesidades de los usuarios. Esto, obliga a diseñar, ampliar, modernizar y reconstruir caminos existentes siempre respetando y tomando en cuenta la ubicación geográfica de los mismos ya que de eso dependerán factores muy importantes en el diseño.

Por ello, la pavimentación de una vía en zonas rurales o urbanas, puede ofrecer una serie de beneficios significativos como ofrecer condiciones más seguras para la circulación de vehículos y peatones, además puede fomentar el desarrollo económico al mejorar la conectividad y facilitar el transporte eficiente en bienes y servicios. Esto puede atraer inversiones, estimular la actividad comercial y generar empleo además facilitan el acceso a lugares turísticos en zonas rurales, lo que puede atraer a visitantes y promover el desarrollo del turismo local.

La pavimentación controla el polvo generado por caminos de tierra, mejorando así la calidad del aire y reduciendo la erosión del suelo. Esto tiene beneficios tanto para la salud como para el medio ambiente local, pero sobre todo la pavimentación mejora los servicios básicos o esenciales como el acceso a centros de salud, escuelas y mercados.

La parroquia de San Cristóbal se caracteriza por su gran extensión, su baja densidad de población, las grandes distancias a los mercados comunales y las bajas economías de escala de su producción agrícola, de su comercio, y del uso de su red de transporte. Las obras que configuren el proyecto mejorarán las condiciones de vida de la comunidad y se espera generar una infraestructura para una logística de transporte más eficiente ya que es una vía de conectividad provincial e Inter cantonal. Es importante destacar que la decisión de pavimentar una vía debe

tener en cuenta las necesidades específicas de la comunidad, así como considerar los posibles impactos ambientales y sociales. Además, es esencial llevar a cabo un análisis de costos y beneficios para garantizar la viabilidad económica del proyecto. Según la rendición de cuentas del presidente del GAD Parroquial San Cristóbal entre el año 2022 hasta el 2023 se dio un costo de mantenimiento de la vía San Cristóbal- Malima de \$64.468,38 más IVA, dando énfasis que es factible pavimentar la vía ya que se generaría ahorros significativos económicamente y el dinero que se utiliza para el mantenimiento de la vía sería invertido para otras necesidades de la comunidad.

1.5 Estado del arte

La Ingeniería Civil abarca una amplia gama de campos de la construcción como las estructuras, hidráulica y en el particular caso de estudio las carreteras por ser un elemento esencial del crecimiento y desarrollo económico y social del país complementado por los sistemas de transporte, el cual nos marca una guía para disminuir el tiempo de traslado de las personas dado que permite conectar puntos extremos tan directamente como sea posible, siempre considerando normas de ingeniería que certifiquen que es una vía funcional, económica y estética (C. Tordesillas and M. G. Ant, 2008).

Con respecto a este tema tendremos una infinidad de investigaciones como las “Normas de diseño geométrico de carreteras” propuestas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (MTOPE), que ha servido de base para el presente proyecto técnico, basados en parámetros para el diseño geométrico de vías, de igual manera se puede destacar la “Guía AASHTO para diseño de estructura de pavimentos” realizada por la AASHTO.

Desde la antigüedad las carreteras son infraestructuras de transporte creadas especialmente en un terreno entero llamado facha para permitir que los vehículos circulen continuamente en el

espacio y el tiempo. Por ende, el diseño geométrico de una vía es la parte más importante porque la configuración geométrica tridimensional está diseñada para hacer la vía funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente, de acuerdo a su tipo, características geométricas y volúmenes de tránsito, de tal manera que ofrezca una adecuada movilidad a través de una velocidad de operación suficiente (Cárdenas, 2013).

Debido a los constantes cambios que sufren las ciudades, pueblos o comunidades, el transporte, es de vital importancia para cumplir con las exigencias de la población, por lo que la ubicación de una vía es trascendental para el desarrollo de un proyecto, el cual se basa las características geométricas de la vía: alineamiento horizontal, vertical, las diferentes componentes de la sección transversal y la señalización (C. Tordesillas and M. G. Ant, 2008).

Entre los diferentes elementos que se tiene para la planeación de una carretera tenemos lo que es la topografía, siendo una de las características más relevantes a considerar, debido a que esta nos bosqueja los diferentes elementos que se encuentran fijos al suelo, y así darnos una idea clara de las condiciones que nos presenta el terreno (Rubio, 2021).

Existen diferentes factores que son asumidos para que el proyecto sea factible, considerando como uno de ellos el componente económico, aunque existen casos en los que hay que sacrificar esto, en pro de otras características tales como las geográficas, ambientales o estratégicas, estos condicionantes son claves para determinar la mejor opción de diseño de una vía con un trazado original basado en criterios técnicos. Otra de las variables a tener en cuenta es la velocidad a la que se va a circular dentro de la vía, la cual debe ajustarse a las expectativas del usuario y no generar dificultades en el manejo por lo que no es recomendable realizar el diseño de la vía con cambios bruscos en la geometría ya que esto produce una variación en la velocidad y podría producir accidentes de tránsito (Rubio, 2021).

Además, el objetivo del diseño geométrico es definir un trazado que facilite el movimiento de los vehículos tanto longitudinal como transversalmente en la vía. Un vehículo que representa todos los vehículos que pueden circular por esa vía se llama vehículo de diseño.

La elección del vehículo de diseño debe corresponder a la composición del tránsito determinado en el estudio de ingeniería de tránsito para el proyecto en estudio. Cabe señalar que esta selección incide directamente en la definición de las dimensiones de los anchos de carril, calzada, bermas y sobreeanchos de la sección transversal, el radio mínimo de giro en el diseño de las intersecciones y pasos elevados (INVIAS, 2008).

Las condiciones de la vía que conecta a San Cristóbal- Malima, no son buenas debido a que esta no presenta las garantías para que exista un tráfico fluido que permita desarrollar sus actividades con las condiciones adecuadas, siendo importante señalar que la intervención de mejoramiento de la vía puede convertir a esta, en un camino que reactive a las comunas, dando un significativo paso en miras del desarrollo de la parroquia.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Realizar el diseño geométrico y estructural de pavimento de la vía San Cristóbal-Malima de la abscisa 2+900 hasta la abscisa 5+800 km, perteneciente al cantón Paute provincia del Azuay.

1.6.2 Objetivos específicos

- Ejecutar la topografía de la vía, con el propósito de obtener puntos claves que ayuden al diseño geométrico de la misma.
- Realizar el conteo vehicular que permite conocer el volumen y la cantidad de tráfico que existe actualmente.
- Realizar el diseño geométrico y estructural de la vía según las normativas vigentes.
- Examinar el tipo de suelo en base a estudios de laboratorio para diseñar la estructura del pavimento.
- Evaluar hidrológicamente el lugar donde se encuentra la vía para proponer las obras de drenaje necesarias.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Carreteras

Se determina como una infraestructura de pavimento de traslado y uso público, esto ayuda a la circulación vehicular. Son carreteras anchas que tienen como propósito brindar fluidez en el desplazamiento de los vehículos, esto puede llegar a ofrecer seguridad y comodidad en el uso diario (MTO, 2003).

2.1.1 Clasificación de carreteras según TPDA

En el país se ordena las carreteras conforme a un cierto rango de volumen del tráfico. En la siguiente tabla se muestra la clasificación funcional de carreteras según el TPDA (NEVI 12, 2013).

Figura 1.

Clasificación de carreteras

CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS EN FUNCIÓN DEL TRÁFICO PROYECTADO	
CLASE DE CARRETERA	TRÁFICO PROYECTADO TPDA
R-I o R-II	Más de 8000
I	De 3000 a 8000
II	De 1000 a 3000
III	De 300 a 1000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

Fuente: (MTO, Norma de Diseño Geométrico de carretera, 2003)

2.1.2 Carreteras de Primer Orden

Las carreteras de primer orden son aquellas que tienen como función principal añadir las zonas principales de consumo del país. Se tiene en cuenta que el volumen del tránsito debe ser igual o mayor a los 700 carros diarios esto ayuda a la construcción de una calzada sencilla que tiene una medida de 7,30 metros de ancho.

2.1.3 Carreteras de Segundo Orden

Las carreteras de segundo orden son vías que tienen una unión entre uno o más municipios con la vía ya nombrada anteriormente, el volumen que debe tener es de 150 vehículos con valor mínimo de 700 vehículos por día, la medida de la calzada es la misma de la vía de primer orden.

2.1.4 Carreteras de Tercer Orden

Son vías terciarias y carreteras nacionales. Su función es proporcionar comunicación entre dos o más caminos. La ciudad puede tener vías secundarias con un tráfico menos de 150 vehículos por día cuando esté terminado. Teniendo vías sencillas de ancho menor o igual a 6 metros que sirvan a la población.

2.2 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico es el conjunto que estudia los principios y las formas que para la posición de puntos y crear una superficie del suelo. La topografía no solo significa ejecutar levantamientos en el área, sino que tienen elementos como la cartografía esto es de mucha ayuda al momento de realizar planos.

La topografía es uno de los encargados de calcular la amplitud del suelo donde se representa un esquema en un plano a escala. Así mismo es importante saber que el levantamiento establece distancias horizontales como verticales entre los trazos y algunos objetos que se representan sobre la superficie, también se ejecuta la medición en ángulos y trazos que son espacios que determina un replanteo (Gámez Morales, 2010).

2.3 Tráfico

Para el diseño de una vía se tiene en cuenta la información que se obtiene de los datos del tráfico, esto ayuda a la obtención del volumen máximo de cada vehículo. El tráfico tiene como información comprender el tráfico actual como volúmenes y tipos de carros. Cuando se llegan a

ejecutar proyectos de vías, siempre se trata de mejorar las carreteras (ensanchamientos o pavimentación entre otros). Al realizar los estudios se llega a observar la cantidad de vehículos que transitan por el lugar esto se ve por el día y por la hora, también por su tamaño y peso (NEVI 12, 2013).

A continuación, se presenta una tabla de tasas crecimiento de tráfico de los últimos años.

Figura 2.

Tasas de crecimiento de tráfico

TASAS DE CRECIMIENTO DE TRÁFICO				
TIPO DE VEHÍCULO	PERÍODO			
	2010 - 2015	2015 - 2020	2020 - 2025	2025 - 2030
LIVIANO	4.47	3.97	3.57	3.254
BUS	2.22	1.19	1.78	1.62
CAMIÓN	2.18	1.94	1.74	1.58

Fuente: (MTOPI, Norma de Diseño Geométrico de carretera, 2003).

2.3.1 Tráfico promedio (TPDA)

Es un valor que se fija al realizar el conteo y como consecuencia se obtiene el número de vehículos que llegan a transitar por la vía que se está evaluando, esto se realiza durante 24 horas al día y los 365 días del año. Al ejecutar el proyecto o análisis del TPDA se tiene en cuenta que debe contar con un conteo manual que son entre los 7 días de la semana de lunes domingo (NEVI 12, 2013).

2.3.2 Tipos de conteo

Para realizar el conteo de tráfico se tiene que conocer qué tipo de conteo se necesita. Por lo cual se presentará a continuación los 3 tipos de conteos esto depende de los datos que se estima a escoger.

- Conteos en intersecciones

Estos conteos son en intersecciones que solo se llega a utilizar cuando se quiere determinar el volumen del vehículo. Esto permite la obtención de los vehículos con sus respectivos movimientos y giros en cada una de las intersecciones (Fustamante Sánchez, 2019).

- **Conteos en volúmenes peatonales**

Este conteo se realiza dependiendo los senderos y las áreas peatonales, donde exista escaleras, rampas etc. Esto es de ayuda para la obtención de información de los niveles de servicio para las instalaciones peatonales y el diseño de veredas. Para este conteo se llega a conocer todo tipo de zonas en donde se pueda realizar el conteo de los volúmenes de cada vehículo, como áreas de espera, áreas peatonales, etc. (Fustamante Sánchez, 2019).

- **Conteos periódicos de volúmenes**

En este conteo se conoce los datos de volumen del tráfico donde se tiene que obtener datos seguidamente. Por lo cual se implicará un conteo a partir de los 15 minutos que ayuda a determinar valores con características anuales del tráfico (Fustamante Sánchez, 2019).

2.3.3 Tráfico actual

Es una cifra de vehículos que transitan sobre una vía antes de ser arreglada o también puede ser un volumen que circula en una carretera mejorada para los usuarios (MTOP, 2003).

El tráfico actual es compuesto por dos componentes:

- **Tráfico Existente:**

Es una carretera que ya estaba diseñada y se utiliza para el mejoramiento donde se integra los estudios del tráfico.

- **Tráfico Desviado:**

Es un desvío que es atraído de otras vías, cuando se llegue a entregar el mejoramiento de la carretera donde se tienen en claro la razón de ahorros y costos.

2.3.4 Tráfico generado

Este tráfico generado se llega a producir entre los 2 años después de la finalización del proyecto, ayuda a obtener el valor de cantidades de viajes que están o no efectuados (NEVI 12, 2013). Su fórmula se puede determinarse de la siguiente forma:

$$Tg = 0.20 * TA$$

Donde:

Tg: Tráfico Generado.

TA: Tráfico Actual.

2.3.5 Tráfico de desarrollo

El tráfico de desarrollo consiste en un incremento de áreas nuevas a donde se pueda producir tierras y se encuentren localizadas en ella. Es un componente que puede llegar a incrementarse en todo el estudio del periodo. En todo el proyecto se presentará notas que serán de proporción en el conteo de tráfico esto ayuda al estudio de un destino que permite la expansión del tráfico que sirve para emplearse y conseguir el Tráfico promedio diario anual, es un método que se podrá utilizar hasta que exista un desarrollo o un método exacto y grato (MTOPI, 2003). La siguiente ecuación se podrá ver como se calcula el tráfico de desarrollo.

$$Td = 0.05 * TA$$

Donde:

Td: Tráfico desarrollado.

TA: Tráfico actual.

2.3.6 Cálculo del TPDA total

El cálculo del tráfico promedio diario anual se basa en ejecutar los factores principales como: Factor horario, Factor diario, Factor semanal, Factor mensual. Para realizar esta operación se necesita tener el conteo vehicular.

Antes de realizar el cálculo tenemos que tener presente como se ejecuta cada uno de estos factores.

Factor Horario FH: Para realizar el cálculo se tiene que dividir el conteo automático del día en el que se realizó el conteo manual para su periodo total.

Factor Diario FD: Para el cálculo de este factor se necesita dividir el Tráfico promedio diario semanal para el total del conteo.

Factor Semanal FS: Para el cálculo del factor semanal se tiende a dividir el tráfico promedio semanal para el tráfico de la semana donde incluye el conteo manual que contiene el día del calendario.

Factor Mensual FM: en este caso no se dispone del conteo en varios meses por eso se tendrá el consumo del combustible del año próximo al año de donde se realizó el conteo.

A continuación, se muestra la ecuación para el cálculo de este.

$$TPDA = Fh * Fd * Fs * Fm * \text{Conteo de tráfico}$$

2.3.7 Tráfico futuro

Estas proyecciones de tráfico se basan en la clasificación de vías y estimación velocidades de diseño. En ellos se tienen presente la vida útil de cada carretera que se encuentra entre los 15 o 20 años con su crecimiento de tráfico (MTOP, 2003).

En la clasificación de carreteras existe proyecciones de tráfico que permiten tener la velocidad de diseño con los valores geométricos del proyecto. En el país aún no se llegan a efectuar

análisis para determinar la 30ª hora que corresponde a los volúmenes, se puede obtener el volumen horario máximo con el TPDA que llega a variar entre el 5% y 10% (MTOPI, 2003).

$$T_f = TPDA(1 + i)^n$$

Donde:

T_f: Tráfico proyectado.

TPDA: Tráfico promedio diario anual total

i: Tasa de crecimiento del tráfico.

n: Número de años proyectados.

2.3.8 Cálculo del ESAL's

El cálculo de ESAL's se basa en la aplicación de las estructuras de pavimento donde se considera los dos tipos el pavimento flexible donde contiene un número estructural (SN) esto es de mucha ayuda para las cargas, y para el pavimento rígido se necesita el espesor de losa donde ayuda a las cargas que se va a tener, se tendrá que aceptar el índice que contenga en un final aceptable esto es de ayuda para el tipo de carretera que se considere necesario (Coronado Iturbide, 2002).

2.3.9 Velocidad de diseño

Es una velocidad máxima donde los conductores de los vehículos circulen de una manera segura por la carretera y más cuando exista fenómenos naturales. Se escoge en función de cómo este las condiciones del terreno. Esta velocidad se llega a ejecutar en los elementos geométricos de la vía para obtener el alineamiento horizontal y vertical. Para la velocidad de diseño se tiene en cuenta el tramo de vía que se encuentre en mal estado lo cual tiene que tener una longitud máxima de 5 y 10 kilómetros.(MTOPI, 2003).

La velocidad de un chofer depende del talento del mismo conductor y del automóvil teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

- Las características de la carretera y de la zona aledaña.
- Las condiciones del tiempo.
- La presencia de otros vehículos en la vía.
- Las limitaciones legales y de control.

Figura 3.

Pendientes Máximas

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: (NEVI 12, Norma para Estudios y Diseños Viales (Vol. 2A), 2013)

2.3.10 Composición de tránsito

El diseño de las carreteras se basa en las características de la ecuación de cada vehículo, esto se obtiene en los diferentes tipos de vehículos sus tamaños y pesos. Existen diferentes clases de vehículos en el tránsito este lleva el nombre de composición del tránsito. Hay camiones que son pesados estos los hacen más lentos y ocupan más espacio en cambio los buses y automóviles son más rápidos y contienen menos efecto en el tránsito (NEVI 12, 2013).

Las dos calidades más frecuentes de vehículos son:

- Vehículos livianos:

Son los que incluyen motocicletas y automóviles pequeños o camiones livianos estos tienen la capacidad de llevar más de 5 pasajeros, y contiene un espacio para llevar una rueda trasera (NEVI 12, 2013).

- Vehículos pesados:

Son camiones, buses y combinaciones de camiones de más de 4 toneladas de peso y doble llanta en las ruedas traseras (NEVI 12, 2013).

Figura 4.

Tipos de vehículos motorizados remolques y semirremolques

CUADRO DEMOSTRATIVO DEL TIPO DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS REMOLQUES Y SEMIREMOLQUES								
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)				
				Largo	Ancho	Alto		
2 D			7	5,00	2,60	3,00		
2DA			10	7,50	2,60	3,50		
2DB			18	12,20	2,60	4,10		
3-A			27	12,20	2,60	4,10		
4-C			31	12,20	2,60	4,10		
4-0			32	12,20	2,60	4,10		
V2DB			18	12,20	2,60	4,10		
V3A			27	12,20	2,60	4,10		
VZS			27	12,20	2,60	4,10		
T2			18	8,50	2,60	4,10		
T3			27	8,50	2,60	4,10		
S3			24	13,00	3,00	4,30		
S2			20	13,00	3,00	4,30		
S1			11	13,00	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		

Fuente: (NEVI 12, Norma para Estudios y Diseños Viales (Vol. 2A), 2013)

2.4 Señales Regulatorias

Es un reglamento que ayuda a los usuarios a tener obligaciones, estos son restricciones o prohibiciones que se encuentran en las carreteras. Son de mucha ayuda para regular el tráfico, cuando llegue a ocurrir un incumpliendo tendrá que someterse a una infracción de tránsito (INEN, 2010).

2.4.1 Clasificación de las señales regulatorias

Existen diferentes tipos de señales que se clasifican en:

- Detención obligatoria “Pare” (R1-1):

Son para entradas de intercesiones o lugares que se encuentran fijos. Esta señalización es colocada en la intersección donde una carretera tendrá más preferencia que la otra esto detiene a los vehículos.

Figura 5.

Señal “Pare”



Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2010)

El propósito de esta señalización es mantener el orden de los conductores al momento que se lleguen a encontrar con estas señales, nos sirven para que no ocurra ningún accidente, la señalización debe ser grande para obtener una buena visibilidad sobre la vía.(INEN, 2010)

- Ceda el paso (R1-2):

Son de buena utilidad para las intersecciones donde los vehículos que deban ceder el paso tengan una buena visibilidad en el tráfico principal.

Figura 6.*Señal “Ceda el paso”*

Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2010)

- Pare aquí en luz roja (R1-4):

Esta es una señal es la que ayuda al chofer a detenerse a la línea de parada de la intersección.

Este tiene en su letrero una señal horizontal que representa la línea de pare.

Figura 7.*Señal “Pare aquí en luz roja”*

Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2010)

- Una señalización izquierda (R2-11) o derecha (R2-1D):

Esta señalización indica que solo existe una vía y que tiene que ser circulada a una sola dirección observando bien las flechas.

Figura 8.*Señal “izquierda o derecha”*



Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2010)

- Mantenga izquierda o derecha (R2-5I y R2-5D):

Esta es una de las señales que indican a los choferes que tienen por obligación a seguir por su carril que se le indica en las flechas, una de las normas de este cartel es que no deben ser colocadas en redondeles.

Figura 9.

Señal “Mantenga izquierda o derecha”



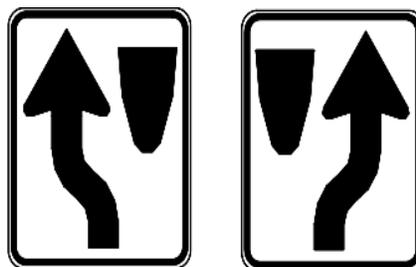
Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2010)

- Traslado carril izquierda o derecha (R2-6I) (R2-6D):

Esta señal solo se puede utilizar donde en donde desean que los vehículos circulen por una sola vía sea izquierda o derecha.

Figura 10.

Señal “Traslado Carril izquierda o derecha”



Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2010)

- No girar en U (R2-8):

Es una señal que indica al chofer que no puede realizar giros ni regresar por la carretera en la que estaba. Si no cumple con la señalización puede llegar a ocurrir un accidente.

Figura 11.

Señal “No girar en U”



Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2010)

- Señales anticipadas de control de carril en intersección (R2-19a – R2-19b – R2-19c)

Son señales que se utilizan para indicar que hay un carril con movimiento de circulación de vehículos. El mensaje que contiene la palabra “SOLO” únicamente se puede llegar a utilizar en el borde de combinación con las fechas de las series R2-19. La tercera señal con el nombre de “CONTROL DE CARRIL EN INTERSECCIÓN” tiene que estar colocada a una distancia de 50m de donde se encuentra el letrero de PARE, por lo cual los choferes tengan la elección de escoger una vía apropiada.

Figura 12.

Señal “Señales anticipadas de control de carril en intersección”



Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2010)

- Restricción de circulación: Solo Buses (R3-11).

Este letrero indica que hay vías que son únicamente para vehículos de transporte público (buses). Esta es instalada en el carril que será de prioridad para ellos, más conveniente es al inicio de cada cuadra, es una vía que solo será utilizada según su dirección.

Figura 13.

Señal “Solo buses”



Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2010)

- Carril “VAO” (Vehículos de alta ocupación) (R3-13).

Son señalizaciones que muestran que solo vehículos livianos con un cierto número de personas que se muestra en el letrero deben ocupar el carril.

Figura 14.

Señal “Carril “VAO” (Vehículos de alta ocupación)”



Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2010)

- Reduzca la Velocidad (R4-4)

Este letrero solo se utiliza en lugares donde la circulación vehicular es demasiada y se pide la reducción de velocidad.

Figura 15.*Señal “Reduzca la Velocidad”*

Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2010)

2.5 Diseño geométrico de vías

Es un diseño que ayuda situar un trazado de una vía en un área. Consiste en gráfica que conlleva 3 dimensiones de una carreta, para lograr obtener el diseño geométrico se tiene que cumplir todos los parámetros que se mencionara adelante:

- La función de una carretera se basa en ofrecer una fluencia para los diferentes volúmenes de tránsito con la ayuda de la geometría de la vía.
- Para obtener seguridad se necesita tener un diseño simple y equilibrado.
- La carretera es muy cómoda cuando se llegue a cumplir con el tipo adecuado de velocidad.
- El diseño obtenido se basa en una ruta donde concuerde con el lugar que pueda llegar a producir maravillosas sensaciones para asegurar al conductor y mantener siempre su seguridad.
- Una vía puede ser económica cuando se logre estudiar las rutas que requieran un trabajo más liviano.

2.5.1 Radio mínimo de curvatura horizontal

El radio de curvatura horizontal es un dato que tiene la posibilidad de asegurar el tránsito a una velocidad dada por una función donde adopta un coeficiente y una fricción lateral. Las curvas con radio tienen pequeños peraltes que lleguen a sobrepasar los límites prácticas en un vehículo.

La curvatura horizontal tiene a tener un valor menor en el diseño de alineamiento (Rojas Carvajal, 2015).

A continuación, se muestra la ecuación del radio mínimo de curvatura horizontal:

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

Donde:

R: Radio mínimo de una curva horizontal.

V: velocidad de diseño, Km/h

f: coeficiente de fricción lateral.

e: Peralte de la cura, m/m

Figura 16.

Cifras para radios mínimos de curvatura

Velocidad de Diseño (Km/h)	Factor de Fricción Máxima	Peralte máximo 8%		
		Radio (m)		Grado de Curva
		Calculado	Recomendado	
30	0.17	28.3	30	38° 12'
40	0.17	50.4	50	22° 55'
50	0.16	82.0	80	14° 19'
60	0.15	123.2	120	9° 33'
70	0.14	175.4	175	6° 33'
80	0.14	229.1	230	4° 59'
90	0.13	303.7	305	3° 46'
100	0.12	393.7	395	2° 54'
110	0.11	501.5	500	2° 17'
120	0.09	667.0	665	1° 43'

Fuente: (AASHTO, A policy on Geometric Design of Highways and Streets, 2018)

2.5.2 Alineamiento Horizontal

Es un componente con una proyección en un plano vertical de tangentes y curvas en armonía con su velocidad de diseño. Considerando que el alineamiento vertical tiene el mismo valor que su alineamiento relativo.

Tabla 1.*Elementos de la Curva circular simple*

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
PC	Punto de cambio de tangente a circular.
PM	Punto medio de la curva.
PT	Punto de cambio de circular a tangente.
Δ	Ángulo de inflexión en el PI, igual al ángulo central que subtiende a toda la curva circular.
T	Distancia total de la tangente de una curva circular; distancia entre el PI y PC, o distancia entre PI y PT.
R	Radio de la curva circular simples.
Y	Ordenada a la tangente de cualquier punto de la curva circular simple, con referencia al PC o PT y la tangente inicial.
X	Abscisa sobre la tangente inicial de cualquier punto de la curva circular simple, con referencia al PC o PT y la tangente inicial.

Fuente: (Fienco Jalca et al, Elementos originales en el Diseño Geométrico de Carreteras,2017)

- Tangente (T) (*Curvas Circulares Simples*, 2007)

$$T = R * \tan \left(\frac{\Delta}{2} \right)$$

- Radio (R) (*Curvas Circulares Simples*, 2007)

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

- Cuerda larga (CL) (*Curvas Circulares Simples*, 2007)

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

- Externa (E) (*Curvas Circulares Simples*, 2007)

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

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

- Ordenada media (M) (*Curvas Circulares Simples*, 2007)

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

- Grado de curvatura (G) (*Curvas Circulares Simples*, 2007)

$$G_c = 2 \arcsin \frac{c}{2R}$$

- Longitud de la curva (L) (*Curvas Circulares Simples*, 2007)

$$L_c = \frac{c\Delta}{G_c}$$

2.5.3 Alineamiento Vertical

En el alineamiento vertical, el perfil longitudinal forma una pendiente que consta de una serie de líneas rectas conectadas por arcos parabólicos verticales a los que las líneas rectas son tangentes.

Para fines del proyecto, la dirección de la pendiente se define en términos de kilometraje, donde los valores positivos indican una elevación creciente y los valores negativos indican una elevación decreciente. Una curva vertical entre dos pendientes consecutivas permite crear una transición entre pendientes de diferente tamaño, evitando roturas bruscas de la pendiente (NEVI 12, 2013).

2.5.3.1 Curvas verticales Convexas

Se toma en cuenta la distancia de frenado sobre obstáculos fijos colocados en la calzada y la altura de los ojos del conductor sobre el nivel de la calzada (MOP, 2018).

Según la (MOP,2003) las curvas verticales convexas tienen la siguiente ecuación:

$$L = K * A$$

Donde:

L= Longitud de la curva, (m).

K= Curvas verticales mínimas.

A= Diferencia algébrica de las gradientes, (%).

Tabla 2.

Valores de velocidad de diseño para curvas convexas mínimas

CURVAS CONVEXAS MÍNIMAS				
Velocidad de diseño Kph	Distancia de visibilidad para Parada – “S” (m)	Coeficiente K= S ² /426		
		Calculado	Redondeado	
20	20	0.94	1	
25	25	1.47	2	
30	30	2.11	2	
35	35	2.88	3	
40	40	3.76	4	
45	50	5.87	6	
50	55	7.1	7	
60	70	11.5	12	
70	90	19.01	19	
80	110	28.4	28	
90	135	42.78	43	
100	160	60.09	60	
110	180	76.06	80	
120	220	113.62	115	

Fuente: (MTO, Norma de Diseño Geométrico de carretera, 2003)

2.5.3.2 Curvas verticales Cóncavas

Se toma en cuenta la distancia de frenado nocturno sobre obstáculos fijos que deben estar en una zona iluminada por los foros del vehículo (MOP, 2018).

Según la (MTO, 2003) las curvas verticales cóncavas tienen la siguiente ecuación:

$$L= K*A$$

Donde:

L= Longitud de la curva, (m).

K= Curvas verticales mínimas.

A= Diferencia algébrica de las gradientes, (%).

S= Distancia visible para que un vehículo pueda frenar.

Tabla 3.

Valores de velocidad de diseño para curvas cóncavas mínimas

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

Fuente: (MTOPI, Norma de Diseño Geométrico de carretera, 2003)

2.5.3.3 Gradientes

La pendiente seleccionada depende directamente del terreno y debe reducirse siempre que sea posible para permitir velocidades de tránsito razonables y facilidad de maniobra del vehículo (MTOPI, 2003).

Tabla 4.

Valores de Gradiente y longitud máxima

%	LONGITUD MÁXIMA
8-10%	1000 m
10-12%	500 m
12-14%	250 m

Fuente: (MTOPI, Norma de Diseño Geométrico de carretera, 2003)

2.5.3.4 Gradientes mínimas

Una pendiente longitudinal mínima típica es del 0.5%. Se adopta una pendiente de 0% para rellenos de 1m de altura o en el caso que el pavimento tenga una pendiente transversal adecuada para el drenaje del agua lluvia (MTOP, 2003).

2.5.3.5 Peralte

A medida que el vehículo sigue la trayectoria circular, la fuerza centrífuga “F” lo empuja hacia afuera. Esta fuerza se equilibra con el componente de peso del vehículo (P) y la fricción de los neumáticos y la carretera (MTOP, 2003).

Las fuerzas centrífugas (F) se calculan mediante la siguiente ecuación (MTOP, 2003):

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

Donde:

V: Velocidad de diseño (m/seg).

R: Radio de la curva circular (m).

P: Peso del vehículo (Kg).

g: Aceleración de la gravedad (9.78 m/seg²).

Para el cálculo de los peraltes se utiliza la siguiente ecuación (MTOP, 2003):

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

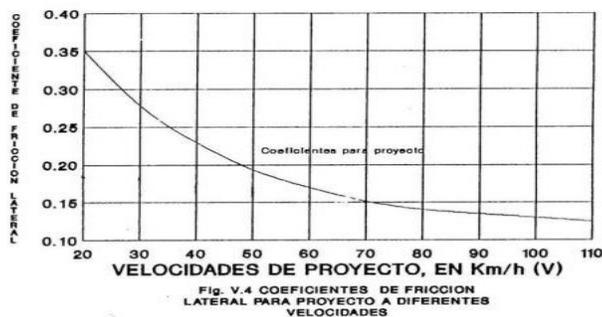
Donde:

V: Velocidad de diseño (Km).

R: Radio de la curva (m).

e: Peralte de la curva (m/m de ancho de la calzada).

f: Máximo coeficiente de fricción lateral.

Figura 18.*Coefficiente de fricción lateral*

Fuente: (MTO, Norma de Diseño Geométrico de carretera, 2003)

2.5.4 Cunetas

Estos son canales construidos en áreas cortadas en uno o ambos lados de la carretera para recolectar y drenar el agua de lluvia de la corona de la carretera, taludes cortados y áreas pequeñas adyacentes; está diseñado para drenaje natural. El objetivo es alejarlo rápidamente de la zona ocupada de la vía (MTO, 2003).

2.5.4.1 Localización pendiente y velocidad

La cuneta se encuentra entre el espaldón de la vía y del pie de talud del corte. La gradiente será similar al perfil longitudinal de la vía con el 0.50% de valor mínimo y el valor máximo estará limitada por la velocidad del agua que determinará si se requiere de pavimento (MTO, 2003).

Tabla 5.*Velocidades del agua con que se erosionan diferentes materiales*

MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)	MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)
Arena fina	0.45	Pizarra suave	2
Arcilla arenosa	0.50	Grava gruesa	3.5
Arcilla ordinaria	0.85	Zampeado	3.4- 4.5
Arcilla firme	1.25	Roca sana	4.5- 7.5
Grava fina	2	Hormigón	4.5-7.5

Fuente: (MTO, Norma de Diseño Geométrico de carretera, 2003)

2.5.4.2 Cálculo del flujo uniforme en cunetas

El flujo en un canal abierto es constante y estable si la velocidad promedio y la profundidad del canal no cambian con el tiempo o dentro del canal (INVIAS, 2009).

A continuación, se presentan las ecuaciones que rigen los flujos:

$$V = C\sqrt{R * S\bar{o}} \quad C = \frac{R^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Donde:

V: Velocidad (m/seg).

R: Radio hidráulico (m).

So: Pendientes longitudinales del canal.

C: Constante de Chezy, se obtiene mediante la relación empírica.

n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

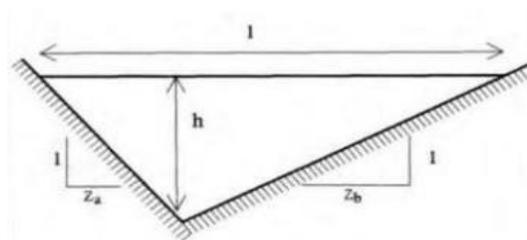
2.5.4.3 Sección de la cuneta o canal

Comúnmente las secciones de las cunetas que se utilizan son triangulares.

Por lo tanto, se presentará a continuación las relaciones geométricas y la capacidad hidráulica:

Figura 19.

Sección triangular de la cuneta



Fuente: (NEVI 12, Norma para Estudios y Diseños Viales (Vol. 2B), 2013)

Ancho superficial (I)

$$(Z_a + Z_b) * h$$

Área

 (π)

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

Perímetro mojado (P)

$$(\sqrt{1 + \frac{z^2}{a^2}} + \sqrt{1 + \frac{z^2}{b^2}}) * h$$

Radio hidráulico (R)

$$\frac{(Z_a + Z_b) * h}{2 * (\sqrt{1 + \frac{z^2}{a^2}} + \sqrt{1 + \frac{z^2}{b^2}})}$$

2.5.4.4 Escorrentía superficial

La escorrentía superficial, o escorrentía directa, es la precipitación que, bajo la influencia de la gravedad, no cae a ningún lugar y no llega a la red de drenaje superficial. Esto corresponde a la precipitación que no queda atrapada en las depresiones del suelo y evita la evaporación. El proceso de descripción del agua al comienzo de una tormenta depende de las características del relieve: la primera precipitación sirve para llenar la capacidad de resistencia de las partes superficiales de las plantas y saturar el suelo. Cuando la capacidad de infiltración es menor que la intensidad de la lluvia, el agua comenzará a moverse sobre la superficie terrestre. Entonces se forma una fina capa de agua. Dependiendo de la pendiente del terreno, el agua se mueve bajo la influencia de la gravedad y es frenada por las irregularidades del suelo y la presencia de vegetación hasta incorporarse a la red de drenaje y unirse a los demás componentes que componen el escurrimiento total. (Ordoñez, 2011).

2.5.4.5 Método Racional

Este nombre se refiere al primer y más sencillo método para estimar la esorrentía procedente de la precipitación (Sánchez San Román, 2017).

Este se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

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

Donde:

Q: Caudal (m³/seg).

C: coeficiente de esorrentía (típicamente 0.1 a 0.7).

I: Intensidad de precipitación (mm/hora)

A: Áreas (ha).

2.6 Alcantarillas

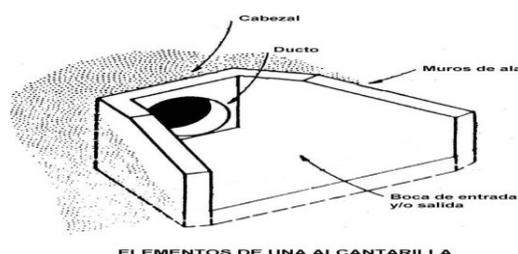
Las alcantarillas son tuberías cerradas de diversas formas, instaladas lateralmente o construidas por debajo del nivel de la calzada, con la finalidad de desviar el agua de lluvia de pequeños estanques hacia canales naturales.

Dependiendo de las condiciones topográficas del corredor vial, se pueden considerar las alcantarillas para la recuperación: una llanura aluvial o llanura aluvial, una pequeña cuenca cerrada o recolección de agua de una zanja (MTOPI, 2003).

Se considera que la alcantarilla está constituida por los siguientes elementos:

Figura 20.

Elementos de una alcantarilla



Fuente: (MTOPI, Norma de Diseño Geométrico de carretera, 2003)

2.7 Definición de Suelos

Conocer el suelo que interviene en cualquier proyecto constructivo es fundamental para poder evaluar su comportamiento futuro durante y después de la construcción, evitando así imprevistos. Todos los proyectos dependen de alguna manera del suelo, y algunos incluso lo utilizan como material de construcción (presas, terraplenes, presas de tierra, carreteras, etc.).

Esto se debe a diferencias en el tipo de suelo existente, estructura, origen, composición y fondo geológico. Debido a que los cambios en las condiciones in situ pueden tener efectos adversos, los proyectos requieren análisis especiales de diferentes suelos, como suelos expansivos o suelos colapsados (Zapata, 2018).

2.7.1 Contenido de humedad

Según la Norma ASTM D 2216 hace énfasis que el contenido de humedad determina la cantidad de agua en el suelo y el peso de la extracción después de ser secado. Es por ello, que se necesita de la siguiente ecuación:

$$W\% = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Donde:

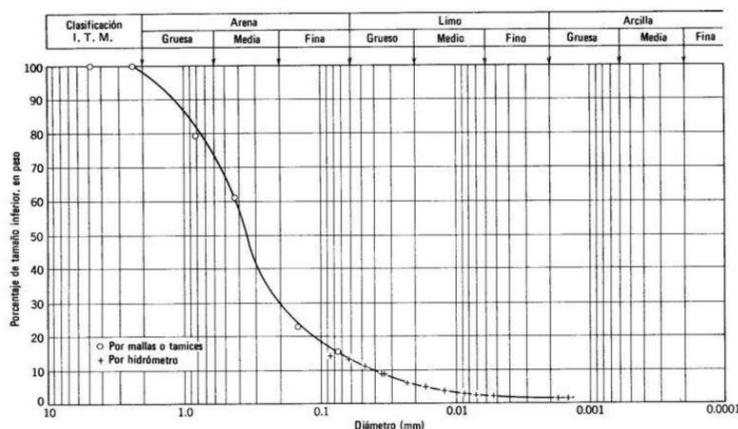
W%: Contenido de humedad.

Ww: Peso de la muestra húmeda.

Ws: Peso de la muestra seca.

2.7.2 Granulometría

La granulometría trata sobre la medición del tamaño y separación de partículas según el tipo de suelo.

Figura 21.*Gráfica Granulométrica*

Fuente: (Salager, Granulometría Teoría, 2007)

2.7.3 Límites líquidos e índices de plasticidades

Algunos suelos finos como las arcillas tienen plasticidad cuando el suelo tiene la cantidad apropiada de agua.

2.7.4 Proctor

La prueba de Proctor se utiliza para determinar la relación entre la calidad del pavimento y la densidad seca y humedad de compactación de los materiales utilizados en la capa granular. Por lo tanto, los resultados de las pruebas se utilizarán como referencia para el control de calidad de la compactación en obra (Maldonado, 2020).

2.7.5 CBR

La prueba CBR es un parámetro del suelo que se utiliza para cuantificar la resistencia de subrasantes, sub base y capas de base en el diseño de pavimentos. Esta es una prueba empírica realizada en condiciones controladas de humedad y densidad. Es uno de los parámetros necesarios que se obtienen en los estudios geotécnicos antes del diseño y construcción de carreteras. Aunque los nuevos métodos de pavimento incluyen parámetros que son más descriptivos de la resistencia

del suelo, el CBR todavía se utiliza debido a su simplicidad y facilidad de ejecución (Córdova, 2015).

2.8 Pavimento

El pavimento es una estructura multicapa construida sobre la superficie de la carretera para resistir y disipar las fuerzas generadas por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y confort vial (MTC, 2013).

A continuación, se presenta las diferentes capas de pavimento:

Base: Es la capa situada debajo de la capa rodante y su función principal es soportar, distribuir y transferir la carga provocada por el tráfico. Esta capa será de material drenante granular (CBR $\geq 80\%$) o tratada con asfalto, cal o cemento (MTC, 2013).

Capa de rodadura: Es la parte superior del pavimento de la vía, que puede ser de hormigón flexible o de cemento Portland (macizo), y su función es soportar directamente el tráfico (MTC, 2013).

Subbase: Es una capa de un determinado material con un espesor predeterminado que se utiliza para soportar la base. También se utiliza como capa de drenaje y agente de control de la capilaridad del agua. Esta capa puede ser de material granular (CBR $\geq 40\%$) (MTC, 2013).

2.8.1 Tipos de pavimentos

2.8.1.1 Pavimento Rígido

Es una estructura de pavimento compuesta específicamente por una capa subbase granular, pero esta capa puede ser granular o estabilizada con cemento, asfalto (MTC, 2013).

En los pavimentos rígidos existen tres categorías:

1. Pavimento de concreto con refuerzo continuó.
2. Pavimento de concreto con juntas y refuerzo de acero en forma de mallas o fibras.

3. Pavimento de concreto simple con juntas.

2.8.1.2 Pavimento Flexible

Es una estructura formada por una capa granular (subbase, capa base) y como capa de rodadura formada por material bituminoso como conglomerante, relleno y aditivo (MTC, 2013).

2.8.1.3 Pavimento Semirrígido

Es una estructura de pavimento formada principalmente por capas asfálticas con un espesor total bituminoso. También se consideran pavimentos semirrígidos las estructuras formadas por una capa de asfalto sobre una base tratada con cemento o cal (MTC, 2013).

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 Descripción del área de estudio

La vía se encuentra ubicada en la parroquia de San Cristóbal, en la parte nororiental de la provincia del Azuay, Cantón Paute a 35 Km de la ciudad de Cuenca. Al límite Norte con la Provincia del Cañar, al Sur con el Cantón Cuenca, Cantón Gualaceo, al Este con la Parroquia El Cabo y al Oeste con la Provincia del Cañar. La vía inicia en la abscisa 2+900 hasta la abscisa 5+800 km con las siguientes coordenadas geográficas:

Tabla 6.

Coordenadas del proyecto

	Abscisa	Coordenada Norte	Coordenada Este
Inicio	Km 2+900	9687227.00 m	742278.00 m
Fin	Km 5+800	9686471.00 m	743472.00 m

Fuente: (Google Earth, 2023)

Figura 22.

Ubicación del proyecto



Fuente: (Google Earth, 2023)

3.2 Propuesta de Solución

Para realizar el proyecto primero se realizó el reconociendo de la vía para ver en qué estado se encontraba, luego se hará el conteo vehicular que esto sirve para la planificación de la obra, con esto se procede a sacar el TPDA que llevara a cabo determinar el conocimiento de cuantos autos transitan por el lugar, y se sabrá cuáles son la horas picos donde más se genera la congestión vehicular, después se desarrollara el levantamiento topográfico que permite elaborar con exactitud un mapa del terreno, donde nos dan puntos y signos que ayuda para la construcción del mismo, se importaran los puntos al programa de AutoCAD para proceder hacer el diseño geométrico de la vía.

3.3 Materiales y equipos utilizados

3.3.1 Navegación instantánea por energía cinética por satélite (RTK)

Para realizar el levantamiento topográfico, se utilizó el equipo del RTK quien facilito el proceso.

3.3.2 Radio Walkie-Talkie

Se utilizó este medio de comunicación como base en él envió de señales de audio.

3.3.3 Flexómetro

El flexómetro se utilizó para la medición de la altura y muros de las alcantarillas.

3.3.4 Computador

Es de suma importancia tener una computadora ya que con esta se utilizará los programas para el diseño geométrico de la vía.

3.4 Levantamiento topográfico

Para realizar el levantamiento topográfico se tuvo que visitar el lugar, donde se pudo observar los detalles más importantes como es la pendiente de esta, se tuvieron que diseñar unos

hitos para marcar la vía cada 500 metros que sirvieron como señales para los límites, obteniendo sus coordenadas que ayudan como base para colocar el RTK y hacer el levantamiento topográfico sin problemas.

Figura 23.

Diseño de Hitos



Fuente: Autor

El RTK nos brindará la posición de los puntos que se van cogiendo gracias a la medición que existe en las antenas emisoras y receptoras del equipo.

Figura 24.

Colocación del RTK



Fuente: Autor

Figura 26.

Extracción de la muestra de suelo



Fuente: Autor

3.7 Análisis hidráulico

Para el análisis hidráulico se realizó un levantamiento topográfico de las alcantarillas y una evaluación de las condiciones en las que se encontraban **Anexo 11**.

Figura 27.

Levantamiento topográfico de las alcantarillas



Fuente: Autor

CAPÍTULO IV

4. CÁLCULOS

4.1 Cálculo del TPDA

Para contar el número de vehículos, se estableció una estación en la vía principal de acceso para determinar la situación del tráfico en el área de estudio, de igual manera para poder clasificarlos según la normativa. A continuación, se presentará los resultados obtenidos durante los 7 días establecidos anteriormente.

Tabla 7.

Total, de vehículos que ingresan y salen durante los 7 días

TOTAL, DE VEHÍCULOS QUE INGRESAN Y SALEN EN 24 HORAS						
Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes
216	261	249	227	238	308	247

Fuente: Autor

Para analizar y comprender la distribución de vehículos en los resultados estadísticos, se escoge el día que mayor volumen de tráfico se obtuvo.

En este caso, el día que mayor flujo vehicular se presenta es el domingo, lo cual se utilizara ese día para realizar los cálculos correspondientes del TPDA.

Tabla 8.

Resumen de Giros

RESUMEN DE GIROS (Vehículos 00H00 - 24H00)					
INTERSECCION: Entrada San Cristóbal- Malima					
domingo, 19 de noviembre de 2023					
	INTERSECCION: I1				
	S1	S2	S3	S4	Total
E1	0	0	134	0	134
E3	0	0	174	0	174
	0	0	308	0	308

Fuente: Autor

4.1.1 Cálculo factor horario

Este cálculo está relacionado al conteo con la cantidad de 24 horas que tiene un día completo, por lo que el conteo se realizó cada 24 horas, el factor horario es 1.

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

4.1.2 Cálculo factor diario

Los días que se contabilizo el conteo son 7 y el factor diario se encadena con los días contados a la semana; el factor diario es 1.

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

4.1.3 Cálculo factor semanal

Para este cálculo se tomará en cuenta el número de semanas por mes y en el mes que se realizó el conteo, correspondiente a noviembre.

Tabla 9.

Factor semanal

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

Fuente: Autor

Con la tabla 9, y con el mayor flujo vehicular que se da el domingo 19 de noviembre el factor semanal es:

$$F_s = 1.071428571$$

4.1.4 Cálculo factor mensual

Este factor se basa en el consumo de combustible de la provincia del Azuay con una proyección para el año 2022.

Tabla 10.

Consumo de combustible del Azuay 2022 para el factor mensual

MES	87 OCTANOS	92 OCTANOS	DIESEL PREMIUM	SUMA	FACTOR
Enero	5,041,034	426,907	3,821,603	9,289,543	1.059592
Febrero	4,880,836	433,298	3,541,383	8,855,516	1.111524
Marzo	5,355,979	453,869	3,841,103	9,650,951	1.019912
Abril	5,032,952	413,959	3,736,007	9,182,917	1.071895
Mayo	5,078,272	399,376	4,163,812	9,641,460	1.020916
Junio	5,196,709	387,913	4,223,877	9,808,499	1.003530
Julio	5,547,513	419,991	4,503,173	10,470,677	0.940066
Agosto	5,452,805	428,022	4,448,420	10,329,247	0.952937
Septiembre	5,349,559	389,638	4,417,146	10,156,342	0.969160
Octubre	5,258,978	392,703	4,126,129	9,777,810	1.006680
Noviembre	5,417,543	396,626	4,330,418	10,144,587	0.970283
Diciembre	5,907,968	444,561	4,457,393	10,809,921	0.910564
	63,520,145	4,986,862	49,610,461	118,117,467	
			COSTO PROMEDIO MENSUAL	9,843,122	

Fuente: (Ministerio de Energía y Minas)

Al obtener la tabla 10 y con el flujo vehicular calculado anteriormente, el factor mensual es:

$$F_m = 0.970283$$

4.1.5 Cálculo factor TPDA

Obtenidos los factores anteriores se procede a calcular el TPDA, considerando la siguiente formula:

$$TPDA = To * Fh * Fd * Fs * Fm$$

$$TPDA = 308 * 1 * 1 * 1.071428571 * 0.970283$$

$$TPDA = 320.19$$

4.1.6 Corrección de tráfico en las estaciones

Para la proyección vehicular se debe realizar la corrección de intersección, a continuación, se puede visualizar en la siguiente tabla.

Tabla 11.

Corrección de tráfico observado en la intersección

Domingo, 19 de Noviembre de 2023		INTERSECCION: Entrada San Cristóbal- 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: Autor

4.1.7 Proyección del tráfico

Según (MTOP, 2003) la proyección del tráfico se debe determinar el estudio del futuro del transporte de vehículos utilizando un modelo logístico como es la tasa de motorización para el valor k de cada año.

Tasa de Motorización

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

Donde:

T_m = Tasa de motorización para un año k (vehículos/1000 hab)

T_s = Tasa de saturación (vehículos/1000 hab)

e = Base de logaritmo natural

a, b = Constantes a determinar

t = Tiempo

Al tener en la ecuación tres variables, se deduce a una recta mediante regresión apropiada.

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

T_m es el dato de cada año y T_s se superpone, por ende, esta función tiene la ecuación de una línea recta aplicando la regresión lineal para valores de a como ordenada inicial y b como pendiente.

Tabla 12.

Proyección de vehículos según modelo logístico

AÑO	POBLACION PAUTE	VEHICULOS LIVIANOS	Tm	Y=Ln(Ts/Tm -1)	Tm AJUSTADO	VEH. AJUSTADO. LIVIANOS
1969	31,603	1	0.03	10.09	15.08	476
1970	31,936	100	3.13	5.49	16.98	542
1971	32,269	400	12.40	4.10	19.13	617
1972	32,602	700	21.47	3.54	21.53	702
1973	32,935	1,000	30.36	3.18	24.23	798
1974	33,268	1,300	39.08	2.92	27.25	907
1975	33,632	1,600	47.57	2.71	30.64	1,030
1976	33,996	1,900	55.89	2.54	34.43	1,170
1977	34,359	2,200	64.03	2.39	38.66	1,328
1978	34,723	2,500	72.00	2.26	43.37	1,506
1979	35,087	2,800	79.80	2.15	48.63	1,706
1980	35,451	3,100	87.45	2.04	54.48	1,931
1981	35,814	3,400	94.93	1.95	60.96	2,183
1982	36,178	3,700	102.27	1.87	68.15	2,465
1983	34,357	4,000	116.42	1.71	76.09	2,614
1984	32,536	4,300	132.16	1.56	84.84	2,760
1985	30,715	4,600	149.76	1.41	94.46	2,901
1986	28,894	4,900	169.59	1.25	105.00	3,034
1987	27,073	5,200	192.07	1.09	116.52	3,155
1988	25,252	5,500	217.80	0.92	129.05	3,259
1989	23,431	5,800	247.54	0.73	142.63	3,342
1990	21,610	6,100	282.28	0.53	157.28	3,399
1991	21,746	6,400	294.31	0.47	173.02	3,763
1992	21,882	6,700	306.19	0.40	189.84	4,154
1993	22,018	7,000	317.92	0.34	207.72	4,574
1994	22,154	7,300	329.51	0.27	226.62	5,021
1995	22,290	7,600	340.96	0.21	246.48	5,494
1996	22,426	7,900	352.27	0.15	267.21	5,992
1997	22,562	8,200	363.44	0.09	288.71	6,514
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	23,271	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	14,800	559.34	-1.01	685.59	18,141
2020	26,567	15,100	568.38	-1.07	693.65	18,428
2021	26,675	15,400	577.37	-1.13	700.95	18,698
2022	26,782	15,700	586.30	-1.19	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				731.79	19,992
2028	27,426		r = 0.8731		735.24	20,165
2029	27,533				738.32	20,328
2030	27,641		r² = 0.76221878		741.06	20,483
2031	27,748				743.51	20,631
2032	27,855		Ts = 763		745.69	20,772
2033	27,963				747.64	20,906
2034	28,070		Y = a+bt		749.37	21,035
2035	28,177				750.90	21,158
2036	28,285		Y = 3.904 - 0.122 t		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

Fuente: Autor

$$a = 3904$$

$$b = -0.122$$

$$r = 0.8731$$

$$r^2 = 0.76221878$$

$$T_s = 763$$

$$Y = a + bt$$

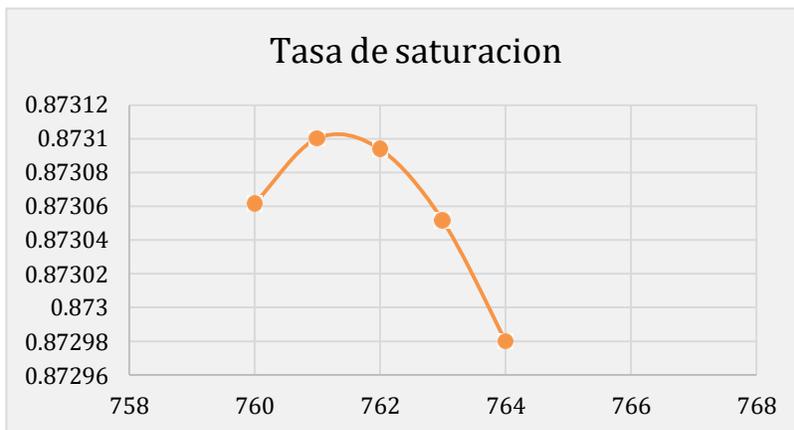
$$Y = 2.539 - 0.094t$$

Tasa de Saturación

Según los cálculos obtenidos el mejor valor ajustado para $T_s = 763$ vehículos/1000 habitantes.

Gráfico 1.

Tasa de saturación



Fuente: Autor

Tasa de crecimiento vehicular

Para la tasa de crecimiento se requiere de la siguiente ecuación según (MTOP, 2003), para una proyección esperada por vehículo por cada cinco años.

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

Donde:

i = Tasa de crecimiento para 5 años

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

TF= Tráfico futuro para el año $n+5$

TA= Tráfico actual para el año n

Tabla 13.

Tasas de crecimiento vehicular para 1 año

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

Fuente: Autor

Tabla 14.

Tasas de crecimiento vehicular cada 5 años

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: Autor

Con los datos obtenidos de la tasa de crecimiento vehicular cada 5 años se procede a calcular la proyección del TPDA.

Tabla 15.*Proyección del TPDA*

ESTACION	VEHICU LOS	TPDA 2024	TPDA 2029	TPDA 2034	TPDA 2039	TPDA 2044
E1	L	136	142	147	151	155
	B	2	2	2	2	2
	E2	2	2	2	2	2
	E3	0	0	0	0	0
	E4 - E6	1	1	1	1	1
	TOTAL	141	147	152	157	160
E2	L	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0
	E2	0	0	0	0	0
	E3	0	0	0	0	0
	E4 - E6	0	0	0	0	0
	TOTAL	0	0	0	0	0
E3	L	170	178	185	190	194
	B	9	10	10	10	10
	E2	2	2	2	2	2
	E3	1	1	1	1	1
	E4 - E6	0	0	0	0	0
	TOTAL	182	191	198	203	208
E4	L	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0
	E2	0	0	0	0	0
	E3	0	0	0	0	0
	E4 - E6	0	0	0	0	0
	TOTAL	0	0	0	0	0
TOTAL	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: Autor

Para el año 2024 tenemos un flujo vehicular total de 323 y para el 2044 368 vehículos.

4.1.8 Cálculo de ESALS

Tras la clasificación de la carretera según el TPDA, la vía se diseñará con Pavimento Flexible considerando que el método actual calcula el equivalente a 8.2 Toneladas es decir a 18000 libras de ejes individuales acumulados mediante la fase de diseño.

Para el cálculo del tránsito W18 en el carril de diseño se utilizará la siguiente ecuación:

$$W_{18} = DD * DL * W18$$

Donde:

W_{18} = Tránsito acumulado durante el primer año considerando los ejes sencillos de 8.2 ton en el carril de diseño

DL= Factor de distribución por carril, considerando 2 0 más carriles por sentido

DD= Factor de distribución direccional, recomendable 50% para la mayoría de vías

Inicialmente se detalla los ejes equivalentes calculados en base al tipo de vehículo.

Tabla 16.

Factor equivalente por tipo de carga

TIPO	SIMPLE		SIMPLE DOBLE		TANDEM		TRIDEM		FACTOR FEC
	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

Fuente: (NEVI, Norma para Estudios y Diseños Viales, 2013)

Para calcular el W_{18} carril de diseño se debe considerar el número de carriles que estarán funcionando en la vía. En este caso sería 2 carriles.

Tabla 17.*Factor de carril*

FACTOR DE CARRIL		
Num Carriles	Factor de carril	rango
1	1.00	1
2	0.90	0,8 - 1,00
3	0.70	0,60 - 0,80
4	0.60	0,50 - 0,75

Fuente: Autor

Con los cálculos obtenidos se asume un porcentaje de camiones que se deben adicionar al TPDA para fines de seguridad.

Tabla 18.*TPDA total*

AÑO 2023	TOTAL	Porcentajes de Vehículos	Distribución Camiones	
TPD TOTAL	523			
AUTOS	488	93.84%		19.56%
BUSES	19	1.57%		58.77%
CAMIONES	16	4.59%		31.93%
2DA	2			1.86%
2DB	7			1.70%
3 - A	3			0.49%
4 - C	1			3.64%
2S2	0			1.05%
2R3	1			0.57%
3S2	0			
3R3	0			
3S3	2			

Fuente: Autor

Al obtener todos los factores para estimar el W18 se calcula el Número de Ejes Equivalentes ESAL, con un período de 20 años, se obtuvo como resultado un W18 acumulado para el año 2044 de 666927 y divididos para el carril de diseño un total de 300117.

Tabla 19.

Cálculo de Número de Ejes Equivalentes a 8.2 Ton

AÑO	% Crecimiento				TRANSITO PROMEDIO DIARIO					CAMIONES								W ₁₈	W ₁₈	Número de carriles		
	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO	TPD TOTAL	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO	2DA	2DB	3 - A	4 - C	2S2	2R3	3S2	3R3	3S3	Acumulado	Carril Diseño	2	
1	2024	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	523	488	19	2	14	2	7	3	1	0	1	0	0	2	36,742	16,534	
2	2025	1.15%	0.40%	0.40%	0.40%	529	494	19	2	14	2	8	4	0	0	0	0	0	0	67,818	30,518	
3	2026	1.07%	0.40%	0.40%	0.40%	534	499	19	2	14	2	8	4	0	0	0	0	0	0	98,940	44,523	
4	2027	0.99%	0.40%	0.40%	0.40%	539	504	19	2	14	2	8	4	0	0	0	0	0	0	130,107	58,548	
5	2028	0.93%	0.39%	0.39%	0.39%	544	509	19	2	14	2	8	4	0	0	0	0	0	0	161,320	72,594	
6	2029	0.87%	0.39%	0.39%	0.39%	549	513	19	2	14	2	8	4	0	0	0	0	0	0	192,579	86,660	
7	2030	0.81%	0.39%	0.39%	0.39%	553	517	19	2	14	2	8	4	0	0	0	0	0	0	223,883	100,747	
8	2031	0.76%	0.39%	0.39%	0.39%	557	521	20	2	14	2	8	4	0	0	0	0	0	0	255,233	114,855	
9	2032	0.72%	0.39%	0.39%	0.39%	561	525	20	2	14	2	8	4	0	0	0	0	0	0	286,628	128,983	
10	2033	0.68%	0.39%	0.39%	0.39%	565	528	20	2	15	2	8	4	0	0	0	0	0	0	318,069	143,131	
11	2034	0.65%	0.39%	0.39%	0.39%	568	532	20	2	15	2	8	4	0	0	0	0	0	0	349,555	157,300	
12	2035	0.62%	0.38%	0.38%	0.38%	572	535	20	2	15	2	8	4	0	0	0	0	0	0	381,087	171,489	
13	2036	0.59%	0.38%	0.38%	0.38%	575	538	20	2	15	2	8	4	0	0	0	0	0	0	412,665	185,699	
14	2037	0.56%	0.38%	0.38%	0.38%	578	541	20	2	15	2	8	4	0	0	0	0	0	0	444,288	199,930	
15	2038	0.54%	0.38%	0.38%	0.38%	581	544	20	2	15	2	8	4	0	0	0	0	0	0	475,957	214,181	
16	2039	0.52%	0.38%	0.38%	0.38%	584	547	20	2	15	2	8	4	0	0	0	0	0	0	507,671	228,452	
17	2040	0.50%	0.38%	0.38%	0.38%	587	550	20	2	15	2	8	4	0	0	0	0	0	0	539,431	242,744	
18	2041	0.49%	0.38%	0.38%	0.38%	590	552	20	2	15	2	8	4	0	0	0	0	0	0	571,237	257,057	
19	2042	0.47%	0.37%	0.37%	0.37%	593	555	20	2	15	2	8	4	0	0	0	0	0	0	603,088	271,390	
20	2043	0.46%	0.37%	0.37%	0.37%	595	558	20	2	15	2	8	4	0	0	0	0	0	0	634,984	285,743	
	2044	0.45%	0.37%	0.37%	0.37%	598	560	21	2	15	2	8	4	0	0	0	0	0	0	666927	300117	

Fuente: Autor

4.2 Diseño de pavimento flexible

Para el diseño de pavimentos se debe utilizar el valor de CBR obtenido del estudio de suelo realizado en el laboratorio.

Tabla 20.

Ensayo de laboratorio CBR

Densidad máxima (kg/m ³)	CBR 95%
1771	1.9

Fuente: Autor

4.2.1 Cálculo del parámetro de confiabilidad (R)

El parámetro de confiabilidad se obtiene mediante la tabla 22. En el cual se determinará de 85% debido a que es una vía diseñada a proporcionar acceso al sistema vial principal desde las carreteras locales y se encuentra en una zona rural.

Tabla 21.

Confiabilidad R%

Tipo de carretera	Nivel de confiabilidad R (%)	
	Urbana	Rural
Autopistas y carreteras importantes	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Fuente: (AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993)

R= 85%

4.2.2 Cálculo de desviación estándar (Zr)

En base del valor de confiabilidad se determinó el parámetro estadístico de desviación estándar.

Tabla 22.*Desviación estándar normal (Zr)*

Confiabilidad (%)	Desviación normal estándar Zr
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Fuente: (AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993)

Zr = -1.037

4.2.3 Cálculo de error estándar combinado (So)

El valor del error estándar se determina mediante la tabla 10, considerando los errores relacionados con predicciones de tráfico y errores relacionados con predicciones de desempeño del pavimento.

Tabla 23.*Error normal combinado*

Proyecto de pavimento	Desviación estándar So	
	Flexible 0.40-0.50	Rígido 0.30-0.40
Construcción nueva	0.45	0.35
Sobrecapas	0.50	0.40

Fuente: (AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993)

So = 0.45

4.2.4 Cálculo del índice de serviciabilidad de pavimentos

Este índice se basa en dar un valor de seguridad que tiene el pavimento a utilizar para la clase de tránsito, teniendo en cuenta la siguiente ecuación.

$$\Delta PSI = P_o - P_f$$

Donde:

P_o= Índice de serviciabilidad inicial

P_f= Índice de serviciabilidad final

Considerando las condiciones iniciales del pavimento es recomendado como:

Tabla 24.

Serviciabilidad Inicial

Índices de Serviciabilidad Inicial	
Pavimentos rígidos	4.2
Pavimentos flexibles	4.2

Fuente: (AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993)

$$P_o = 4.2$$

Tabla 25.

Serviciabilidad Final

Tipo de vía	Serviciabilidad Final
Autopista	2.5-3
Carreteras	2-2.5

Fuente: (AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993)

$$P_f = 2$$

Al escoger los respectivos valores correspondientes se procede a calcular el índice de serviciabilidad de pavimentos con la formula planteada inicialmente.

$$\Delta PSI = 4.2 - 2$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

4.2.5 Cálculo del módulo resiliente de la subrasante con CBR 1.9%

Según el método AASHTO propone:

$$Mr (\text{psi}) = 1500 * \text{CBR}$$

$$Mr = 1500 * 1.9$$

$$\mathbf{Mr = 2850 \text{ psi}}$$

4.2.6 Cálculo del coeficiente de drenaje

El cálculo del coeficiente de drenaje se da por el tipo de clima y sus quebradas donde se podrá drenar el agua por su calidad en la tabla 26 se da el valor recomendado del coeficiente ambiental y de drenaje.

Tabla 26.

Coefficientes recomendados del coeficiente ambiental y de drenaje (mi)

Calidad del drenaje	Agua Evacuada en	% de tiempo de exposición de la estructura del pavimento a niveles de humedad próximos a la saturación			
		<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	2 horas	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1 día	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Aceptable	1 semana	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1 mes	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy Pobre	No drena	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Fuente: (AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993)

Además, la Normativa INVIAS recomienda utilizar la siguiente tabla 27 para corroborar el coeficiente de drenaje obtenidos en la tabla 26.

Tabla 27.*Coefficientes de drenaje para pavimentos (mi)*

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

Fuente: Guía de diseño INVIAS 2007

$$m_i = 1$$

4.2.7 Cálculo del módulo resiliente de la mezcla asfáltica

Para el coeficiente estructural de mezcla asfáltica a_1 se debe tener en cuenta el gráfico 2 mediante el módulo de resiliente de la subrasante considerando la norma AASHTO.

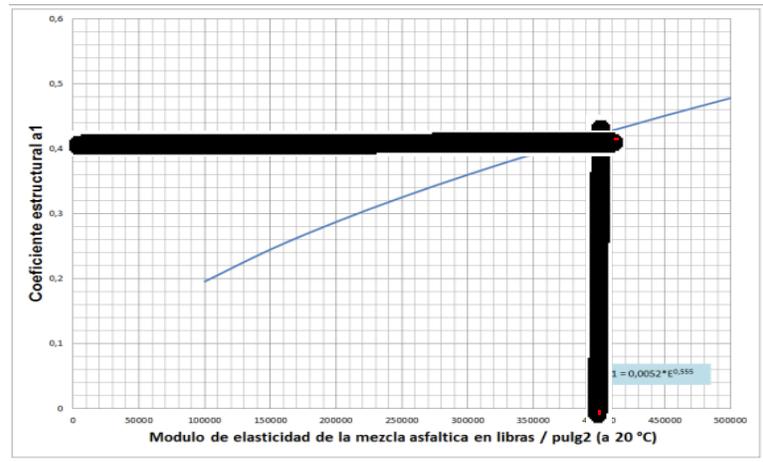
Tabla 28.*Módulo de elasticidad en base al material*

Material	Módulo de Elasticidad Mr (PSI)	a1	mi
Concreto Asfáltico	400000	0.42	1
Base piedra partida	30000	0.14	0.8
Subbase granular	14000	0.1	0.7
Subrasante	5000	-	-

Fuente: (AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993)

Gráfico 2.

Coefficiente estructural de la mezcla asfáltica



Fuente: (AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993)

$CBR = 400000 \text{ psi}$

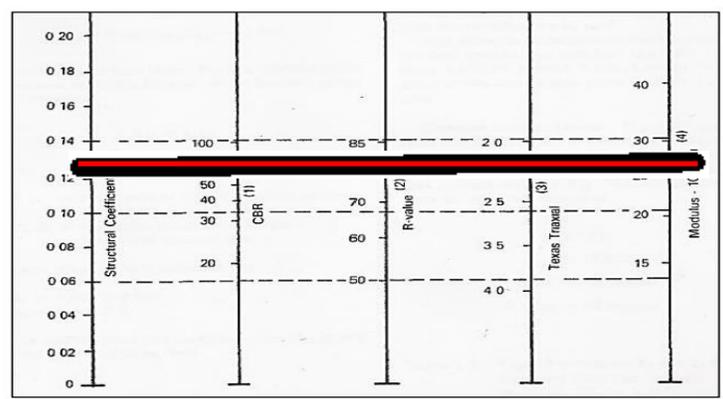
$a_1 = 0.42$

4.2.8 Cálculo del módulo resiliente y coeficiente estructural de la base

Para determinar el coeficiente estructural de la base a₂ se debe considerar lo de la normativa AASHTO en donde indica que el soporte de CBR deberá ser igual o mayor a 80%.

Gráfico 3.

Coefficiente estructural de la base



Fuente: (AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993)

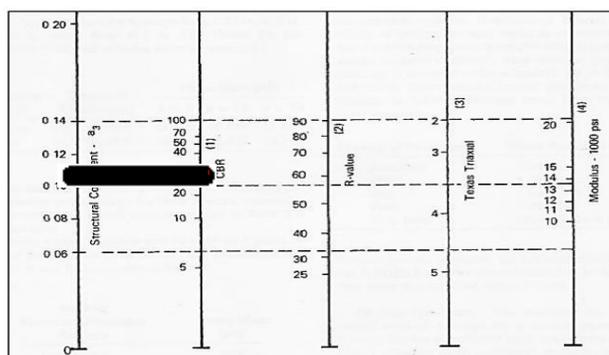
$a_2 = 0.135$

4.2.9 Cálculo del módulo resiliente y coeficiente estructural de la sub base

Para determinar el coeficiente estructural de la sub base a_3 se debe considerar lo de la normativa AASHTO en donde indica que la capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor de 30%.

Gráfico 4.

Coeficiente estructural de la sub base



Fuente: (AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993)

$$a_3 = 0.11$$

4.2.10 Cálculo de número estructurales SN

Los números estructurales SN se basan en la estructura del pavimento, esto ayuda a ofrecer un buen servicio a la comunidad. Por ende, para el cálculo del mismo se recomienda considerar los espesores de pavimento según la AASHTO 93.

Tabla 29.*Espesores mínimos en función de ejes equivalentes*

Número de ESALs	Mezcla Asfáltica (pul)	Base Granular (pul)
Menos de 50000	1.0 o T.S	4
50001- 150000	2	4
150001- 500000	2.5	4
500001- 2000000	3	6
2000001- 7000000	3.5	6
Más de 7000000	4	6

Fuente: Guía de Diseño AASHTO 93

Obtenidos los espesores de las capas y los números estructurales del pavimento se procede a calcular el número estructural del pavimento flexible, lo cual se ejecuta mediante la siguiente fórmula que fue obtenida de la (AASHTO, 1993) .

$$\text{Log}W_{18} = ZR * S_0 + 9.36 \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \left(\frac{\Delta PSI}{2.2 - 1.5} \right)}{0.40 \left(\frac{1.094}{(SN + 1)^{5.19}} \right)} + 2.32 \text{Log} Mr - 8.07$$

Tabla 30.*Datos obtenidos inicialmente para obtener SN con CBR 1.9%*

Simbología	Valor
W18	300117
Zr	-1.037
So	0.45
ΔPSI	2.2
Mr	2850

Fuente: Autor

Figura 28.

Comprobación SN mediante programa Ecuación AASHTO93 con CBR 1.9%

Fuente: Autor

Tras la obtención de los parámetros necesarios para el cálculo del número estructural requerido, se reemplaza en la fórmula.

Adicionalmente se consideran las siguientes fórmulas:

$$\text{LOG}(W) \geq \text{LOG}(ESALS)$$

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

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

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

Tabla 31.

Resumen de los Datos Obtenidos de los Números Estructurales Requeridos y Reales y Espesores CBR 1.9%

RESUMEN				Espesor real		SN requerido		Espesor Calculado		Espesor minimo	SN* real		SN * ≥ SN
a1	0.42	m1	1	D1 (in) =	3.00	SN1	0.349	h1	0.832	2.5	sn1*	1.26	CUMPLE
a2	0.135	m2	1	D2 (in) =	6.0	SN2	1.619	h2	2.657	4	sn2*	2.07	CUMPLE
a3	0.11	m3	1	D3 (in) =	6.0	SN3	2.072	h3	0.018	-	sn3*	3.99	CUMPLE

Fuente: Autor

Se concluye con los siguientes resultados:

$$SN_T \geq SN_{\text{Subrasante}}$$

3.99 ≥ 3.74 Cumple con el diseño de la estructura de pavimentos

Tabla 32.

Resultado de dimensiones de las capas con CBR 1.9%

CAPA	DIMENSIONES	
	PULGADAS (in)	CENTÍMETROS (cm)
Carpeta Asfáltica	3	7.5
Base Granular	6	15
Sub base Granular	6	15

Fuente: Autor

4.2.11 Espesor de mejoramiento para la subrasante

Tras tener un CBR muy bajo se debe realizar un mejoramiento a la capa subrasante para que logre soportar las capas estructurales del pavimento.

Según la MOP-001-F (2002), recomienda reemplazar el material existente por uno mejorado, suponiendo un suelo granular, material rocoso o la combinación de ambos, por ende, se utiliza un valor mínimo de CBR del 6%.

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

Donde:

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

SN_o: 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).

$$Mr \text{ (psi)} = 1500 * \text{CBR}$$

$$Mr = 1500 * 6$$

$$\mathbf{Mr = 9000 \text{ psi}}$$

Figura 29.

Comprobación S_n mediante programa Ecuación AASHTO93 con CBR 6 %

Fuente: Autor

$$D_4 = \frac{3.74 - 2.50}{0.061 * 1}$$

$$D_4 = 20.32 \text{ in} = 51.61 \text{ cm}$$

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

Tabla 33.

Resumen de los Datos Obtenidos de los Números Estructurales Requeridos y Reales y Espesores CBR 6%

RESUMEN				Espesor real		SN requerido		Espesor Calculado		Espesor minimo	SN* real		SN * ≥ SN
a1	0.42	m1	1	D1 (in) =	8.00	SN1	0.349	h1	0.832	2.5	Sn1*	3.36	CUMPLE
a2	0.135	m2	1	D2 (in) =	6.0	SN2	1.619	h2	-12.898	4	sn2*	4.17	CUMPLE
a3	0.11	m3	1	D3 (in) =	6.0	SN3	2.072	h3	-19.073	-	sn3*	8.19	CUMPLE

Fuente: Autor

Se concluye con los siguientes resultados:

$$SN_T \geq SN_{\text{Subrasante}}$$

8.19 ≥ 2.50 Cumple con el diseño de la estructura de pavimentos

Tabla 34.

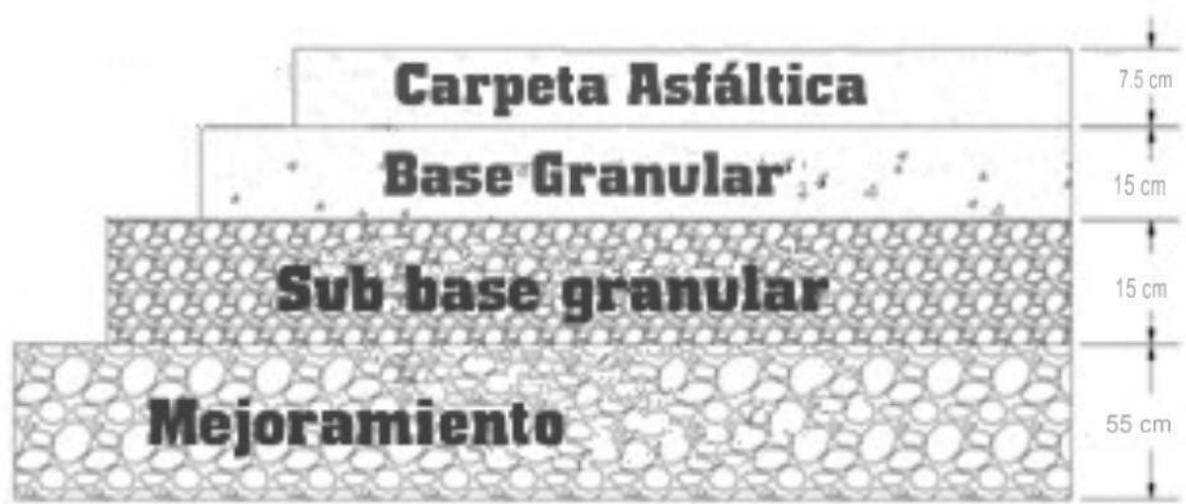
Espesores estructurales de pavimento

CAPA	DIMENSIONES	
	PULGADAS (in)	CENTÍMETROS (cm)
Carpeta Asfáltica	3	7.5
Base Granular	6	15
Sub base Granular	6	15
Mejoramiento	22	55

Fuente: Autor

Figura 30.

Gráfica estructural del pavimento



Fuente: Autor

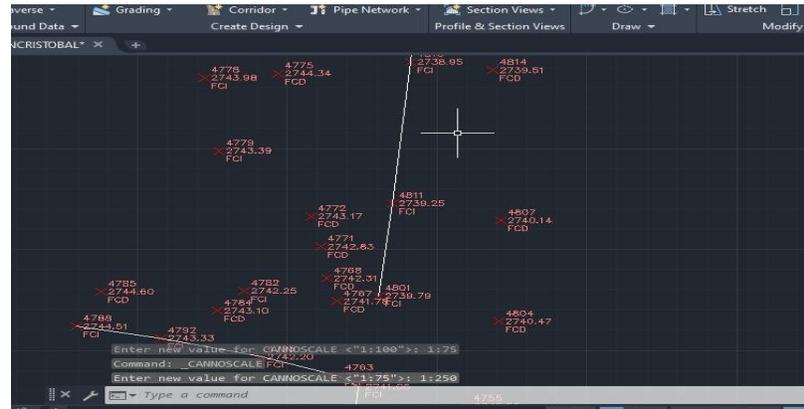
4.3 Levantamiento Topográfico

4.3.1 Obtención de los puntos del Levantamiento Topográfico

Como anteriormente se mencionó el equipo RTK se utilizó para obtener los puntos que nos ayudaran para realiza el diseño geométrico estos mismo fueron importados en el programa de AutoCAD que se mostrara a continuación.

Figura 31.

Puntos en AutoCAD



Fuente: Autor

4.3.2 Elaboración de la Topografía

Inmediatamente con los puntos ya insertados en el software ya mencionado, se empieza a elaborar la topografía, lo cual se observa que tenemos un área rocosa por las pendientes que llegan a existir en el lugar.

Figura 32.

Superficie



Fuente: Autor

4.4 Diseño Geométrico

El diseño geométrico es la base que sitúa el trazado de una calle en un área, por lo que se tiene en cuenta el estudio que se realizó con la topografía este debe encontrarse bien detallado y cumplir con la normativa que se estableció.

Para la realización del diseño geométrico en la vía de San Cristóbal se tendrá que desarrollar el trabajo en campo y el trabajo en oficina donde estos nos ayudaran a obtener datos de condiciones en el que se encuentra el área que se está trabajando, seguido de ello se procede a ejecutar los cálculos para el diseño.

4.4.1 Velocidad de Diseño

La velocidad de diseño es la velocidad máxima donde pueden transitar los vehículos por la vía sin tener ningún peligro. Esta velocidad se proyecta según sus condiciones físicas topográficas entre otras, el valor que se va a tomar es el valor máximo compatible con la seguridad vial, se determinó una velocidad de diseño de 40 km/h.

4.4.2 Velocidad de Circulación

La velocidad de circulación se basa de acuerdo a la velocidad de diseño (40 km/h) y el volumen del tránsito. En la tabla 33 se puede observar al proyecto que se ajusta a nuestra velocidad.

Tabla 35.

Velocidad de Circulación

Velocidad de Diseño km/h	VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN		
	Volumen de tránsito Bajo	Volumen de tránsito intermedio	Volumen de tránsito Alto
25	24	23	22
30	28	27	26
40	37	35	34
50	46	44	42
60	55	51	48
70	63	59	53
80	71	66	57
90	79	73	59
100	86	79	60
110	92	85	61

Fuente: (MTO, Norma de Diseño Geométrico de carretera, 2003)

Con la tabla obtenida se obtuvo una velocidad de circulación de 35 km/h.

4.4.3 Coeficiente de Fricción Lateral

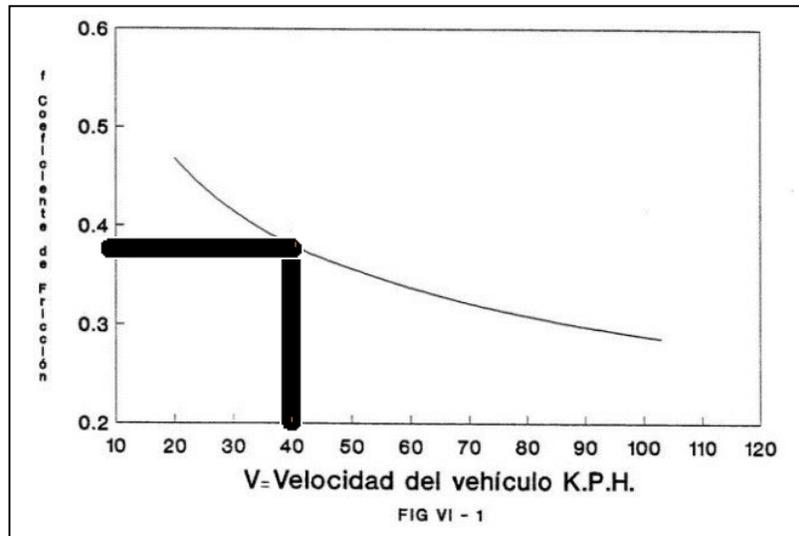
$$f = \frac{1.15}{Vd^{0.3}}$$

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

$$f = 0.38$$

Gráfico 5.

Determinación el Coeficiente de Fricción



Fuente: (MTO, Norma de Diseño Geométrico de carretera, 2003)

4.4.4 Diseño Horizontal

4.4.4.1 Radio Mínimo de Curvatura

Ya obtenido la velocidad mínima, se realiza los radios mínimos de curvatura, donde este es el valor mínimo de seguridad que nos brinda en el tránsito. Para realizar el radio se tiene en cuenta la siguiente condición, si este radio es muy pequeño puede llegar a provocar problemas en la vía, y si el radio es grande puede llegar a influir en el aspecto del diseño.

Según la norma de la MTO sugiere una tasa de sobrelevación del 8% esta es para vías que tiene una capa granular (MTO, 2003).

Seguido de ello se presenta la siguiente fórmula que ayudará para la determinación del radio mínimo.

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

Donde:

V: Velocidad

e: Peralte máximo

f: Coeficiente de fricción

Una vez adquirido el coeficiente de fricción con un valor de 0.38, procederemos a ejecutar nuestro radio mínimo con la formula ya mencionada anteriormente.

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

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

$$R_{min} = 27.40m$$

4.4.4.2 Distancia de visibilidad y rebasamiento de un vehículo

➤ Distancia Minina de parada “Dp”

$$Dp = D1 + D2$$

Procedemos a determinar la distancia durante el tiempo de percepción más reacción.

$$D1 = 0.7 * Vc$$

$$D1 = 0.7 * 0.35$$

$$D1 = 24.5 m$$

Se calcula la distancia de frenado sobre la calzada.

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

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

$$D2 = 12.70$$

Se tiene un resultado de distancia de frenado de 37.2.

$$Dp = 24.5 + 12.70m$$

$$Dp = 37.2m$$

➤ Distancia de Rebasamiento de un vehículo

Se calcula la distancia de rebasamiento con la fórmula que se muestra a continuación obteniendo un valor de 116m

$$Dp = 9.54 * Vd - 218$$

$$Dp = 9.54 * 40 - 218$$

$$Dp = 116 m$$

4.4.4.3 Peralte

El peralte es el que aporta en la seguridad al momento que transita un vehículo en una curva horizontal, pero se sabe que los valores máximos no tienen que llegar a rebasar el peralte porque existiría un deslizamiento

Según obtenido los valores de la velocidad de diseño, radio de curvatura las características de un vehículo y el coeficiente de fricción el peralte se considerará según la normativa MTOP (2003) que nos da un valor del 8% que son para carreteras con capa granular de rodadura.

4.4.4.4 Sobreancho

El sobre ancho se ejecuta cuando un automóvil llega a sobrepasar una curva, en donde las ruedas traseras atraviesan un recorrido con las ruedas frontales, también se trata de un ancho añadido para la protección y bienestar del chofer cuando se trata de curvas verticales y horizontales, con esto llegamos a disponer un “Sa” siguiendo los pasos para determinar este término procedemos a recurrir a la norma MTOP (2003) que nos brinda dos valores para el diseño del sobreancho donde con velocidades del 50m/h tenemos un sobreancho de 0.3 m y si son velocidades mayores a 50 tendremos un diseño 0.4 m.

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

Donde:

Sa: sobreancho

R: Radio de curvatura

Lve: Longitud del vehículo

Nota: Siguiendo la normativa y sabiendo que nuestra carretera ya existe, nos recomiendan utilizar un sobreancho de 0.3 m para este diseño.

4.4.4.5 Curvas Circulares

Ya calculado todos nuestros parámetros anteriores y garantizando siempre la seguridad de un vehículo que circule por nuestra carretera procederemos a obtener los diferentes componentes que nos sirve para la determinación de nuestra curva circular.

En el **Anexo 6** se presenta una tabla con los cálculos de cada uno de los elementos de nuestras curvas circulares.

Para determinar la pendiente del borde del peralte de nuestra curva se utiliza los valores que se encuentran en la tabla 35. donde se escoge el i según la velocidad de diseño que es de 40 km/h.

Para la curva N°2 se obtuvo los siguientes datos.

Tabla 38.

Valores de la Curva N°2

Radio	Deflexión	External	LC	Tangente	CL	Sobreancho	Peralte
40	95°03'23"	19.24	59.01	43.7	54.33	0.3	8

Fuente: Autor

La vía al ser existente no llega a cumplir con la normativa MTOP (2003), por lo que se tiene que proponer nuevamente valores y se realizaran lo cálculos de Longitud total de transición, longitud mínima de transición, principio de curva, y el principio de tangente acuerdo a la a los valores de la curva N°2.

- Longitud total de transición (Lt)

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

$$Lt = 6 * \frac{7}{0.70}$$

$$Lt = 60m$$

- Longitud mínima de transición (Lm)

$$Lm = 0.56 * V_d$$

$$Lm = 0.56 * 40$$

$$Lm = 22.4$$

- Principio de Curva (Pc)

Abscisa 3+118.06

$$PC = PI - T$$

$$PC = 118.06 - 43.7$$

$$PC = 118.06$$

➤ Principio de Tangente (PT)

Abscisa 3+184.42

$$PC = PC - Lc$$

$$PC = 184.42 - 59.01$$

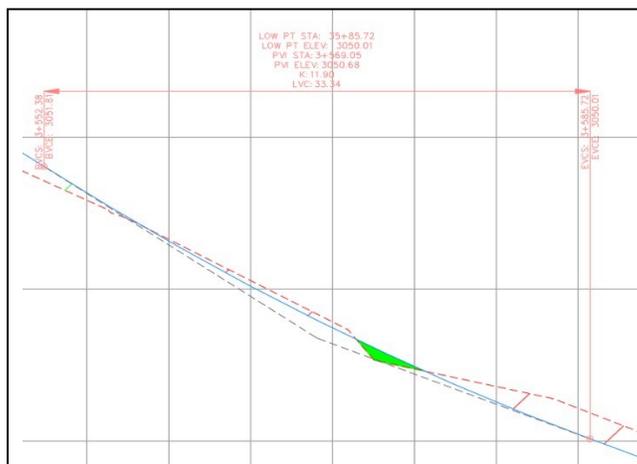
$$PC = 125.41$$

4.4.4.6 Diseño Vertical

Para realizar el diseño vertical se utilizó la curva vertical N°2.

Figura 33.

Curva vertical N°2



Fuente: Autor

Tabla 39.

Datos Iniciales diseño vertical

Datos Iniciales		
Descripción	Símbolo	Valores
Pendiente de entrada	-	-6.78 %
Pendiente de salida	-	-3.98%
Abscisa PIV	-	3+569.05
Cota PIV	-	3050.68msnm
Distancia de visibilidad	S	40 m
Coefficiente	kmin	4
Longitud de la curva vertical	L	33 m

Fuente: Autor

En los datos de la curva vertical se tienen dos pendientes negativas, la entrada con una pendiente mayor a la de la salida esto nos indica que es una curva convexa

El coeficiente de K min de curvas verticales convexas mínimas se da con un valor de 4 ya que nuestra velocidad de diseño es de 40 km/h.

A continuación, se presentará el cuadro de las curvas convexas mínimas.

Tabla 40.

Curvas Verticales Convexas Mínimas

Velocidad de Diseño (Kph)	Distancia de Visibilidad para parada "s" (m)	Coeficiente $k=S^2/426$	
		Calculado	Redondeado
20	20	0.94	1
25	25	1.47	2
30	30	2.11	2
35	35	2.88	3
40	40	3.76	4
45	50	5.87	6
50	55	7.1	7
60	70	11.5	12
70	90	19.01	19
80	110	28.4	28
90	135	42.78	43
100	160	60.09	60
110	180	70.06	80
120	220	113.62	115

Fuente: (MTO, Norma de Diseño Geométrico de carretera, 2003)

➤ Coeficiente K de diseño

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

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

$$k = 3.755$$

Se obtuvo un coeficiente de k de 3.755.

➤ Longitud mínima de la curva

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

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

$$L_{min} = 24m$$

Se obtuvo una longitud mínima de la curva de 24m.

En el **Anexo 7**, se encuentra el cálculo de todas las curvas verticales de nuestro perfil de corte y relleno.

4.5 Diseño de Cunetas

4.5.1 Coeficiente de Escorrentía

Para resolver el coeficiente de escorrentía se necesitará la siguiente tabla que se presentará a continuación, donde se escogerá el tipo de suelo y su pendiente.

Tabla 41.

Coeficiente de Escorrentía

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA "C"						
Cobertura Vegetal	TIPO SUELO	"PENDIENTE DEL TERRENO"				
		PRONUNCIADA 50%	ALTA 20%	MEDIA 5%	SUAVE 1%	DESPECIABLE
Sin Vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos Vegetación Ligera	Impermeable	0.65	0.65	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierba, Grama	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosques Densa Vegetación	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Fuente: (MTO, Norma de Diseño Geométrico de carretera, 2003)

El proyecto cuenta con un terreno donde la cobertura vegetal es de “pastos de vegetación ligera”, con una pendiente media de 0.25 y su tipo de suelo es permeable, sabiendo esto se obtiene una solución que se presentara a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 42.

Determinación del Coeficiente de Escorrentía

N.º Secciones	Longitud (m)	Área de Aporte (Ha)	Coeficiente de Escorrentía.
1	99.6	0.37848	0.25
2	691	2.6258	0.25
3	127	0.4826	0.25
4	109	0.4142	0.25
5	2015	0.817	0.25
6	590	2.247	0.25
7	106	0.4028	0.25
8	140	0.532	0.25

Fuente: Autor

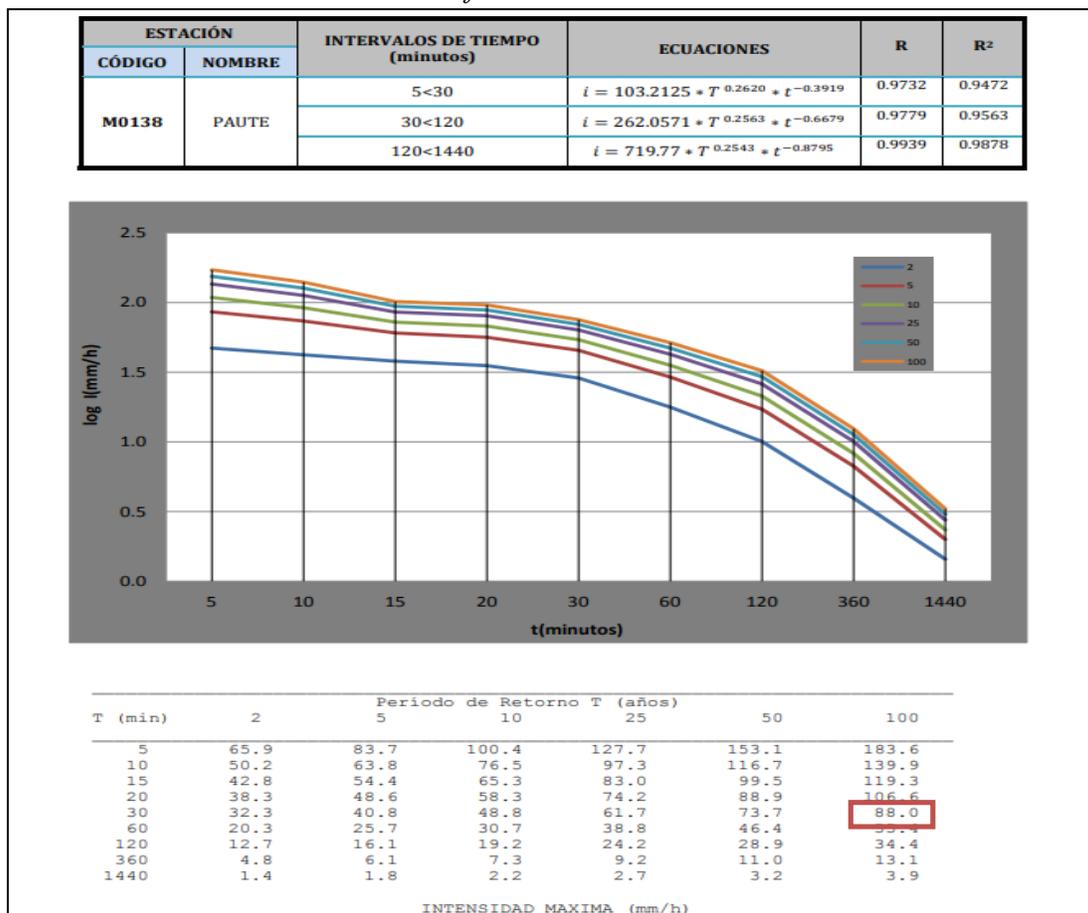
4.5.2 Intensidad de la Lluvia

Se ha determina un estudio de curvas IDF con el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMI) donde nos dan fórmulas para el cálculo de la intensidad, con intervalo de tiempo en minutos y estaciones.

Se empleo la estación M0138 Paute con un tiempo de duración de 30 minutos y un periodo de retorno equivalente a 100 años, obteniendo una intensidad máxima de 88 mm/h, como se puede observar en los cuadros que se presentan a continuación.

Tabla 43.

Intensidad duración frecuencia estación M0.138 Paute



Fuente: (INAMHI, Determinación de Ecuaciones para el Cálculo de Intensidades Máximas de Precipitación, 2015)

4.5.3 Velocidad Máxima y Mínima

Para llegar a impedir una erosión en el material se considera una velocidad de 4.50 m/s, como se observa en la siguiente tabla 44.

Tabla 44.

Velocidades Máximas

MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)
Arenas finas y limos	0.40 – 0.60
Arcilla arenosa	0.50 – 0.75
Arcilla	0.75 – 1.00
Arcilla firme	1.00 – 1.50
Grava Limosa	1.00 – 1.50
Grava Fina	1.50 – 2.00
Pizarras Suaves	1.50 – 2.00
Grava Gruesa	2.00 – 3.50
Zampeados	3.00 – 4.50
Rocas Sanas y Hormigón	4.50 – 7.50

Fuente: (MTO, Norma de Diseño Geométrico de carretera, 2003)

Considerando una velocidad mínima de 0.60 m/s para impedir sedimentos de materiales.

4.5.4 Coeficiente de Rugosidad de Manning

Para determinar el coeficiente de rugosidad se obtendrá de acuerdo al tipo de material, por lo cual en el proyecto se utilizó un valor de 0.013 para hormigón alisado que se presentará en la siguiente tabla 45.

Tabla 45.

Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning

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

Fuente: (NEVI, Norma para Estudios y Diseños Viales, 2012)

4.5.5 Relaciones Geométricas para Parámetros Hidráulicos

Para las relaciones geométricas de los parámetros hidráulicos se toman 1:2, donde $d=0.2$ m y $a=0.4$ m. Los cálculos de velocidad de base de acuerdo a la pendiente, el coeficiente de rugosidad de Manning y un radio hidráulico. Para que la cuneta tenga una capacidad se emplea una pendiente, el área del canal su coeficiente de rugosidad y su radio hidráulico.

Para la obtención del caudal de diseño se tiene una tabla con sus respectivas formas de cálculo.

Tabla 46.

Formas para el cálculo Q1 y Q2

Q1= se multiplica el caudal máximo y su longitud de sumideros	Q2= este se determina según la ecuación del Método Racional.
---	--

Fuente: Autor

En el **Anexo 8** se presenta un resumen de los cálculos de los diseños de cada una de nuestras cunetas.

4.6 Evaluación de Alcantarillas

4.6.1 Caudal de diseño

Para resolver el caudal y determinar la ubicación de las alcantarillas, se tomó un dato importante que nos ayuda a observar la duración en el que llega a tardar el agua en llegar desde el punto más alejado de las cunetas hasta la el área de las alcantarillas.

Tabla 47.*Caudal de diseño (Alcantarillas)*

ALCANTARILLAS	ABSCISA	CAUDAL DE DISEÑO (m ³ /s)
1	3+744	1.060
2	3+844	5.108
3	4+535	4.031
4	4+662	2.867
5	4+771	0.141
6	4+986	1.325
7	5+576	3.463
8	5+682	5.108

Fuente: Autor

4.6.2 Secciones de Alcantarillas

Para la sección de alcantarillas se llegó a estimar un caudal, pendiente del área, la sección parcialmente llena, velocidades máximas y mínimas.

Tabla 48.*Valores de diseño (Alcantarillas)*

Alcantarilla	Abscisa	Caudal De Diseño (m ³ /s)	Diámetro Interior (m)	Sección Parcialmente Llena	K4	Y/D	¿Cumple Caudal?
1	3+744	1.060	0.5	80%	0.0043	0.2837	CUMPLE
2	3+844	5.108	1.2	80%	0.0041	0.2837	CUMPLE
3	4+535	4.031	1.2	80%	0.0017	0.2003	CUMPLE
4	4+662	2.867	1.2	80%	0.0020	0.2003	CUMPLE
5	4+771	0.141	0.8	80%	0.0002	0.1095	CUMPLE
6	4+986	1.325	1.2	80%	0.0013	0.1900	CUMPLE
7	5+576	3.463	1	80%	0.0035	0.2003	CUMPLE
8	5+682	5.108	1	80%	0.0097	0.3481	CUMPLE

Fuente: Autor

Esta evaluación se determinó para ver si las alcantarillas llegan cumplir con las condiciones, en el **Anexo 11, 12 y 13** se muestra un resume de todos los análisis y cálculos de los valores de diseño.

4.7 Presupuesto General del Proyecto

PRESUPUESTO						
Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1		OBRAS PRELIMINARES				427,616.27
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	44,805.62	1.96	87,819.02
1.3	500014	Excavación manual material sin clasificar	m3	224.00	12.53	2,806.72
1.4	500001	Cargado de material con cargadora	m3	58,538.54	1.37	80,197.80
1.5	500002	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	58,538.54	2.22	129,955.56
1.6	500003	Sobreacarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, Distancia > 6 Km	m3-km	448,796.82	0.26	116,687.17
2		ESTRUCTURA VIAL				676,908.52
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	9,945.67	23.45	233,225.96
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		SEÑALIZACIÓN				14,812.56
4.1	500018	Señalización vertical	u	6.00	148.76	892.56
4.2	500019	Pintura para señalización de tráfico, manual, franja de hasta 15cm	ml	8,700.00	1.60	13,920.00
5		MITIGACIÓN 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						1,213,595.46
IVA						12 %
TOTAL						1,359,226.92

Son: UN MILLÓN TRESCIENTOS CINCUENTA Y NUEVE MIL DOSCIENTOS VEINTE Y SEIS CON 92/100 DÓLARES

4.8 Cronograma Valorado

Item	Codigo	Descripcion	Unidad	Cantidad	P.Unit.	P.Total	PERIODOS								
							1	2	3	4	5				
1		OBRAS PRELIMINARES				427,616.27	208,358.77	219,257.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
1.1	500004	Replanteo y nivelación de vías	ml	2,900.00	3.50	10,150.00	100.00	10,150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1.2	500010	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	44,805.62	1.96	87,819.02	47.62	41,818.58	52.38	46,000.44	0.00	0.00	0.00	0.00	
1.3	500014	Excavación manual material sin clasificar	m3	224.00	12.53	2,806.72	48.34	1,356.72	51.66	1,450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1.4	500001	Cargado de material con cargadora	m3	58,538.54	1.37	80,197.80	47.76	38,303.42	52.24	41,894.38	0.00	0.00	0.00	0.00	
1.5	500002	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	58,538.54	2.22	129,955.56	47.07	61,164.71	52.93	68,790.85	0.00	0.00	0.00	0.00	
1.6	500003	Sobreacarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, Distancia > 6 Km	m3-km	448,796.82	0.26	116,687.17	47.62	55,565.32	52.38	61,121.85	0.00	0.00	0.00	0.00	
2		ESTRUCTURA VIAL				676,908.52	0.00	51,254.25	307,716.81	317,937.46	0.00	0.00	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	0.00	0.00	
2.2	500006	Pedraplén, conformación y compactación con equipo pesado	m3	174.00	25.01	4,351.74	0.00	0.00	100.00	4,351.74	0.00	0.00	0.00	0.00	
2.3	500007	Mejoramiento, conformación y compactación con equipo pesado	m3	9,945.67	23.45	233,225.96	0.00	0.00	5.76	13,442.89	94.24	219,783.07	0.00	0.00	
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	0.00	100.00	64,130.40	0.00	0.00	
2.5	500041	Base Granular conformación y compactación con equipo pesado	m3	2,160.00	35.93	77,608.80	0.00	0.00	0.00	0.00	30.67	23,803.34	69.33	53,805.46	
2.6	500011	Imprimación asfáltica con barrido mecánico	m2	17,400.00	1.22	21,228.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	21,228.00	
2.7	500039	Carpeta asfáltica (e=3") Ho Asf. mezclado en planta	m2	17,400.00	13.96	242,904.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	242,904.00	
2.8	500013	Brocal de hormigón para pozos (h=20cm) y tapa (h=10cm) cónicos, D=700mm, Tipo A	u	58.00	105.35	6,110.30	0.00	0.00	100.00	6,110.30	0.00	0.00	0.00	0.00	
2.9	500017	Recuperación de pozo, d = 600 mm	u	58.00	78.54	4,555.32	0.00	0.00	100.00	4,555.32	0.00	0.00	0.00	0.00	
3		OBRAS DE DRENAJE.CUNETAS				92,397.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	92,397.93		
3.1	500014	Excavación manual material sin clasificar	m3	174.00	12.53	2,180.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	2,180.22
3.2	506002	Cargado de material con minicargadora	m3	226.20	2.00	452.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	452.40

3.3	506005	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	226.20	2.22	502.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	502.16
3.4	506007	Sobrecarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, distancia > 6 Km	m3-km	2,504.03	0.23	575.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	575.93
3.5	505017	Subrasante conformación y compactación con equipo liviano	m2	3,480.00	2.36	8,212.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	8,212.80
3.6	505019	Mejoramiento, conformación y compactación con equipo liviano	m3	87.00	30.25	2,631.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	2,631.75
3.7	512005	Encofrado de madera recto (2 usos)	m2	1,444.30	10.37	14,977.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	14,977.39
3.8	507003	Hormigón simple f'c = 210 kg/cm2	m3	423.43	129.10	54,664.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	54,664.81
3.9	528004	Corte y sellado de juntas con poliuretano, incluye cordón e imprimante	m	1,411.44	3.95	5,575.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	5,575.19
3.10	509005	Curado de superficie con aditivo químico	m2	4,234.33	0.62	2,625.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	2,625.28
4		SEÑALIZACIÓN				14,812.56		0.00		0.00		0.00		0.00		14,812.56
4.1	500018	Señalización vertical	u	6.00	148.76	892.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	892.56
4.2	500019	Pintura para señalización de tráfico, manual, franja de hasta 15cm	ml	8,700.00	1.60	13,920.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	13,920.00
5		MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES				1,860.18		824.93		622.59		320.50		92.16		0.00
5.1	500028	Letrero metálico de información del Proyecto	u	2.00	484.84	969.68	27.81	269.70	30.74	298.09	32.20	312.28	9.24	89.60	0.00	0.00
5.2	500020	Señalización con cinta	ml	200.00	0.23	46.00	63.33	29.13	36.67	16.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.3	500021	Parante con base de hormigón, 20 usos	u	20.00	6.46	129.20	63.66	82.26	36.34	46.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.4	500022	Cobertura de plástico (5 usos)	m2	50.00	0.29	14.50	0.00	0.00	25.74	3.73	56.64	8.21	17.62	2.55	0.00	0.00
5.5	500023	Difusión Social	global	1.00	700.80	700.80	63.33	443.84	36.67	256.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
						TOTAL:		1,213,595.47								
INVERSION MENSUAL								209,183.70	271,134.35	308,037.31	318,029.62	107,210.49				
AVANCE PARCIAL EN %								17.24	22.34	25.38	26.21	8.83				
INVERSION ACUMULADA								209,183.70	480,318.04	788,355.35	1,106,384.97	1,213,595.46				
AVANCE ACUMULADO EN %								17.24	39.58	64.96	91.17	100.00				

5. CONCLUSIONES

- Tras el estudio de campo y la topografía realizada en la vía San Cristóbal-Malima, muestra que se trabajó en un terreno con altas pendientes y un sector montañoso esto sirvió como ayuda en el diseño horizontal y vertical, logrando diseñar la vía para una velocidad de diseño de 40 km/h con un peralte máximo según la normativa MTOP 2003 del 8% que son para carreteras con capa granular de rodadura.
- Con el estudio realizado del tráfico, para una proyección a 20 años se obtuvo un TPDA de 308 vehículos clasificándose como una carretera de clase III, considerando una sección típica de 6m de ancho.
- Se obtuvo el valor del CBR de 1.9% de los estudios realizados en el laboratorio, tras obtener un CBR muy bajo se asumió un valor mínimo de 6% ya que se debe realizar un mejoramiento a la capa subrasante para que logre soportar las capas estructurales del pavimento.
- Según los cálculos obtenidos la estructura de pavimento se conformó por una Carpeta Asfáltica de espesor de 7.5 cm, Base granular de 15 cm, Subbase granular de 15 cm y con una capa de mejoramiento de 55 cm.
- Mediante el análisis hidrológico realizado se determinó que el diseño de las alcantarillas con secciones parcialmente llenas es una estrategia efectiva que puede mejorar la eficiencia hidráulica y la capacidad de transporte de sedimentos considerando que se debe cumplir que $Y/D < 0.8$ mientras que el diseño de cunetas se determinó que nos encontramos en un terreno donde la cobertura vegetal es de pastos de vegetación ligera, con una pendiente media de 0.25 y su tipo de suelo es permeable considerando que $Q_d < Q$ y $V < V_{m\acute{a}x} = 0.45$

m/s según lo establecido por la normativa NEVI 2012, por ende, el diseño de alcantarillado y cunetas cumplen con los parámetros establecidos según las normativas.

- Se puede concluir que se cumplieron con todos los objetivos planteados al inicio de este proyecto, teniendo como resultado que si se llegará a ejecutar la obra sería de gran beneficio económico, social y seguro para la comunidad de San Cristóbal y para los transportistas ya que es una vía alterna de conectividad inter cantonal y provincial.

6. RECOMENDACIONES

- Antes de iniciar un diseño geométrico es recomendable tener presente todas las normativas vigentes, debido a que se sitúan todos los parámetros y estándares para elaborar o diseñar un adecuado proyecto vial.
- Al iniciar el trabajo de campo, es importante socializar con la comunidad para informarles los proyectos que se ejecutarán y los beneficios que obtendrán para así evitar futuros conflictos y tener autorización para ingresar en alguna propiedad si fuese el caso.
- Se recomienda el mantenimiento regular de las estructuras de drenaje vial para prolongar la vida útil del pavimento, evitando daños en la superficie que con el tiempo se convierte en un fracaso estructural.
- Es recomendable realizar un estudio completo de laboratorio de suelo de los taludes de corte para determinar si se requiere algún tipo de material de soporte para evitar un inconveniente a futuro.
- En la actualidad se tiene un bajo flujo peatonal por lo que no se consideró el diseño de veredas, por ende, se recomienda su implementación en un futuro.

7. BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO. (1993). *Guide for Design of Pavement Structures*. Washington D.C.
- AASHTO. (2018). *A policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington D.C.
- Cárdenas, J. (2013). *Diseño geométrico de carreteras*. ECOE EDICIONES.
- Córdova, C. F. (2015). *Egresado analiza método alternativo para predecir CBR en diseño de pavimentos*. UDEP. <https://www.udep.edu.pe/hoy/2015/01/metodo-alternativo-cbr/>
- Coronado Iturbide, J. (2002). *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*. Bogotá.
- CONGOPE. (2017). *Plan de Infraestructura vial Provincial*. Ecuador.
- Curvas Circulares Simples*. (2007, marzo 19). Doble Vía.
<https://doblevia.wordpress.com/2007/03/19/curvas-circulares-simples/>
- C. Tordesillas and M. G. (2008). “HIGHWAY- URBAN PLANNING. SOME KEYS OF THE HISTORICAL EVOLUTION OF AN IMPERFECT RELATION,” vol. 11, pp. 33–51.
- Fienco Jalca, M. A., Bravo Mera, B. S., Guachisaca Contento, V. E., Jaramillo Pintado, E. A., & Fienco Jalca, V. E. (2017). *Elementos Originales en el Diseño Geométrico de Carreteras*. Editorial Científica 3Ciencias.
- Fustamante Sánchez, F. D. (2019). *Estructuración del método de cálculo del IMDA aplicado a proyecto de Av. Sánchez Cerro*. Universidad de Piura.
- Gámez Morales, W. (2010). *Texto básico autoformativo de topografía general*. Managua.
- INVIAS. (2009). *Manual de Drenaje para Carreteras*. Bogotá.
- INVIAS. (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Colombia.
- Maldonado, G. L. (2020). *Ensayos de compactación en carreteras: Proctor Normal y Modificado*. Universidad Politécnica de Valencia.

- MOP-001-F (2002). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes*. Ecuador.
- MOP. (2018). *Instrucciones y Criterios de Diseño* (Vol.3). Chile.
- MTOP. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*. Quito.
- MTC. (2013). *Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Perú.
- NEVI 12. (2013). *Norma para Estudios y Diseños Viales* (Vol. 2A). Quito.
- NEVI 12. (2013). *Norma para Estudios y Diseños Viales* (Vol. 2B). Quito.
- Ordoñez, J. J. (2011). *Cartilla Técnica: Ciclo Hidrológico*. Sociedad Geográfica de Lima.
- INEN. (2010). *Señalización Vertical*. Quito.
- Loyola, C. (2023). *Diseño geométrico y estructural de pavimentos de la vía Daniel Quizphe que une la vía Panamericana Sur y Ruben Vintimilla ubicado en la comunidad de Atueloma de la parroquia Tarqui del cantón Cuenca*. Universidad Politécnica de Salesiana.
- PDOT San Cristóbal. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial*. Cuenca.
- Prefectura del Azuay. (2023). *Vías del Azuay son atendidas por el gobierno provincial*.
<https://www.azuay.gob.ec/index.php/2022/06/08/vias-del-azuay-son-atendidas-por-el-gobierno-provincial/>
- Rojas Carvajal, M. V. (2015). *Rehabilitación de la vía Tanlahua perucho*. Universidad Central del Ecuador.
- Rubio, J. (2021). *Diseño geométrico de la vía que comunica a las comunidades de Alpamagal de Acurios con Sigchocalle, perteneciente a los cantones Pujilí y Salcedo de la provincia de Cotopaxi*. Universidad Técnica de Ambato.
- Salager, J. L. (2007). *Granulometría Teoría*. Universidad de los Andes.

Sánchez San Román, F. Javier. (2017). *Hidrología superficial y subterránea*. Sl: F. Javier

Sánchez San Román.

Silva Rodríguez, J. (2017). *Manuales Señales Transito*. Ecuador.

Zapata, R. (2018). *Tipos de suelos: Caracterización de suelos arcillosos y limosos*. Universidad

Nacional de Rosario

8. ANEXOS

Anexo 1.

Colocación de la cámara para TPDA



Fuente: Autor

Anexo 2.

Planteamiento y colocación de Hitos



Fuente: Autor

Anexo 3.

Levantamiento topográfico



Fuente: Autor

Anexo 4.

Plantilla de excel de conteo vehicular

INTERSECCION: San Cristobal- Malina		CONTEO CLASIFICADO DE GIROS DE TRAFICO																INTERSECCION: San Cristobal- Malina		CONTEO CLASIFICADO DE GIROS DE TRAFICO															
ESTACION: E1 -11		Vienes, 09 de noviembre 2023																ESTACION: E2 -11		Vienes, 09 de noviembre 2023															
		Entrar a la Interseccion								Salir de la Interseccion										Entrar a la Interseccion								Salir de la Interseccion							
		QUADRI	BIBI	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	QUADRI	BIBI	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	QUADRI	BIBI	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	QUADRI	BIBI	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
45	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
45	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
45	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
45	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
45	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
45	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
45	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
45	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

ANEXO:

PROYECCION DE TRAFICO
PROYECCIONES DE VEHICULOS LIVIANOS SEGUN EL MODELO LOGISTICO

AÑO	POBLACION	VEHICULOS LIVIANOS	Tm	Y=Ln(Ts/(Tm-1))	Tm AJUSTADO	VEH. AJUSTADO. LIVIANOS
1969	31,923	1	0.03	10.09	15.06	476
1970	31,936	190	3.13	5.49	16.98	542
1971	32,269	400	12.40	4.10	19.13	617
1972	32,602	700	21.47	3.54	21.53	702
1973	32,935	1,000	30.36	3.10	24.23	798
1974	33,268	1,300	39.08	2.82	27.25	907
1975	33,632	1,600	47.57	2.71	30.64	1,030
1976	33,996	1,900	55.89	2.54	34.43	1,170
1977	34,359	2,200	64.03	2.39	38.66	1,329
1978	34,723	2,500	72.00	2.26	43.37	1,506
1979	35,087	2,800	79.80	2.15	48.63	1,706
1980	35,451	3,100	87.45	2.04	54.48	1,931
1981	35,814	3,400	94.93	1.95	60.96	2,183
1982	36,178	3,700	102.27	1.87	68.15	2,465
1983	34,357	4,000	116.42	1.71	76.09	2,814
1984	32,536	4,300	132.16	1.56	84.84	2,760
1985	30,715	4,600	149.75	1.41	94.46	2,901
1986	28,894	4,900	169.59	1.25	105.00	3,034
1987	27,073	5,200	192.97	1.09	116.52	3,165
1988	25,252	5,500	217.80	0.92	129.05	3,295
1989	23,431	5,800	247.54	0.73	142.63	3,342
1990	21,610	6,100	282.28	0.53	157.28	3,399
1991	21,746	6,400	294.31	0.47	173.02	3,763
1992	21,882	6,700	306.19	0.40	189.84	4,154
1993	22,018	7,000	317.82	0.34	207.72	4,574
1994	22,154	7,300	329.51	0.27	226.62	5,021
1995	22,290	7,600	340.96	0.21	246.48	5,494

Tm = Vehiculos * 1000 / poblacion
Ts = Tasa de saturacion
Tm ajustado = Ts / (1 + EXP(a-bT))
Proyeccion de vehiculos livianos
P = Pob * Tm ajustado / 1000

Y = a + bt
GRABE Ts = 763

Tasa de saturacion

proyeccion de poblacion

Proyeccion

Fuente: Autor

Anexo 5.

Estudio para evaluación y determinación de características del suelo

HOJA ESTRATIGRÁFICA DE CAMPO												
PROYECTO: ESTUDIOS PARA EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO				FECHA: Noviembre, 2023								
TRAMO: SAN CRISTÓBAL				SOLICITA: S.C								
CALICATA: C2				PARROQUIA: SAN CRISTÓBAL								
INTERSECCIÓN 1: INTERSECCIÓN 2: PROFUNDIDAD: [0.00 - 1.50] m				COORDENADAS:								
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> Arena Arcilla Limo Lastre Subbase Base Asfalto </div>												
PROFUNDIDAD (m)	Perfil	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Nº	ENSAYOS DE LABORATORIO								
				LL	LP	IP	Granulometría			Cont. Hum. (%)	Clasificación SUCS	Observaciones
							% Grava	% Arena	% Finos (Pasa No. 200)			
0.00		Asfalto										
0.20		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 EXCAVACIÓN: <input type="text" value="MANUAL"/> Nº: <input type="text" value="NO"/>												

Ing. Flavio Albarracín Livisaca Msc.
 ESPECIALISTA DE PAVIMENTOS



HOJA ESTRATIGRÁFICA DE CAMPO

PROYECTO: ESTUDIOS PARA EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

TRAMO: SAN CRISTÓBAL

CALICATA: C4

INTERSECCIÓN 1:

INTERSECCIÓN 2:

PROFUNDIDAD: [0.00 - 1.50] m

FECHA: Noviembre, 2023

SOLICITA: S.C

PARROQUIA: SAN CRISTÓBAL

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		Subbase										
0.40												
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												

MÉTODO DE EXCAVACIÓN: NF:

Ing. Flavio Albarracín Lluisaca Msc.
ESPECIALISTA DE PAVIMENTOS



HOJA ESTRATIGRÁFICA DE CAMPO

PROYECTO: ESTUDIOS PARA EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

TRAMO: SAN CRISTÓBAL

CALICATA: C4

INTERSECCIÓN 1:

INTERSECCIÓN 2:

PROFUNDIDAD: [0.00 - 1.50] m

FECHA: Noviembre, 2023

SOLICITA: S.C

PARROQUIA: SAN CRISTÓBAL

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		Subbase										
0.40												
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												

MÉTODO DE EXCAVACIÓN: NF:



HOJA ESTRATIGRÁFICA DE CAMPO

PROYECTO: ESTUDIOS PARA EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO **FECHA:** **Noviembre, 2023**

TRAMO: SAN CRISTÓBAL **SOLICITA:** S.C

CALICATA: C5 **PARROQUIA:** SAN CRISTÓBAL

INTERSECCIÓN 1: **COORDENADAS:**

INTERSECCIÓN 2:

PROFUNDIDAD: [0.00 - 1.50] m

Mejoramiento  Grava  Adoquín  Empedrado  Subbase  Base  Asfalto 

PROFUNDIDAD (m)	Perfil	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	NF	ENSAYOS DE LABORATORIO							Observaciones	
				LL	LP	IP	Granulometría			Cont. Hum. (%)		Clasificación SUCS
							% Grava	% Arena	% Finos (Pasa No. 200)			
0.00		Asfalto										
0.20		Subbase										
0.40												
0.60												
0.80												
1.00		Subrasante		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												

MÉTODO DE EXCAVACIÓN: **NF:**

Ing. Flavio Albarracín Llivisaca Msc.
ESPECIALISTA DE PAVIMENTOS

													
PROYECTO:		ESTUDIOS PARA EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO											
CONSULTOR:		ING. FLAVIO ALBARRACÍN LLINISACA											
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/m ³)		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

ING. FLAVIO ALBARRACÍN
TÉCNICO CONTROL DE CALIDAD
TITANIUM

Fuente: Laboratorio TataniumRoad

Anexo 6.

Elementos de Curva Circulares

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA													
Nº CURVA	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI-1	S21° 11' 09"E	36° 59' 02"	95	31.77	61.32	60.26	5.17	4.9	2+931.77	2+900.00	2+961.32	9687294.51	742286.68
PI-2	S50° 13' 19"E	95° 03' 23"	40	43.7	66.36	59.01	19.24	12.99	3+161.76	3+118.06	3+184.42	9687062.56	742297.59
PI-3	N64° 10' 51"E	36° 08' 16"	80	26.1	50.46	49.63	4.15	3.95	3+394.99	3+368.89	3+419.35	9687096.85	742549.53
PI-4	N38° 17' 45"E	15° 37' 57"	150	20.59	40.93	40.8	1.41	1.39	3+509.91	3+489.32	3+530.25	9687177.73	742633.61
PI-5	N0° 12' 08"E	60° 33' 16"	55	32.11	58.13	55.46	8.69	7.5	3+663.85	3+631.74	3+689.87	9687310.62	742711.83
PI-6	N24° 01' 46"E	108° 12' 32"	35	48.36	66.1	56.71	24.7	14.48	3+782.66	3+734.31	3+800.41	9687418.7	742649.24
PI-7	S78° 09' 48"E	47° 24' 19"	70	30.73	57.92	56.28	6.45	5.9	3+894.43	3+863.70	3+921.61	9687447.98	742788.57
PI-8	S50° 12' 46"E	8° 29' 46"	350	26	51.9	51.85	0.96	0.96	4+032.25	4+006.25	4+058.15	9687365.81	742903.6
PI-9	S56° 12' 28"E	20° 29' 11"	135	24.4	48.27	48.01	2.19	2.15	4+165.98	4+141.58	4+189.85	9687272.78	742999.81
PI-10	N70° 05' 50"E	86° 54' 12"	30	28.42	45.5	41.26	11.32	8.22	4+275.04	4+246.62	4+292.12	9687229	743100.27
PI-11	N74° 34' 31"E	95° 51' 34"	35	38.78	58.56	51.96	17.24	11.55	4+360.88	4+322.10	4+380.66	9687315.86	743143.95
PI-12	S62° 52' 22"E	10° 45' 20"	30	2.82	5.63	5.62	0.13	0.13	4+408.43	4+405.61	4+411.24	9687280.1	743199.98
PI-13	N80° 38' 40"E	62° 12' 37"	25	15.08	27.14	25.83	4.2	3.59	4+443.44	4+428.35	4+455.50	9687267.12	743232.5
PI-14	N46° 58' 14"E	5° 08' 14"	50	2.24	4.48	4.48	0.05	0.05	4+481.83	4+479.59	4+484.07	9686897.12	743264.02
PI-15	S83° 29' 05"E	104° 13' 35"	29	37.27	52.75	45.78	18.22	11.19	4+577.83	4+540.56	4+593.32	9687362.59	743331.94
PI-16	S29° 34' 26"E	3° 35' 41"	300	9.41	18.82	18.82	0.15	0.15	4+620.54	4+611.12	4+629.94	9687307.53	743364.76
PI-17	S7° 00' 18"W	69° 33' 47"	50	34.73	60.71	57.04	10.88	8.93	4+721.16	4+686.43	4+747.13	9687218.49	743411.65
PI-18	S23° 45' 00"W	36° 04' 24"	105	34.19	66.11	65.02	5.43	5.16	4+936.73	4+902.54	4+968.65	9687051.23	743262.17
PI-19	S4° 36' 10"W	2° 13' 16"	900	17.45	34.89	34.89	0.17	0.17	5+089.34	5+071.89	5+106.78	9686897.12	743264.75
PI-20	S36° 47' 02"E	80° 33' 08"	40	33.89	56.24	51.72	12.43	9.48	5+168.40	5+134.50	5+190.74	9686818.21	743241.94
PI-21	N83° 11' 47"E	39° 29' 12"	80	28.71	55.13	54.05	5	4.7	5+310.45	5+281.74	5+336.87	9686783.81	743391.64
PI-22	N66° 18' 38"E	5° 42' 54"	200	9.98	19.95	19.94	0.25	0.25	5+496.86	5+486.88	5+506.83	9686868.15	743560.45
PI-23	S68° 26' 01"E	84° 47' 47"	35	31.96	51.8	47.2	12.39	9.15	5+558.79	5+526.83	5+578.63	9686890.17	743618.34
PI-24	S6° 05' 02"W	64° 14' 21"	30	18.83	33.64	31.9	5.42	4.59	5+649.94	5+631.11	5+664.74	9686797.38	743663.67
PI-25	S37° 34' 11"W	1° 16' 04"	500	5.53	11.06	11.06	0.03	0.03	5+710.85	5+705.32	5+716.38	9686746.35	743623.51
PI-26	S37° 40' 06"W	1° 27' 54"	600	7.67	15.34	15.34	0.05	0.05	5+743.30	5+735.63	5+750.97	9686720.41	743604

Fuente: Autor

Anexo 7.

Elementos de Curvas Verticales

N	Pendiente de entrada	Pendiente de Salida	Abscisa PIV	Cota PIV	Distancia de visibilidad (S)	Tipo	Coefficiente K min	k	L. curva vertical (m)
1	2.02%	2.23%	9+0.80.34	2779.45	35	concava	5	23	96
2	-6.78%	-6.73%	9+355.00	2785.57	35	convexa	3	11.9	206
3	-3.98%	-0.69%	9+968.70	2744.27	35	convexa	3	48.54	175
4	-5.76%	-8.67%	10+558.78	2740.17	35	convexa	3	25.76	184
5	4.08%	-4.15%	11+012.29	2700.84	35	convexa	3	23	72
6	-5.71%	-8.37%	11+179.77	2693.89	35	convexa	3	21.76	97

Fuente: Autor

Anexo 8.

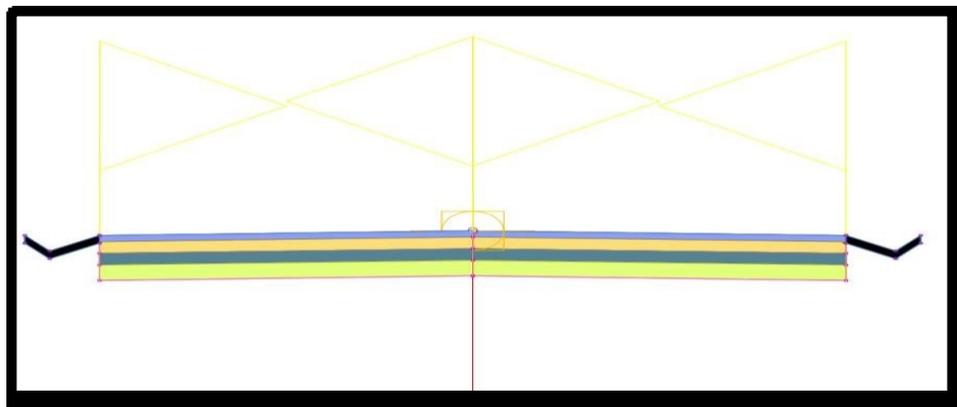
Diseño de Cunetas

ALCANTARILLAS	Cota inicial	Cota final	Longitud entre sumideros (m)	S	Za	Zb	d(m)	a(m)	l(m)	n	Área del canal (m ²)	Perímetro mojado (m)	Radio Hidráulico	Velocidad (m/s)	Caudal (m ³ /s)	
1	2	3052.645	3043.15	1010	0.09	2	1	0.2	0.4	0.6	0.013	0.06	0.7300563	0.0821854	4.3622227	0.2617334
2	3	3043.150	3037.706	99.6	0.0546596	2	1	0.2	0.4	0.6	0.013	0.06	0.7300563	0.0821854	3.3995072	0.2039704
3	4	3037.706	2999.03	691	0.06	2	1	0.2	0.4	0.6	0.013	0.06	0.7300563	0.0821854	3.5617399	0.2137044
4	5	2999.03	2991.5	127	0.0592913	2	1	0.2	0.4	0.6	0.013	0.06	0.7300563	0.0821854	3.5406435	0.2124398
5	6	2991.5	2990.16	109	0.0122936	2	1	0.2	0.4	0.6	0.013	0.06	0.7300563	0.0821854	1.6122253	0.0567335
6	7	2990.16	2997.61	215	0.0348512	2	1	0.2	0.4	0.6	0.013	0.06	0.7300563	0.0821854	2.7057334	0.162404
7	8	2997.61	2963.13	550	0.05	2	1	0.2	0.4	0.6	0.013	0.06	0.7300563	0.0821854	3.2514088	0.1950845
8	9	2963.13	2965.814	106	0.0253208	2	1	0.2	0.4	0.6	0.013	0.06	0.7300563	0.0821854	2.3137951	0.1388277
9	10	2965.814	2978.383	140	0.0530786	2	1	0.2	0.4	0.6	0.013	0.06	0.7300563	0.0821854	3.3500107	0.2010006

Área del carril (ha)	Área de la cuenca	Área de aporte ha	C Escorrentia	Intensidad	Vo (m/s)	a	te (s)	qmax (m ³ /s/m)	Qd1 (m ³ /s)	Qd2 (m ³ /s)	Qd	Verificación Caudal	Verificación velocidad
0.303	2.525	2.828	0.25	88	2.4444E-05	23.076923	20.563354	7.333E-05	0.0740667	0.1728222	0.2468889	Cumple	Cumple
0.02988	0.3486	0.37848	0.25	88	2.4444E-05	17.983989	23.88191	7.333E-05	0.007304	0.0231293	0.0304333	Cumple	Cumple
0.2073	2.4185	2.6258	0.25	88	2.4444E-05	18.842229	23.22316	7.333E-05	0.0506733	0.1604656	0.2111389	Cumple	Cumple
0.0381	0.4445	0.4826	0.25	88	2.4444E-05	18.730625	23.306085	7.333E-05	0.0093133	0.0294922	0.0388056	Cumple	Cumple
0.0327	0.3815	0.4142	0.25	88	2.4444E-05	8.5289545	37.364847	7.333E-05	0.0079933	0.0253122	0.0333056	Cumple	Cumple
0.0645	0.7525	0.817	0.25	88	2.4444E-05	14.319094	27.381129	7.333E-05	0.0157667	0.0499278	0.0656944	Cumple	Cumple
0.177	2.065	2.242	0.25	88	2.4444E-05	17.200523	24.528766	7.333E-05	0.0432667	0.1370111	0.1802778	Cumple	Cumple
0.0318	0.371	0.4028	0.25	88	2.4444E-05	12.240382	30.083177	7.333E-05	0.0077733	0.0246156	0.0323889	Cumple	Cumple
0.042	0.49	0.532	0.25	88	2.4444E-05	17.722144	24.093003	7.333E-05	0.0102667	0.0325111	0.0427778	Cumple	Cumple

Anexo 9.

Diseño de Cuneta para Ensamble



Fuente: Autor

Anexo 10.

Parámetros para las velocidades máximas admisibles para cunetas

Tabla 44.
Velocidades máximas admisibles en canales y cunetas revestidas

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: Elaboración propia basada en NEVI 2012

Anexo 11.

Fichas del estado de las alcantarillas

		"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°10
País		Provincia		Cantón	
Ecuador		Azuay		Paute	
ENTRADA					
			Coordenadas UTM		
			Norte:		9687447.806
			Este:		742763.637
			Cota invert:		3037.706
			Estructura		
			SI	NO	
Cabezal				x	
Caja			x		
Observaciones					
Con maleza					
SALIDA					
			Coordenadas UTM		
			Norte:		9687436.576
			Este:		742767.004
			Cota invert:		3037.316
			Estructura		
			SI	NO	
Cabezal			x		
Caja				x	
Observaciones					
Con maleza					
ALCANTARILLA					
Material		Longitud		Observaciones	
PVC		11.73			
Hormigón		Diámetro			
Armico		1200 mm			
Tubería destapada					

Fuente: Autor

Anexo 12.*Evaluación en ARGIS de Alcantarillas*

NUMERO	CODIGO	AREA (Ha)	PERIMETRO (km)	Longitud (m)	Cota mayor	Cota menor	S (m/m)
1	AI	2.5	0.642478	145.270	3040	3001.257	0.27
2	AI	14.277347	1.525445	380.026	3058.197	3000.000	0.15
3	AI	11.3316	0.15032	447.5	3080	2991.000	0.20
4	AI	7.97	0.135328	438.16	3085	2990.000	0.22
5	AI	0.3032	0.046636	63.71	3002	2960.000	0.66
6	AI	3.44	0.115041	305.33	3035	2959.000	0.25
7	AI	10.22	0.17469	525.8	3040	2955.000	0.16
8	AI	0.356228	0.40737	177.5555	2991.3964	2985.814	0.03

Fuente: Autor

Anexo 13.*Evaluación de Alcantarillas*

N° Alcat.	Tr (años)	Longitud media del cauce (km)	Pendiente (m/m)	Tiempo de concentración (h)	Intensidad (mm/h)	Coefficiente de mapa	Area (Ha)	Caudal (l/s)	Caudal (m3/s)
		L	S	Tc	I	C	A	Q	Q
1	25	0.14527	0.27	0.025	169.524	0.9	2.5	1060.371	1.0604
2	25	0.3800	0.15	0.065	143.006	0.9	14.277	5108.448	5.1084
3	25	0.4475	0.20	0.066	142.191	0.9	11.332	4031.351	4.0314
4	25	0.43816	0.22	0.063	143.786	0.9	7.97	2867.223	2.8672
5	25	0.06371	0.66	0.009	186.079	0.9	0.303	141.161	0.1412
6	25	0.30533	0.25	0.045	153.966	0.9	3.44	1325.165	1.3252
7	25	0.5258	0.16	0.081	135.461	0.9	10.22	3463.809	3.4638
8	25	0.1776	0.03	0.066	142.243	0.9	0.356	126.779	0.1268

Fuente: Autor

Nº ALCANTARILLA	cotas inicial msnm	cota final msnm	longitud m	pendiente	caudal de diseño m ³ /s	diámetro m	velocidad (m/s)
1	3043.150	3042.655	12.39	4.00%	1.06037085	0.5	3.84
2	3037.706	3037.316	11.73	3.32%	5.10844792	1.2	3.4
3	2999.03	2997.83	10.3	11.65%	4.03135102	1.2	4.37
4	2991.5	2990.94	13.62	4.11%	2.8672235	1.2	3.79
5	2990.16	2989.46	10.89	6.43%	0.14116071	0.8	3.61
6	2997.61	2997.38	10.3	2.23%	1.32516548	1.2	2.79
7	2983.13	2982.56	10.45	5.45%	3.46380894	1	3.86
8	2985.814	2985.64	11.112	1.57%	5.10844792	1	2.07

v min	vmax	coeficiente de rugosidad	K4	k4	Y/D	CONDICIÓN
0.6	5	0.013	0.004379059	0.004379059	0.28379411	CUMPLE
0.6	5	0.024	0.004134918	0.004134918	0.28379411	CUMPLE
0.6	5	0.024	0.00174317	0.00174317	0.20033484	CUMPLE
0.6	5	0.024	0.002086975	0.002086975	0.20033484	CUMPLE
0.6	5	0.024	0.00024228	0.00024228	0.10959936	CUMPLE
0.6	5	0.024	0.001308839	0.001308839	0.19002242	CUMPLE
0.6	5	0.024	0.003559475	0.003559475	0.20033484	CUMPLE
0.6	5	0.024	0.009797645	0.009797645	0.34816602	CUMPLE

Fuente: Autor

Anexo 14.

Fórmula Polinómica

FÓRMULA POLINÓMICA			
Término	Descripción	Costo Directo	Coefficiente
B	Cuadrilla Tipo	157,071.92	0.155
C	Combustibles (O)	40,381.12	0.040
D	Cemento Portland - Tipo I - Sacos	101.50	0.000
E	Equipo y maquinaria de Construc. vial	136,316.06	0.135
F	Acero en barras (Modif)	8,711.02	0.009
G	Betún petróleo (Asfalto) (O)	77,596.24	0.077
M	Madera aserrada, cepillada y/o escuadrada (preparada)	1,053.61	0.001
P	Materiales pétreos (Azúay)	233,880.44	0.231
Q	Pinturas al látex	92,088.63	0.091
R	Repuestos para maquinaria de construcción	68,158.03	0.067
X	Índice de Precios al Consumidor Urbano - Cuenca	195,970.98	0.194
Totales:		1,011,329.55	1.000
$PR = P0 (0.15500 B1/B0 + 0.04000 C1/C0 + 0.00000 D1/D0 + 0.13500 E1/E0 + 0.00900 F1/F0 + 0.07700 G1/G0 + 0.00100 M1/M0 + 0.23100 P1/P0 + 0.09100 Q1/Q0 + 0.06700 R1/R0 + 0.19400 X1/X0)$			

CUADRILLA TIPO						
Término	Descripción	Salario Ley	Salario Efectivo	Horas Hombre	Costo Directo	Coefficiente
401	Estructura Ocupacional E2	3.83	3.83	13,184.83	50,497.93	0.295
402	Estructura Ocupacional D2	3.87	3.87	5,674.83	21,961.59	0.127
403	Estructura Ocupacional C2	4.09	4.09	3,046.61	12,460.64	0.068
404	Topografía	4.29	4.29	2,353.73	10,097.52	0.053
405	Estructura Ocupacional C1 (Grupo I)	4.29	4.29	4,408.60	18,912.89	0.099
406	Estructura Ocupacional C2 (Grupo II)	4.09	4.09	952.29	3,894.89	0.159
407	Choferes Profesionales	5.15	5.62	3,671.40	20,633.24	0.082
408	Estructura Ocupacional C1	5.62	5.62	5,232.09	29,404.35	0.117
Totales:				38,524.38	167,863.06	1.000
$+ 0.295 \text{ SHR Estructura Ocupacional E2} + 0.127 \text{ SHR Estructura Ocupacional D2} + 0.068 \text{ SHR Estructura Ocupacional C2} + 0.053 \text{ SHR Topografía} + 0.099 \text{ SHR Estructura Ocupacional C1 (Grupo I)} + 0.159 \text{ SHR Estructura Ocupacional C2 (Grupo II)} + 0.082 \text{ SHR Choferes Profesionales} + 0.117 \text{ SHR Estructura Ocupacional C1}$						

Fuente: Autor

Anexo 16.

Planos

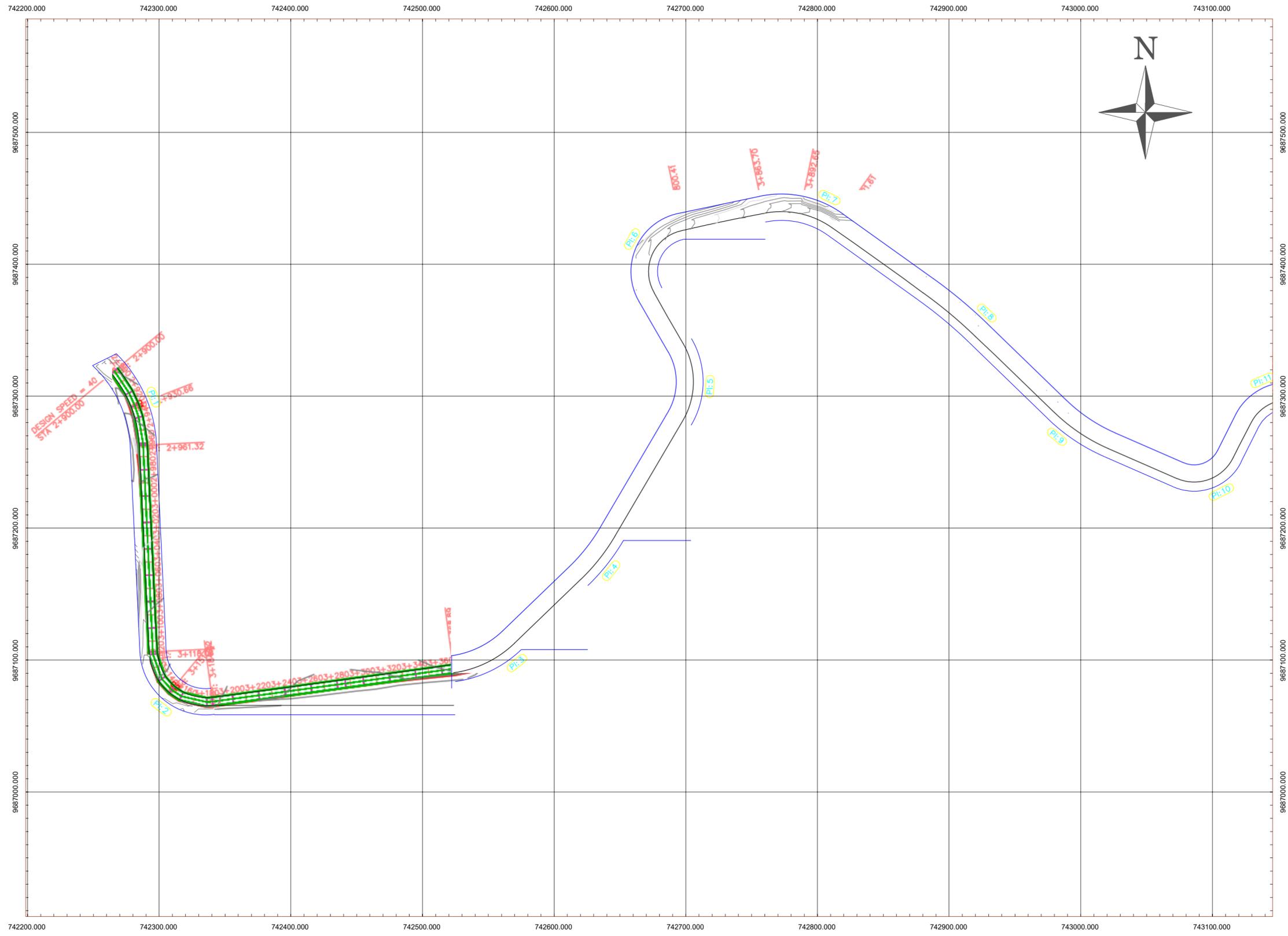
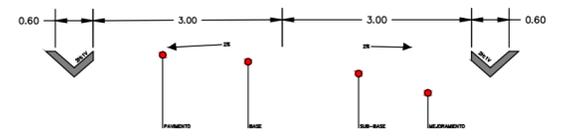
PLANO VISTA EN PLANTA
Escala 1:1500



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Sección Transversal Típica



Título del Proyecto:
Diseño Geométrico y estructural de Pavimento de la vía de San Cristóbal - Malima de la abscisa 2+900 hasta la abscisa 5+800 km, perteneciente al Cantón Paute provincia del Azuay

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

Contenido:
Trazado Horizontal y Vertical

Realizado por:
Diana Priscila Alvarracin Villa
Mariuxi Alexandra Quito Panza

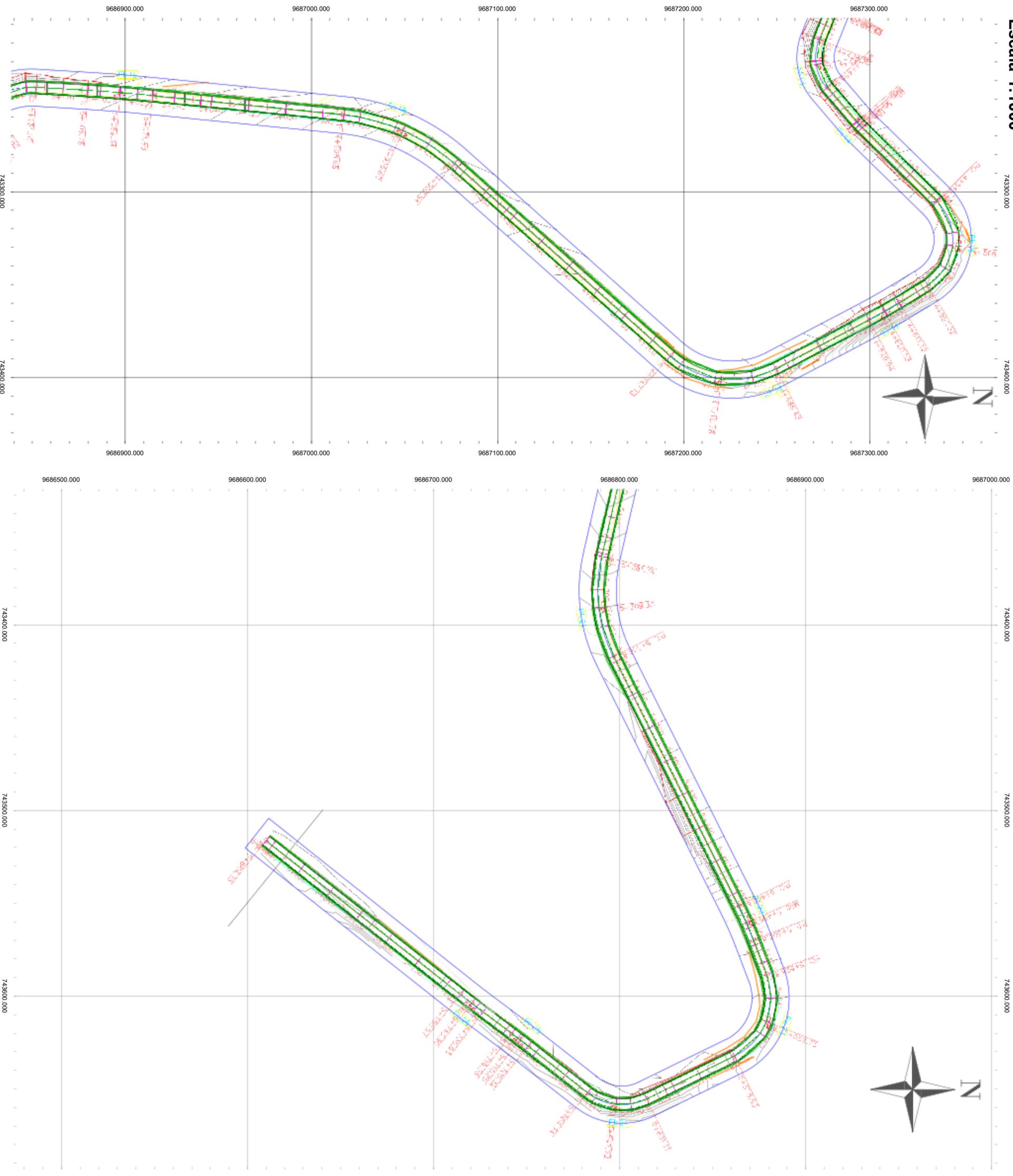
Fecha:
Enero -2024

TABLA DE CURVAS					
Nº CURVA	DIRECCIÓN	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI:1	S21° 11' 09"E	2+900.00	2+961.32	9687295	742287
PI:2	S50° 13' 19"E	3+118.06	3+184.42	9687063	742298
PI:3	N64° 10' 51"E	3+368.89	3+419.35	9687097	742550
PI:4	N38° 17' 45"E	3+489.32	3+530.25	9687178	742634
PI:5	N0° 12' 08"E	3+631.74	3+689.87	9687311	742712
PI:6	N24° 01' 46"E	3+734.31	3+800.41	9687419	742649
PI:7	S78° 09' 48"E	3+863.70	3+921.61	9687448	742789
PI:8	S50° 12' 46"E	4+006.25	4+058.15	9687366	742904
PI:9	S56° 12' 28"E	4+141.58	4+189.85	9687273	743000
PI:10	N70° 05' 50"E	4+246.62	4+292.12	9687229	743100
PI:11	N74° 34' 31"E	4+322.10	4+380.66	9687316	743144

PLANO VISTA EN PLANTA

Escala 1:1000

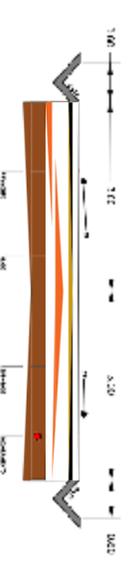
Escala 1:1000



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Sección Transversal Típica



Título del Proyecto:

Diseño Geométrico y estructural de Pavimento de la vía de San Cristóbal - Malima de la abscisa 2+900 hasta la abscisa 5+800 km, perteneciente al Cantón Paute provincia del Azuay

Localización:

Parroquia San Cristóbal, Cantón Paute, provincia del Azuay.

Contenido:

Trazado Horizontal y Vertical

Realizado por:

Diana Priscila Alvaracin Villa
Mariuxi Alexandra Quito Panza

Fecha:

Enero -2024

TABLA DE CURVAS

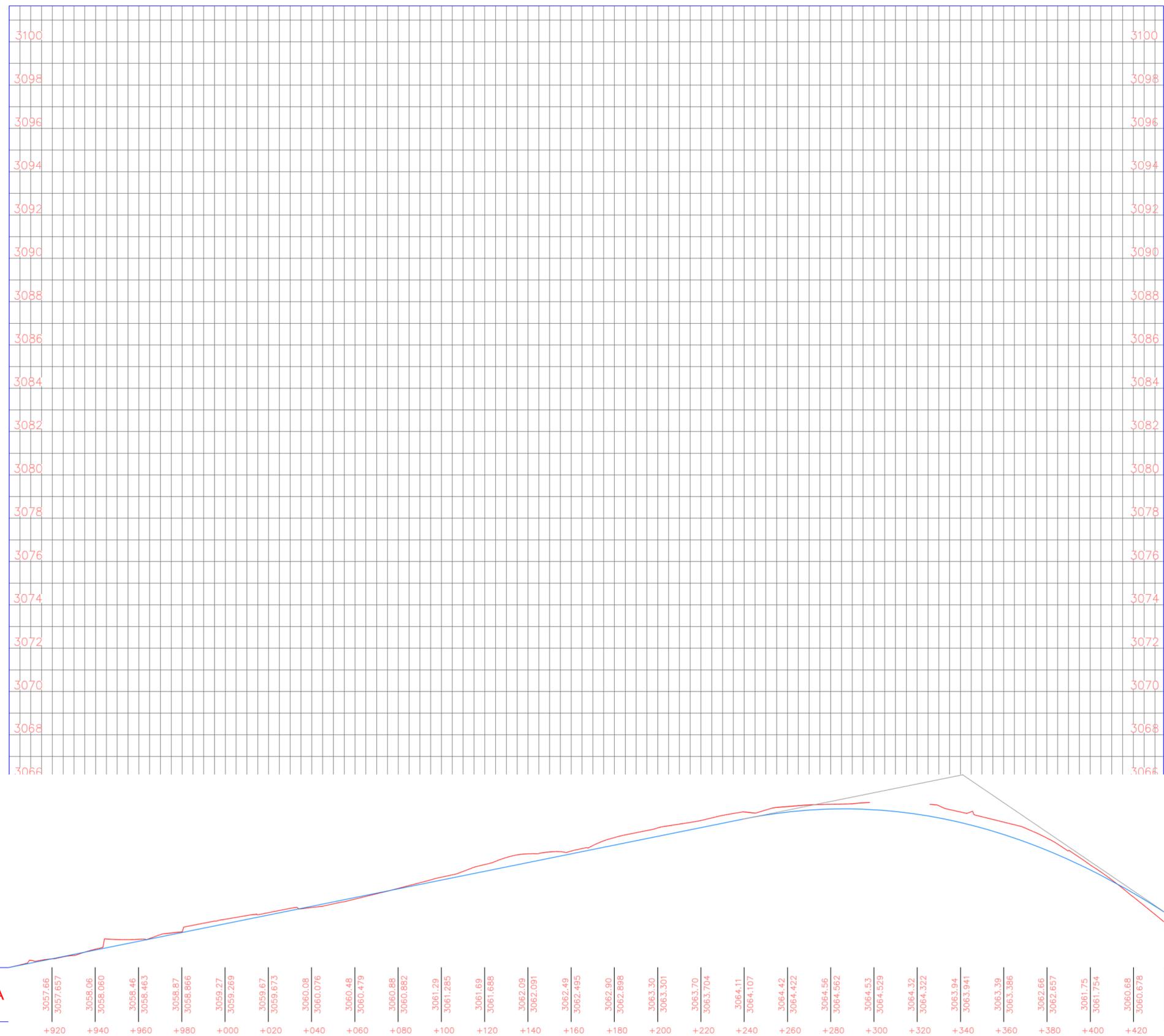
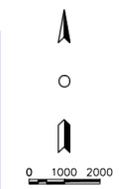
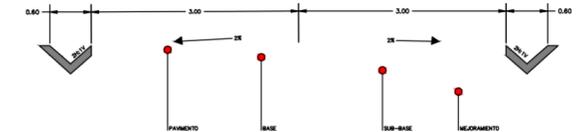
Nº CURVA	DIRECCIÓN	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI.1	RG 52° 20' E	-1-05.61	-111.21	9687250	743200
PI.2	NR 38° 40' E	4-478.35	4-455.00	9687267	743233
PI.3	N46° 58' 14" E	4-479.59	4-482.07	9687294	743266
PI.4	S83° 20' 05" E	4-549.56	4-593.32	9687363	743331
PI.5	S29° 34' 20" E	4-611.12	4-629.04	9687398	743365
PI.6	S7° 00' 18" E	4-686.23	4-712.23	9687218	743412
PI.7	S112° 45' 00" E	4-603.51	4-668.65	9687051	743287
PI.8	S45° 36' 10" E	5-071.89	5-106.78	9686997	743227
PI.9	S36° 47' 02" E	5-134.50	5-190.74	9686918	743262
PI.10	N83° 11' 47" E	5-281.74	5-336.87	9686784	743302
PI.11	N56° 18' 38" E	5-486.88	5-506.83	9686868	743360
PI.12	S66° 28' 01" E	5-576.83	5-578.63	9686890	743418
PI.13	S6° 05' 02" E	5-631.11	5-666.74	9686797	743366
PI.14	S37° 34' 11" E	5-705.32	5-716.38	9686740	743424
PI.15	S37° 46' 05" E	5-735.63	5-750.97	9686720	743460

PERFIL LONGITUDINAL 2+900 - 3+420



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Sección Transversal Típica



Título del Proyecto:
Diseño Geométrico y estructural de Pavimento de la vía de San Cristóbal - Malima de la abscisa 2+900 hasta la abscisa 5+800 km, perteneciente al Cantón Paute provincia del Azuay

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

Contenido:
Trazado Horizontal y Vertical

Realizado por:
Diana Priscila Alvarracin Villa
Mariuxi Alexandra Quito Panza

Fecha:
Enero -2024

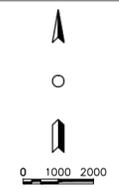
SIMBOLOGÍA	
Terreno Natural	_____
Eje de la Vía	_____
Ancho de la Calzada	_____

Escala 1:1000
Lámina: 3/16

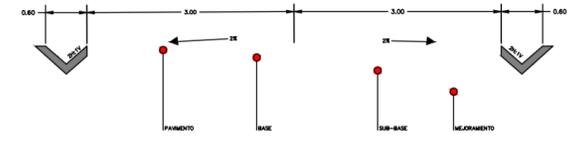
PERFIL LONGITUDINAL 3+440 - 3+950



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Sección Transversal Típica



Título del Proyecto:
Diseño Geométrico y estructural de Pavimento de la vía de San Cristóbal - Malima de la abscisa 2+900 hasta la abscisa 5+800 km, perteneciente al Cantón Paute provincia del Azuay

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

Contenido:
Trazado Horizontal y Vertical

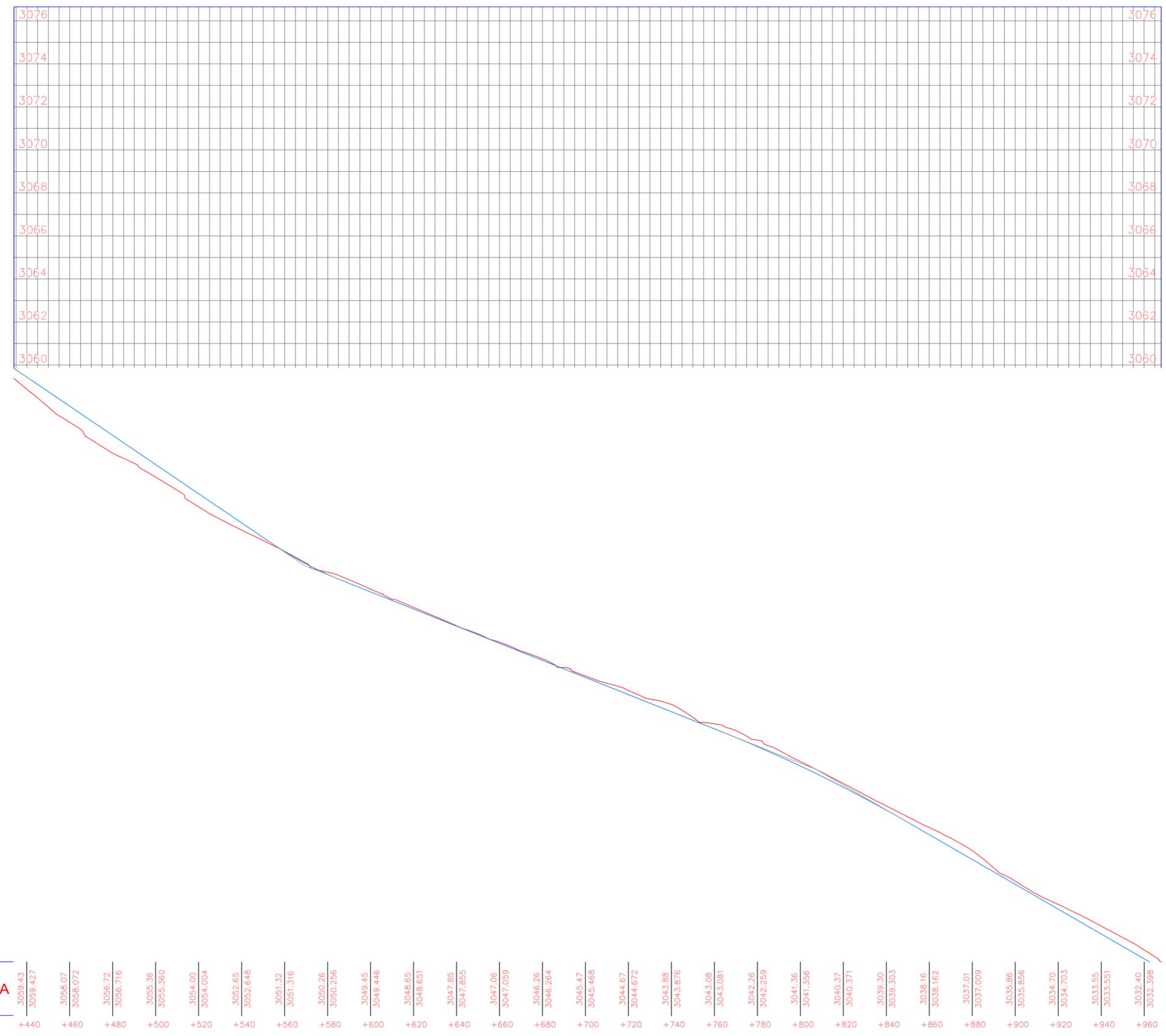
Realizado por:
Diana Priscila Alvarracin Villa
Mariuxi Alexandra Quito Panza

Fecha:
Enero -2024

SIMBOLOGÍA	
Terreno Natural	_____
Eje de la Vía	_____
Ancho de la Calzada	_____

Escala 1:1000

Lámina: 4/16



PROGRESIVA

3059.43	3059.427	3058.07	3058.072	3056.72	3056.716	3055.36	3055.360	3054.00	3054.004	3052.65	3052.648	3051.32	3051.316	3050.26	3050.256	3049.45	3049.446	3048.65	3048.651	3047.85	3047.855	3047.06	3047.059	3046.26	3046.264	3045.47	3045.468	3044.67	3044.672	3043.88	3043.876	3043.08	3043.081	3042.26	3042.259	3041.36	3041.356	3040.37	3040.371	3039.30	3039.303	3038.16	3038.162	3037.01	3037.009	3035.86	3035.856	3034.70	3034.703	3033.55	3033.551	3032.40	3032.398
+440	+460	+480	+500	+520	+540	+560	+580	+600	+620	+640	+660	+680	+700	+720	+740	+760	+780	+800	+820	+840	+860	+880	+900	+920	+940	+960																											

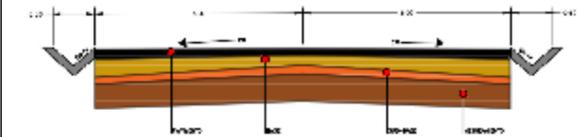
PERFIL LONGITUDINAL 3+980 - 4+500



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Sección Transversal Típica



Título del Proyecto:
Diseño Geométrico y estructural de Pavimento de la vía de San Cristóbal - Malima de la abscisa 2+900 hasta la abscisa 5+800 km, perteneciente al Cantón Paute provincia del Azuay

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

Contenido:
Trazado Horizontal y Vertical

Realizado por:
Diana Priscila Alvarracin Villa
Mariuxi Alexandra Quito Panza

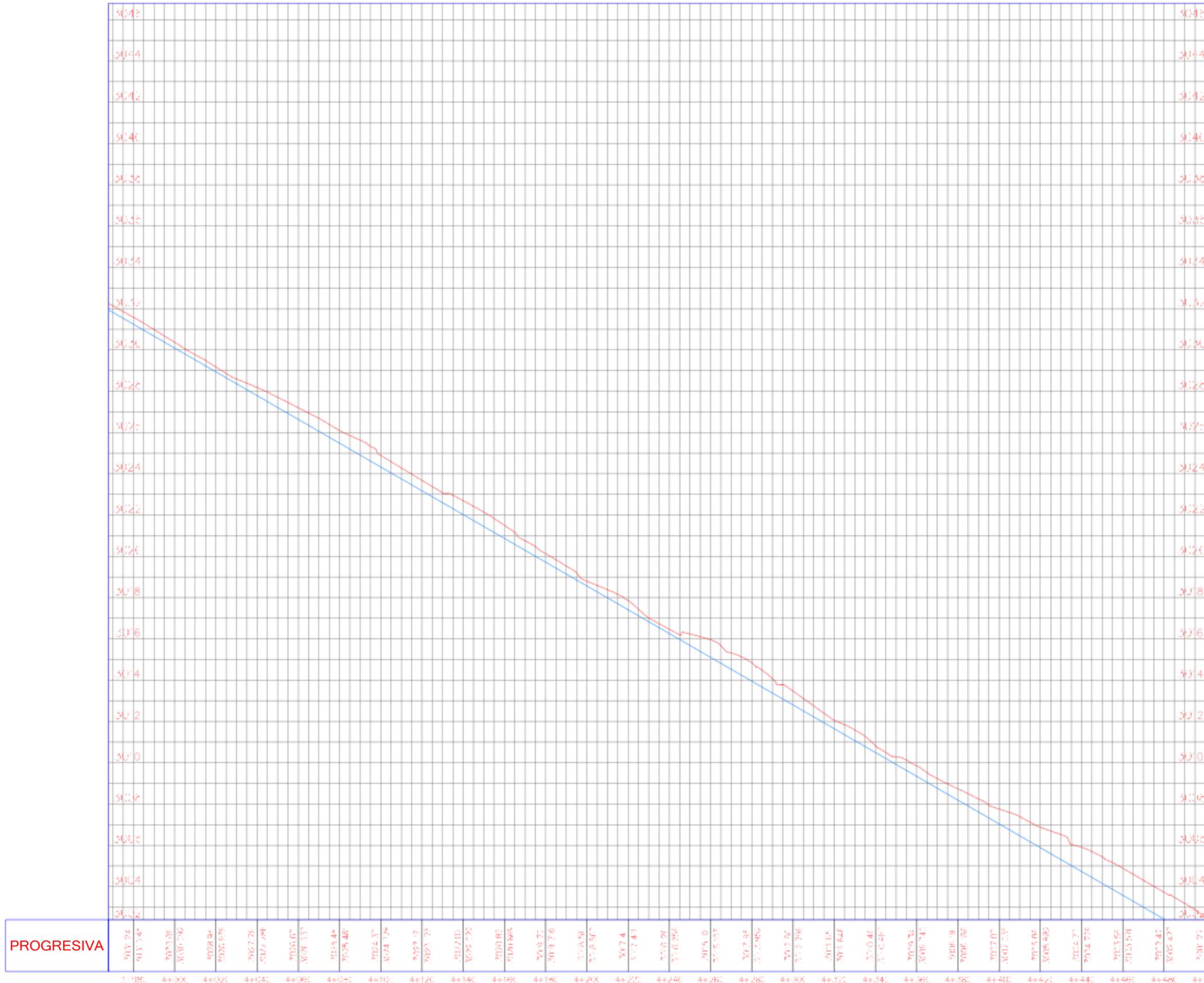
Fecha:
Enero -2024

SIMBOLOGÍA

Terreno Natural	_____
Eje de la Vía	_____
Ancho de la Calzada	_____

Escala 1:1000

Lámina: 5/16

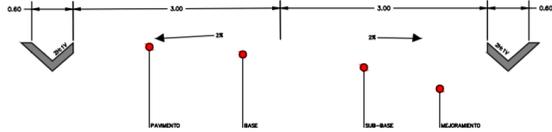


PERFIL LONGITUDINAL 4+520 - 5+020



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Sección Transversal Típica



Título del Proyecto:
Diseño Geométrico y estructural de Pavimento de la vía de San Cristóbal - Malima de la abscisa 2+900 hasta la abscisa 5+800 km, perteneciente al Cantón Paute provincia del Azuay

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

Contenido:
Trazado Horizontal y Vertical

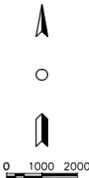
Realizado por:
Diana Priscila Alvarracin Villa
Mariuxi Alexandra Quito Panza

Fecha:
Enero -2024

SIMBOLOGÍA	
Terreno Natural	_____
Eje de la Vía	_____
Ancho de la Calzada	_____

Escala 1:1000

Lámina: 6/16



PROGRESIVA

2991.26
2991.259
+700

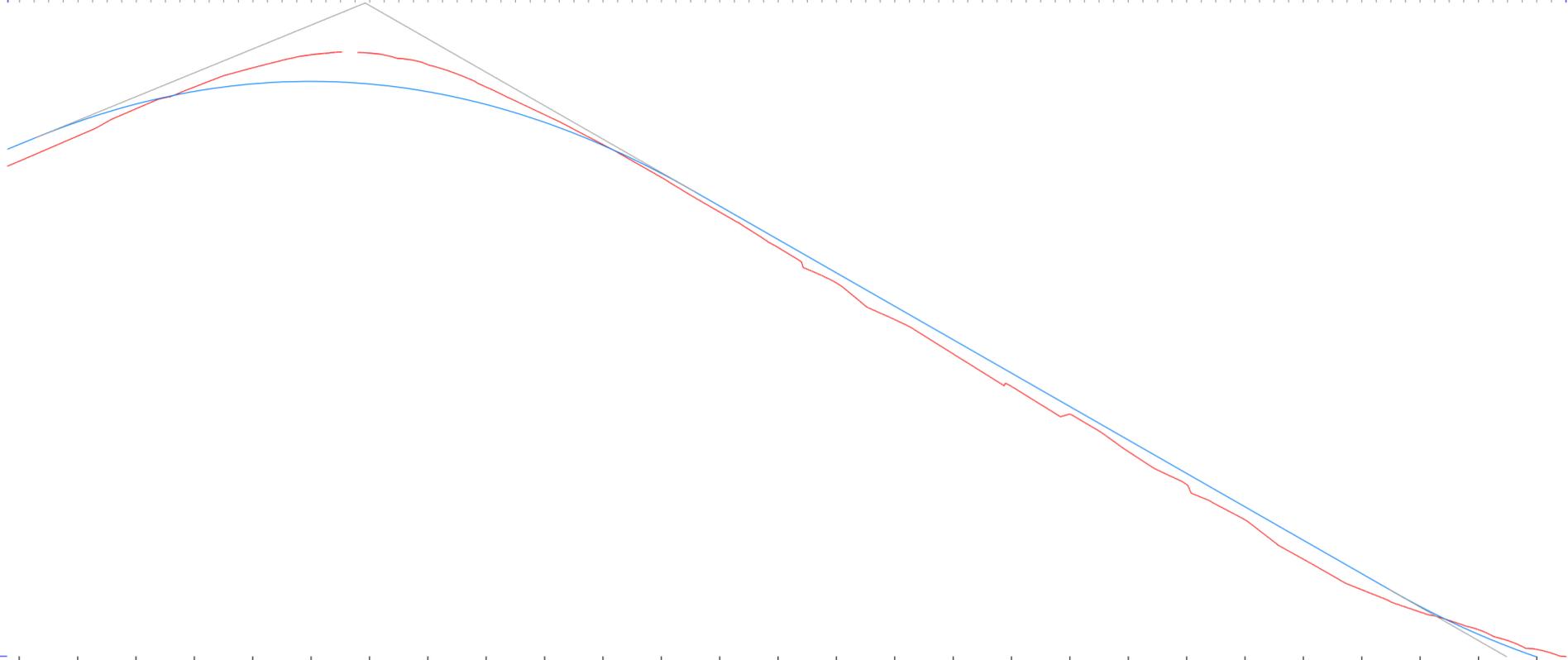
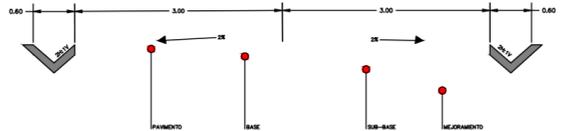
2990.87
2990.869
+800

PERFIL LONGITUDINAL 5+040 - 5+560



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Sección Transversal Típica



PROGRESIVA

2999.84	3000.61	3001.22	3001.65	3001.91	3001.99	3001.90	3001.64	3001.20	3000.59	2999.81	2998.85	2997.73	2996.59	2995.45	2994.30	2993.16	2992.02	2990.88	2989.73	2988.59	2987.45	2986.30	2985.16	2984.04	2983.09	2982.31
2999.838	3000.611	3001.217	3001.650	3001.909	3001.993	3001.904	3001.641	3001.204	3000.593	2999.808	2998.849	2997.733	2996.590	2995.447	2994.304	2993.161	2992.018	2990.875	2989.732	2988.589	2987.446	2986.303	2985.160	2984.042	2983.086	2982.314
5+040	+060	+080	+100	+120	+140	5+160	5+180	5+200	5+220	5+240	5+260	5+280	5+300	5+320	5+340	5+360	5+380	5+400	5+420	5+440	5+460	5+480	5+500	5+520	5+540	5+560

Título del Proyecto:
Diseño Geométrico y estructural de Pavimento de la vía de San Cristóbal - Malima de la abscisa 2+900 hasta la abscisa 5+800 km, perteneciente al Cantón Paute provincia del Azuay

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

Contenido:
Trazado Horizontal y Vertical

Realizado por:
Diana Priscila Alvarracin Villa
Mariuxi Alexandra Quito Panza

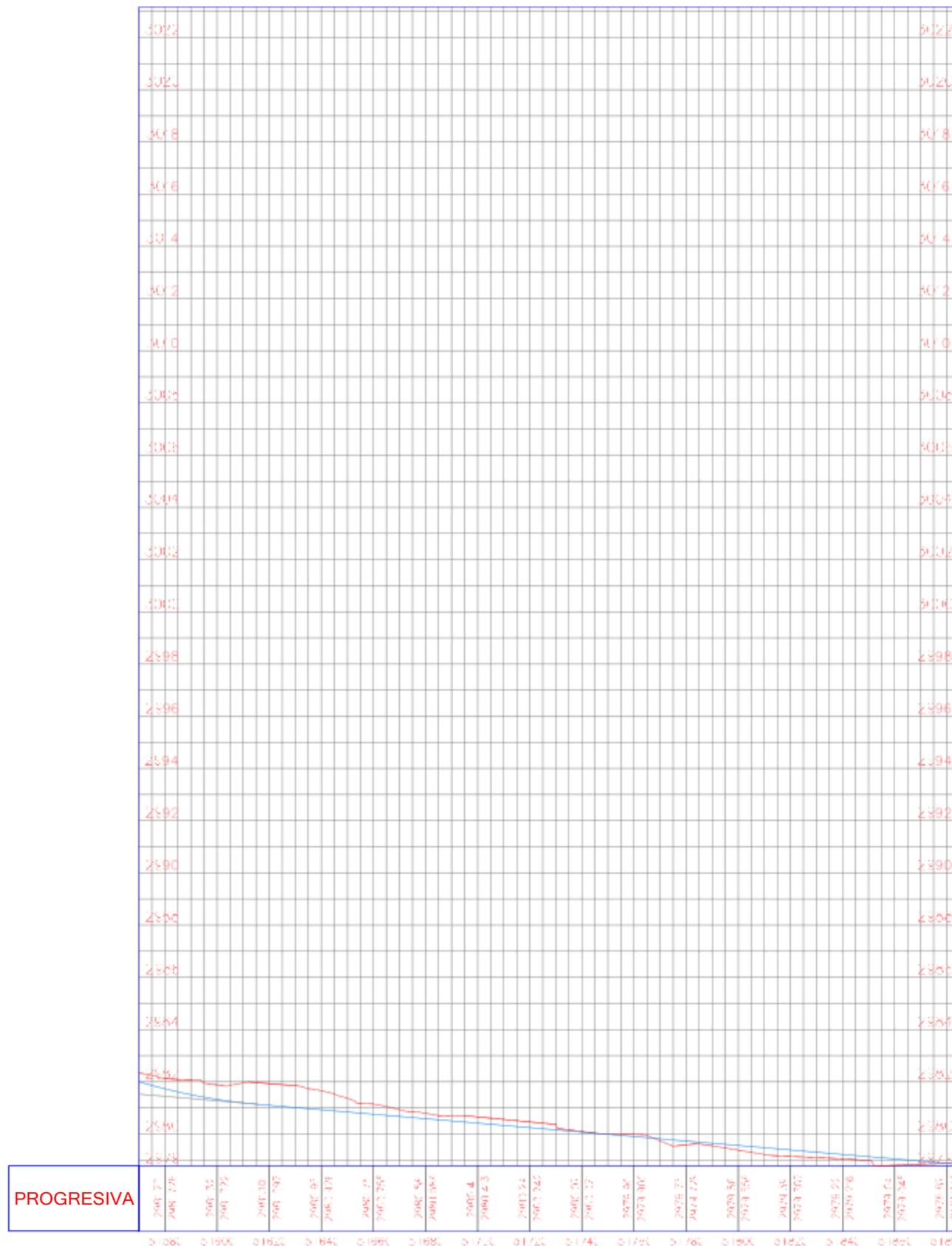
Fecha:
Enero -2024

SIMBOLOGÍA	
Terreno Natural	_____
Eje de la Vía	_____
Ancho de la Calzada	_____

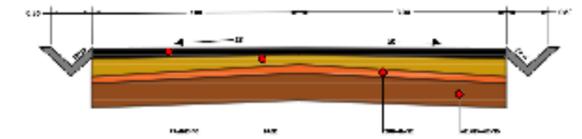
Escala 1:1000

Lámina: 7/16

PERFIL LONGITUDINAL 5+580 - 5+800



Sección Transversal Típica



Título del Proyecto:

Diseño Geométrico y estructural de Pavimento de la vía de San Cristóbal - Malima de la abscisa 2+900 hasta la abscisa 5+800 km, perteneciente al Cantón Paute provincia del Azuay

Localización:

Parroquia San Cristóbal, Cantón Paute, provincia del Azuay.

Contenido:

Trazado Horizontal y Vertical

Realizado por:

Diana Priscila Alvarracin Villa
Mariuxi Alexandra Quito Panza

Fecha:

Enero -2024

SIMBOLOGÍA

Terreno Natural	_____
Eje de la Vía	_____
Ancho de la Calzada	_____

Escala 1:1000

Lámina: 8/16

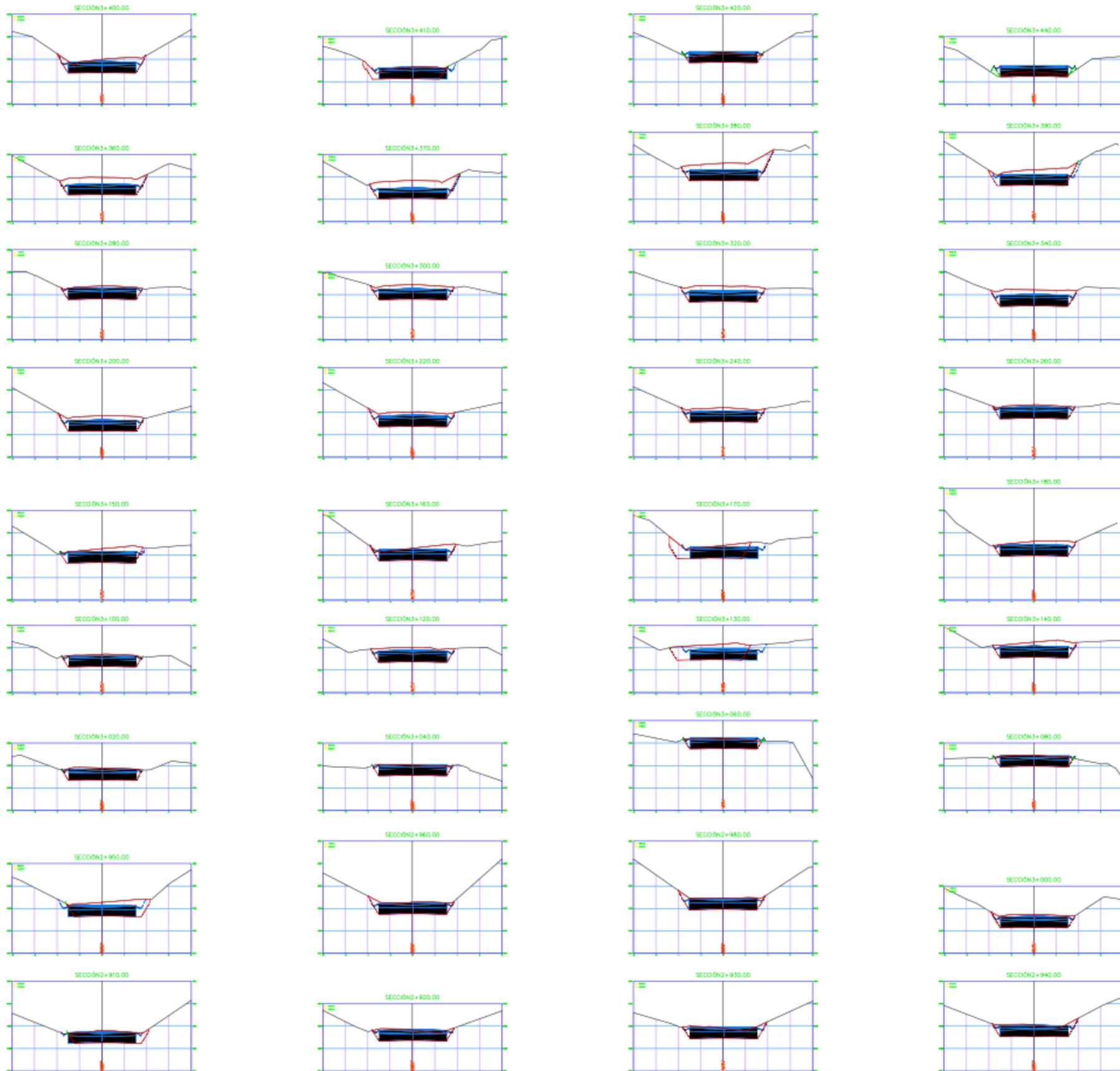
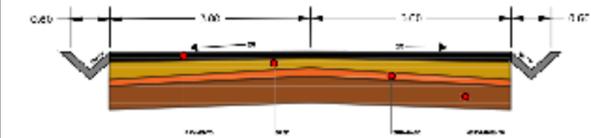
PLANO DE CORTE Y RELLENO
Escala 1:200



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Sección Transversal Típica



Título del Proyecto:
Diseño Geométrico y estructural de Pavimento de la vía de San Cristóbal - Malima de la abscisa 2+900 hasta la abscisa 5+800 km, perteneciente al Cantón Paute provincia del Azuay

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

Contenido:
Trazado Horizontal y Vertical

Realizado por:
Diana Priscila Alvarracin Villa
Mariuxi Alexandra Quito Panza

Fecha:
Enero -2024

TABLA DE VOLÚMENES

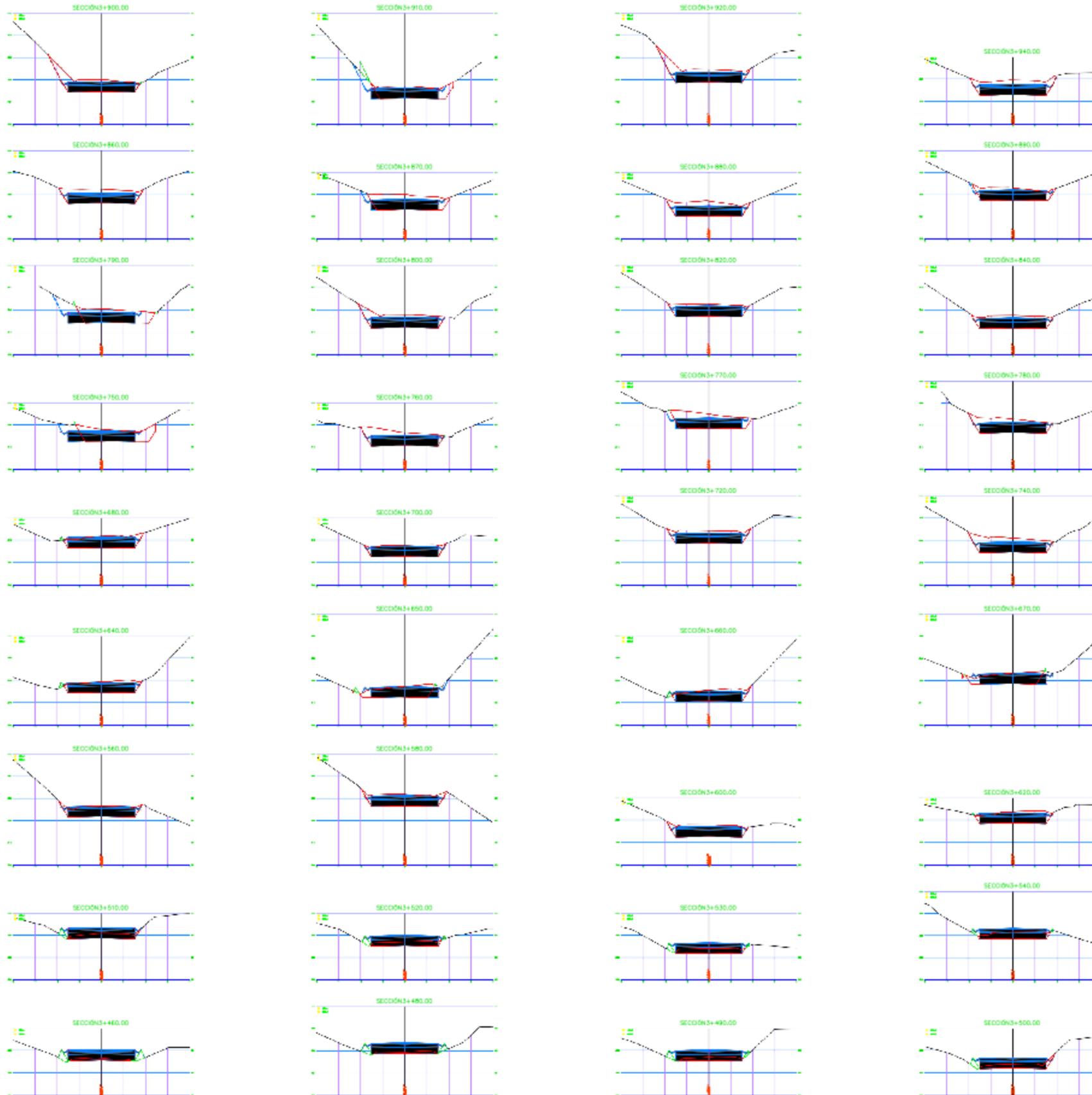
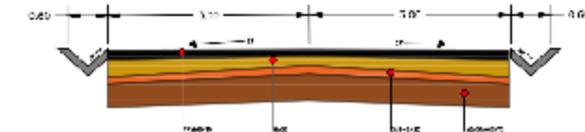
ABSCISA	ÁREA RELLENO	ÁREA EXHUM.	VOLUMEN DE RELLENO (M ³)	VOLUMEN EXHUMACIÓN (M ³)
2+900,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2+925,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2+950,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2+975,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+000,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+025,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+050,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+075,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+125,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+150,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+175,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+200,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+225,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+250,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+275,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+300,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+325,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+350,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+375,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+400,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+425,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+450,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+475,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+500,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+525,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+550,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+575,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+600,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+625,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+650,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+675,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+700,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+725,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+750,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+775,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3+800,00	0,00	0,00	0,00	0,00

PLANO DE CORTE Y RELLENO
Escala 1:250

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Sección Transversal Típica



Título del Proyecto:
Diseño Geométrico y estructural de Pavimento de la vía de San Cristóbal - Malima de la abscisa 2+900 hasta la abscisa 5+800 km, perteneciente al Cantón Paute provincia del Azuay

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

Contenido:
Trazado Horizontal y Vertical

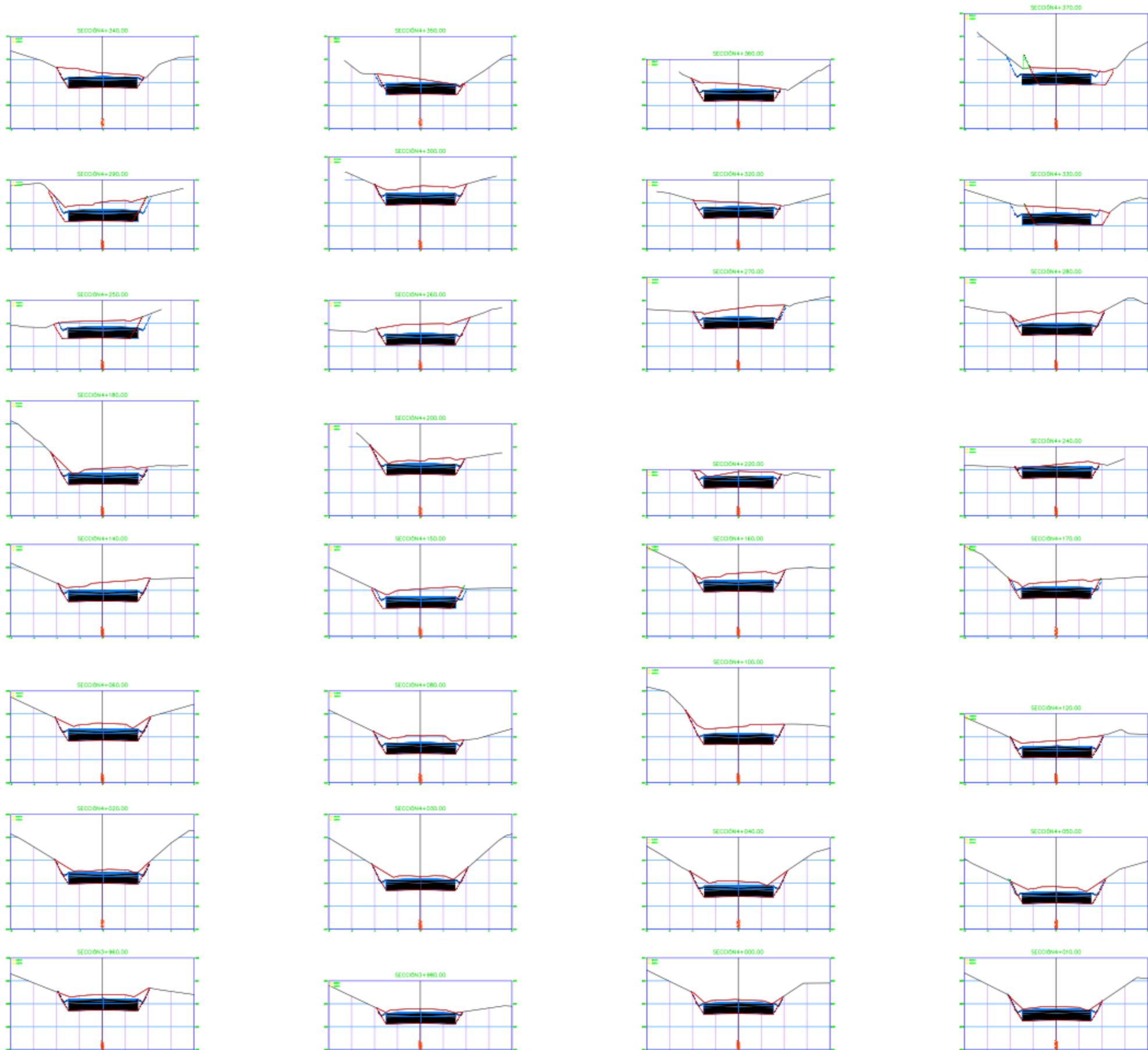
Realizado por:
Diana Priscila Alvarracin Villa
Mariuxi Alexandra Quito Panza

Fecha:
Enero -2024

ABSCISA	TABLA DE VOLÚMENES			
	ÁREA RELLENO	ÁREA CORTE	VOLUMEN ACUMULATIVO RELLENO	VOLUMEN ACUMULATIVO CORTE
2+900.00	0.26	0.00	0.26	0.00
2+920.00	0.27	0.00	0.53	0.00
2+940.00	0.28	0.00	0.81	0.00
2+960.00	0.29	0.00	1.10	0.00
2+980.00	0.30	0.00	1.40	0.00
3+000.00	0.31	0.00	1.71	0.00
3+020.00	0.32	0.00	2.03	0.00
3+040.00	0.33	0.00	2.36	0.00
3+060.00	0.34	0.00	2.70	0.00
3+080.00	0.35	0.00	3.05	0.00
3+100.00	0.36	0.00	3.41	0.00
3+120.00	0.37	0.00	3.78	0.00
3+140.00	0.38	0.00	4.16	0.00
3+160.00	0.39	0.00	4.55	0.00
3+180.00	0.40	0.00	4.95	0.00
3+200.00	0.41	0.00	5.36	0.00
3+220.00	0.42	0.00	5.78	0.00
3+240.00	0.43	0.00	6.21	0.00
3+260.00	0.44	0.00	6.65	0.00
3+280.00	0.45	0.00	7.10	0.00
3+300.00	0.46	0.00	7.56	0.00
3+320.00	0.47	0.00	8.03	0.00
3+340.00	0.48	0.00	8.51	0.00
3+360.00	0.49	0.00	9.00	0.00
3+380.00	0.50	0.00	9.50	0.00
3+400.00	0.51	0.00	10.01	0.00
3+420.00	0.52	0.00	10.53	0.00
3+440.00	0.53	0.00	11.06	0.00
3+460.00	0.54	0.00	11.60	0.00
3+480.00	0.55	0.00	12.15	0.00
3+500.00	0.56	0.00	12.71	0.00
3+520.00	0.57	0.00	13.28	0.00
3+540.00	0.58	0.00	13.86	0.00
3+560.00	0.59	0.00	14.45	0.00
3+580.00	0.60	0.00	15.05	0.00
3+600.00	0.61	0.00	15.66	0.00
3+620.00	0.62	0.00	16.28	0.00
3+640.00	0.63	0.00	16.91	0.00
3+660.00	0.64	0.00	17.55	0.00
3+680.00	0.65	0.00	18.20	0.00
3+700.00	0.66	0.00	18.86	0.00
3+720.00	0.67	0.00	19.53	0.00
3+740.00	0.68	0.00	20.21	0.00
3+760.00	0.69	0.00	20.90	0.00
3+780.00	0.70	0.00	21.60	0.00
3+800.00	0.71	0.00	22.31	0.00

PLANO DE CORTE Y RELLENO

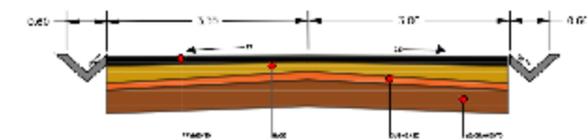
Escala 1:190



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Sección Transversal Típica



Título del Proyecto:

Diseño Geométrico y estructural de Pavimento de la vía de San Cristóbal - Malima de la abscisa 2+900 hasta la abscisa 5+800 km, perteneciente al Cantón Paute provincia del Azuay

Localización:

Parroquia San Cristóbal, Cantón Paute, provincia del Azuay.

Contenido:

Trazado Horizontal y Vertical

Realizado por:

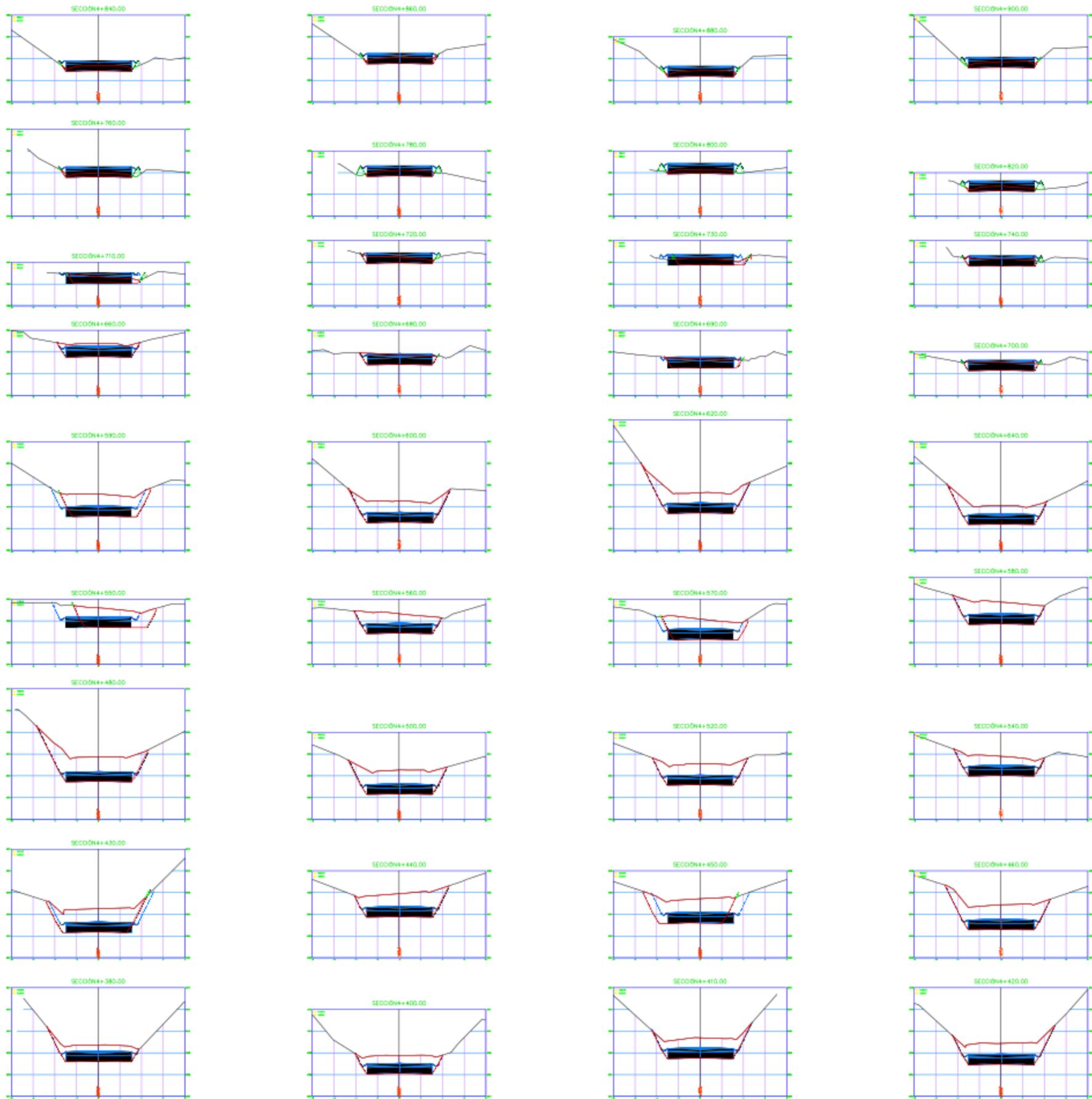
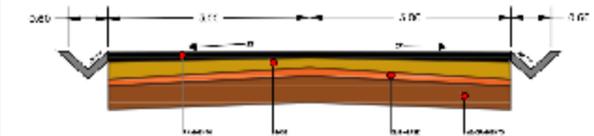
Diana Priscila Alvarracin Villa
Mariuxi Alexandra Quito Panza

Fecha:

Enero -2024

TABLA DE VOLÚMEN				
ABSCISA	ÁREA RELLENO	ÁREA CORTE	VOLUMEN ACUMULATIVO RELLENO	VOLUMEN ACUMULATIVO CORTE
2+900.00	0.00	0.52	0.00	0.52
4+900.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+200.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+300.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+400.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+500.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+600.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+700.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+800.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+900.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+200.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+300.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+400.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+500.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+600.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+700.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+800.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+900.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+200.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+300.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+400.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+500.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+600.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+700.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+800.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+900.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+200.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+300.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+400.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+500.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+600.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+700.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+800.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+900.00	0.00	0.00	0.00	0.00

PLANO DE CORTE Y RELLENO
Escala 1:190



Título del Proyecto:
Diseño Geométrico y estructural de Pavimento de la vía de San Cristóbal - Malima de la abscisa 2+900 hasta la abscisa 5+800 km, perteneciente al Cantón Paute provincia del Azuay

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

Contenido:
Trazado Horizontal y Vertical
Realizado por:
Diana Priscila Alvarracin Villa
Mariuxi Alexandra Quito Panza

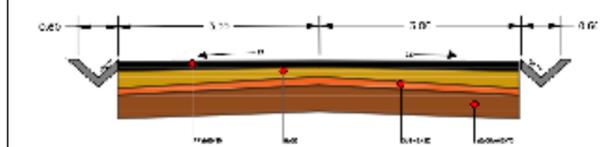
Fecha:
Enero -2024

TABLA DE VOLUMENES

ABSCISA	AREA DE LA PAVIMENTACION	AREA CURVA ACUMULADO	VOLUMEN RELLENO	VOLUMEN ACUMULADO CORTE
2+900.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3+000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3+100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3+200.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3+300.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3+400.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3+500.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3+600.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3+700.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3+800.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3+900.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+200.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+300.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+400.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+500.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+600.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+700.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+800.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+900.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5+000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5+100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5+200.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5+300.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5+400.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5+500.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5+600.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5+700.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5+800.00	0.00	0.00	0.00	0.00

PLANO DE CORTE Y RELLENO
Escala 1:200

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
Sección Transversal Típica



Título del Proyecto:
Diseño Geométrico y estructural de Pavimento de la vía de San Cristóbal - Malima de la abscisa 2+900 hasta la abscisa 5+800 km, perteneciente al Cantón Paute provincia del Azuay

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

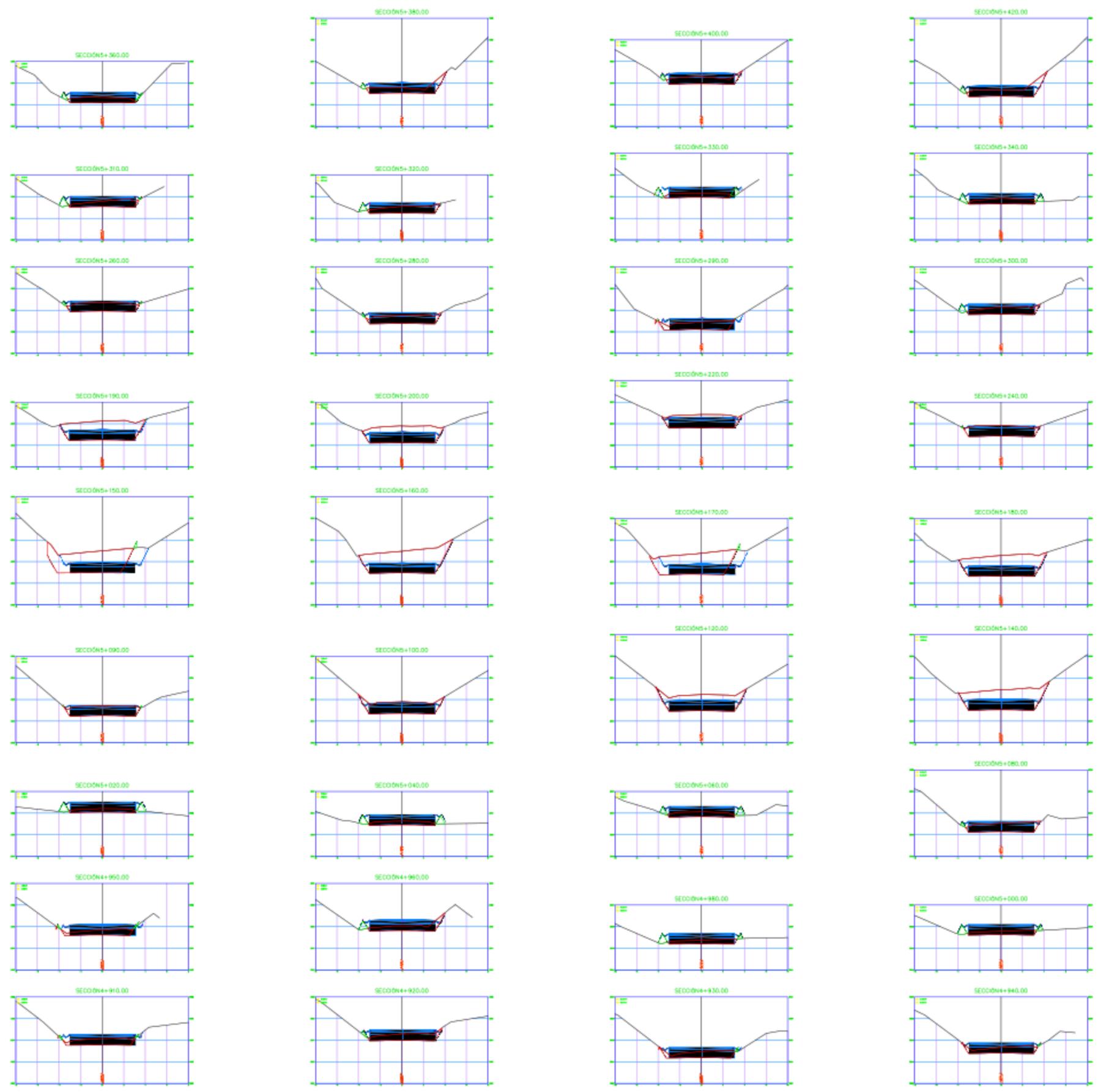
Contenido:
Trazado Horizontal y Vertical

Realizado por:
Diana Priscila Alvarracin Villa
Mariuxi Alexandra Quito Panza

Fecha:
Enero -2024

TABLA DE VOLUMEN

ABSCISA	ÁREA RELLENO	ÁREA CORTE	VOLUMEN ACUMULATIVO RELLENO	VOLUMEN ACUMULATIVO CORTE
2+50.00	0.02	2.66	127.26	127.26
2+54.00	0.77	1.99	131.47	129.27
2+58.00	0.22	2.06	132.29	131.49
2+62.00	0.54	2.18	135.7	133.67
2+66.00	0.72	1.84	140.28	135.51
2+70.00	0.64	2.19	145.76	137.7
2+74.00	0.2	2.25	152.25	140.1
2+78.00	0.18	2.18	159.99	142.72
2+82.00	0.0	2.89	165.11	145.61
2+86.00	0.0	2.28	167.39	147.89
2+90.00	0.0	1.41	168.8	150.3
2+94.00	0.0	1.11	167.34	151.41
2+98.00	0.0	1.22	166.12	152.63
2+102.00	0.07	1.28	167.59	153.91
2+106.00	0.0	1.31	166.28	155.22
2+110.00	0.0	1.36	165.25	156.58
2+114.00	0.0	1.22	164.23	158.0
2+118.00	0.0	1.27	163.25	159.47
2+122.00	0.0	0.8	163.46	160.27
2+126.00	0.0	1.6	161.86	161.87
2+130.00	0.0	0.7	161.39	162.57
2+134.00	0.74	2.12	161.47	164.69
2+138.00	0.72	2.12	161.4	166.81
2+142.00	0.5	2.1	161.4	168.91
2+146.00	0.4	2.1	161.4	171.01
2+150.00	0.24	2.03	161.4	173.04
2+154.00	0.17	2.1	161.4	175.14
2+158.00	0.13	2.0	161.4	177.14



PLANO DE CORTE Y RELLENO

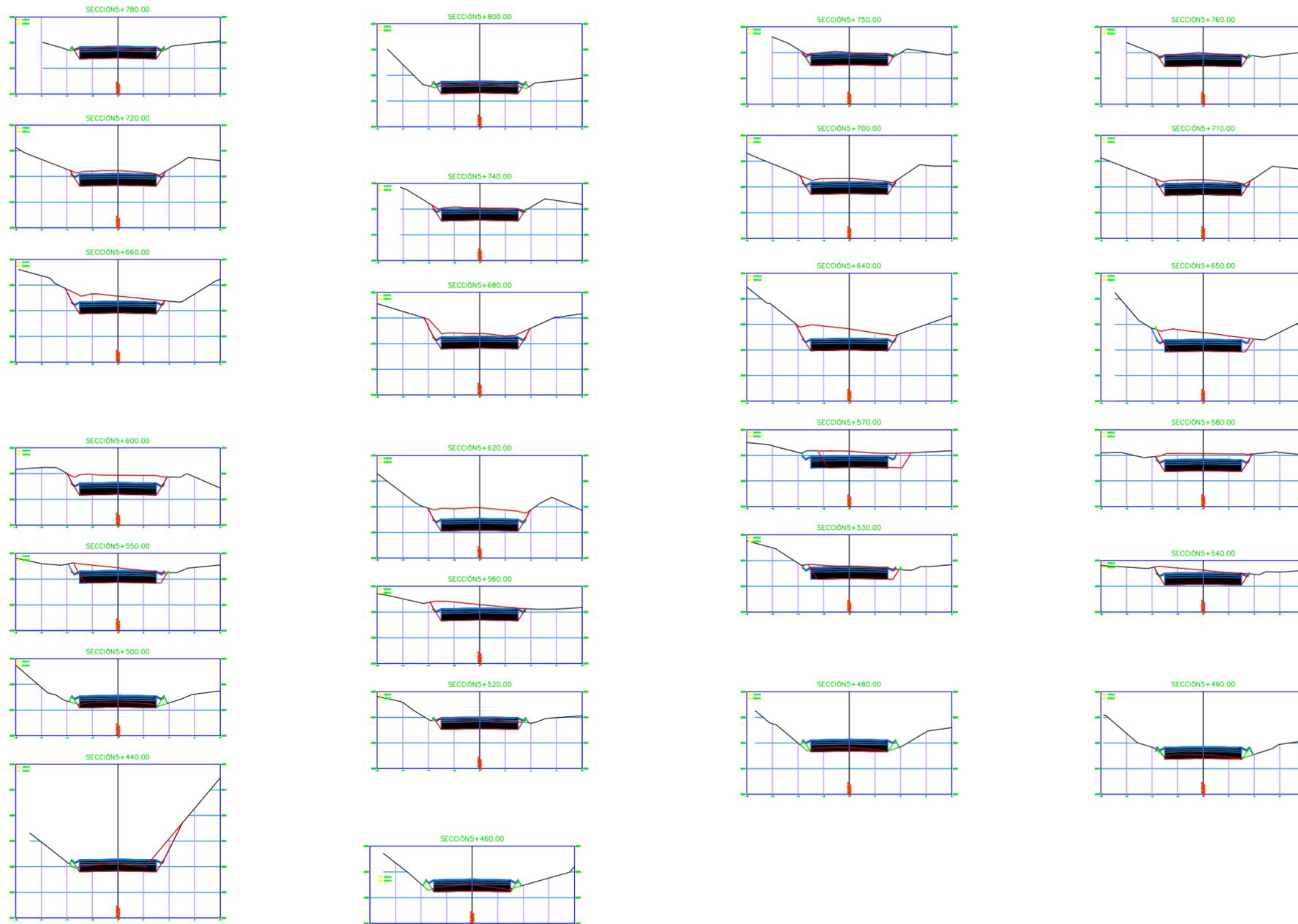
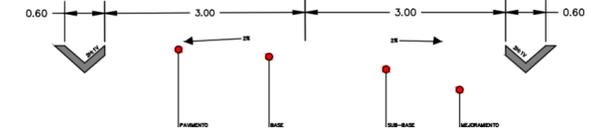
Escala 1:250



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Sección Transversal Típica



Título del Proyecto:
Diseño Geométrico y estructural de Pavimento de la vía de San Cristóbal - Malima de la abscisa 2+900 hasta la abscisa 5+800 km, perteneciente al Cantón Paute provincia del Azuay

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

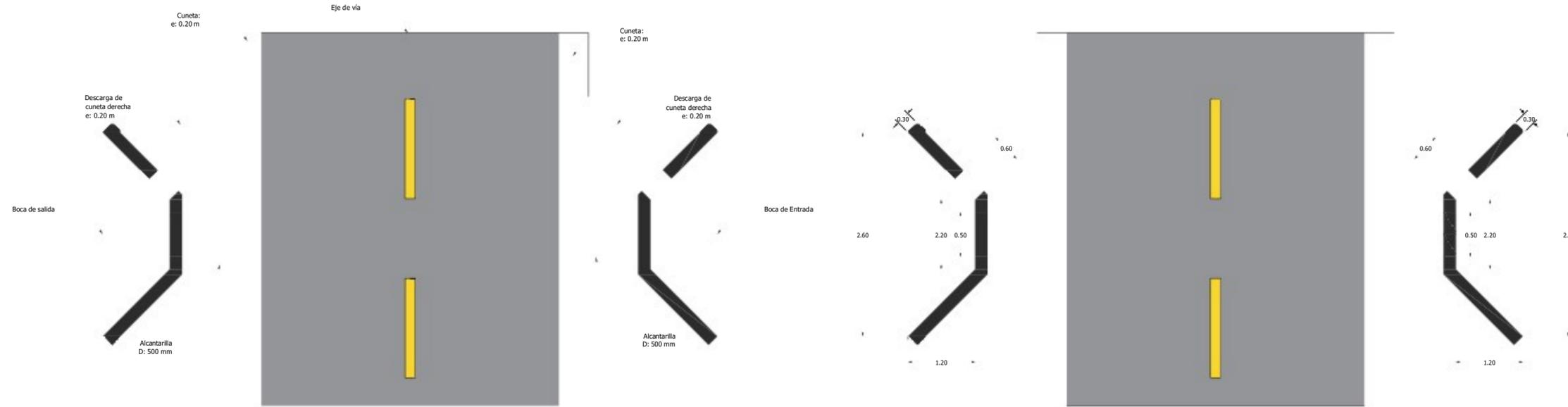
Contenido:
Trazado Horizontal y Vertical

Realizado por:
Diana Priscila Alvarracin Villa
Mariuxi Alexandra Quito Panza

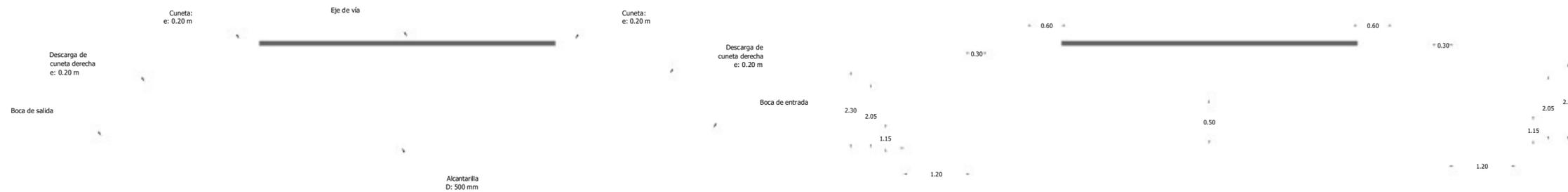
Fecha:
Enero -2024

TABLA DE VOLUMEN				
ABSCISA	ÁREA RELLENO	ÁREA CORTE	VOLUMEN ACUMULATIVO RELLENO	VOLUMEN ACUMULATIVO CORTE
5+500.00	0.44	2.17	262.59	19395.61
5+520.00	0.11	4.56	268.11	19462.94
5+530.00	0.02	6.19	268.77	19516.63
5+540.00	0.00	7.60	268.88	19585.78
5+550.00	0.01	7.46	268.93	19661.58
5+560.00	0.00	8.30	268.97	19740.92
5+570.00	0.00	7.84	268.97	19820.85
5+580.00	0.00	9.24	268.97	19905.17
5+600.00	0.00	10.51	268.97	20102.63
5+620.00	0.00	11.80	268.97	20325.68
5+640.00	0.00	11.53	268.97	20559.83
5+650.00	0.02	9.67	269.06	20666.67
5+660.00	0.00	9.13	269.15	20761.29
5+680.00	0.00	8.39	269.15	20936.93
5+700.00	0.00	7.64	269.15	21097.18
5+710.00	0.00	7.44	269.15	21172.58
5+720.00	0.00	7.28	269.15	21246.18
5+740.00	0.01	6.46	269.20	21383.59
5+750.00	0.01	6.24	269.30	21447.09
5+760.00	0.02	6.09	269.49	21508.71
5+780.00	0.10	4.95	270.71	21619.05
5+800.00	0.23	4.30	274.00	21711.5

VISTA EN PLANTA
Esc. 1:50



VISTA EN PERFIL
Esc. 1:50



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Título del Proyecto:
Diseño Geométrico y estructural de Pavimento de la vía San Cristobal - Malima de la abscisa 2+900 hasta la abscisa 5+800 km, perteneciente al Cantón Paute provincia del Azuay

Localización:
Parroquia de San Cristóbal , Cantón Paute, provincia del Azuay

Contenido:
Estructura Cabezal de la Entrada y Salida

Realizado por:
Diana Priscila Alvarracin Villa
Mariuxi Alexandra Quito Panza

Fecha:
Enero - 2024

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

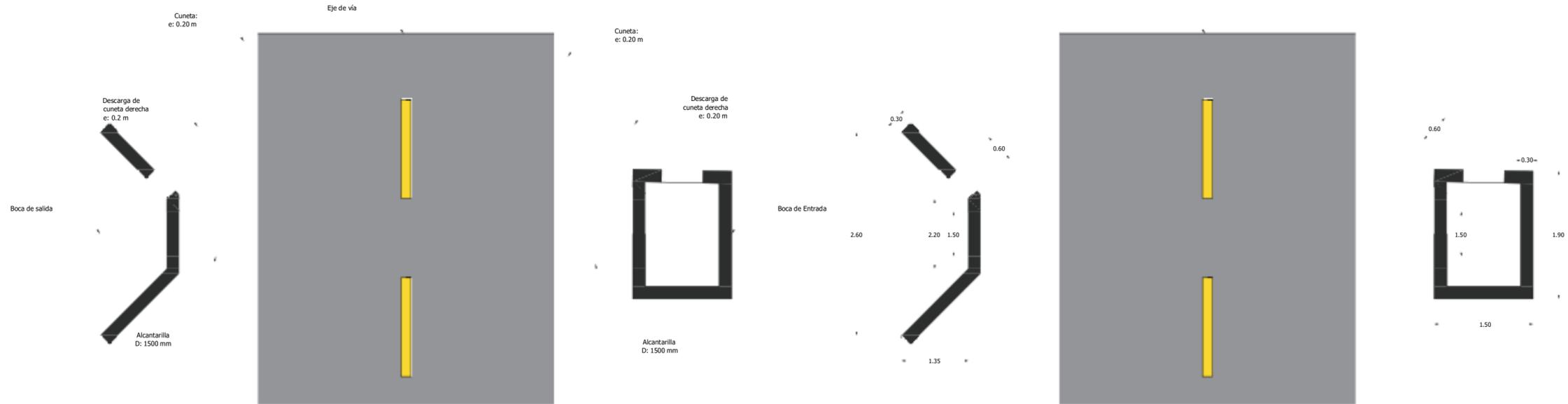
ALCANTARILLAS

D= 1500mm --- Material: Ármico
D= 1000mm --- Material: Ármico
D= 500mm --- Material: Hormigón

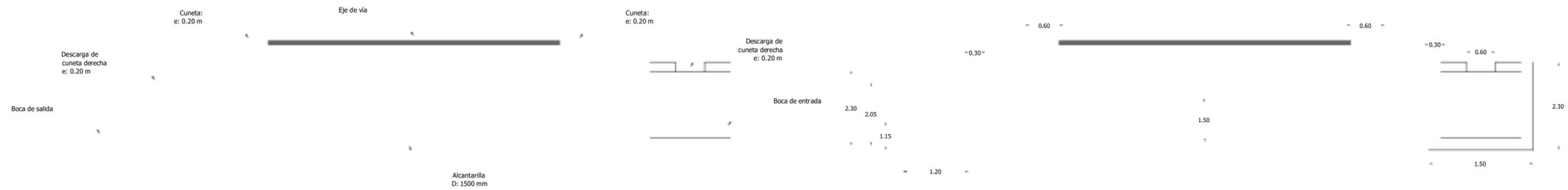
ABSCISA	DIÁMETRO (mm)	S transv. (%)
3+744 km	500	4.00
4+662 km	1200	4.11
5+576 km	1000	5.45
5+682 km	1000	1.57

Lámina 15/16

VISTA EN PLANTA
Esc. 1:50



VISTA EN PERFIL
Esc. 1:50



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Título del Proyecto:
Diseño Geométrico y estructural de Pavimento de la vía San Cristobal - Malima de la abscisa 2+900 hasta la abscisa 5+800 km, perteneciente al Cantón Paute provincia del Azuay

Localización:
Parroquia de San Cristóbal , Cantón Paute, provincia del Azuay

Contenido:
Estructura Cabezal de la Entrada y Salida

Realizado por:
Diana Priscila Alvarracin Villa
Mariuxi Alexandra Quito Panza

Fecha:
Enero - 2024

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

ALCANTARILLAS
D= 1200mm --- Material: Ármico
D= 800mm --- Material: Ármico
D= 600mm --- Material: Hormigón

ABSCISA	DIÁMETRO (mm)	S transv. (%)
3+844 km	1200	3.32
4+535 km	1200	11.65
4+771 km	800	6.43
4+986 km	1200	2.23

Lámina 16/16