



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA COCHAPATA –
MORASLOMA DESDE LA ABSCISA 0+000 HASTA 2+750 KM, EN EL CANTÓN
NABÓN, PROVINCIA DEL AZUAY**

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

AUTORES: ERICK ALEXANDER ARÉVALO ALVARADO

EDGAR SEBASTIÁN CAJAS PARRA

TUTOR: ING. DANIEL LEONIDAS CÁRDENAS JARAMILLO, MSc.

Cuenca - Ecuador

2025

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Erick Alexander Arévalo Alvarado con documento de identificación N° 0350097143 y Edgar Sebastián Cajas Parra con documento de identificación N° 0302884549; manifestamos que:

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

Cuenca, 10 de enero del 2025

Atentamente,



Erick Alexander Arévalo Alvarado
0350097143



Edgar Sebastián Cajas Parra
0302884549

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

Nosotros, Erick Alexander Arévalo Alvarado con documento de identificación N° 0350097143 y Edgar Sebastián Cajas Parra con documento de identificación N° 0302884549, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Diseño geométrico y estructural de la vía Cochapata – Morasloma desde la abscisa 0+000 hasta 2+750 km, en el cantón Nabón, Provincia del Azuay”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Cuenca, 10 de enero del 2025

Atentamente,



Erick Alexander Arevalo Alvarado

0350097143



Edgar Sebastián Cajas Parra

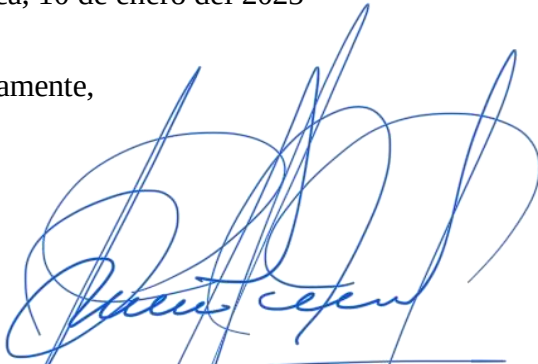
0302884549

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Daniel Leonidas Cárdenas Jaramillo con documento de identificación N° 0104031232, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA COCHAPATA – MORASLOMA DESDE LA ABSCISA 0+000 HASTA 2+750 KM, EN EL CANTÓN NABÓN, PROVINCIA DEL AZUAY, realizado por Erick Alexander Arévalo Alvarado con documento de identificación N° 0350097143 y por Edgar Sebastián Cajas Parra con documento de identificación N° 0302884549, 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, 10 de enero del 2025

Atentamente,



Ing. Daniel Leonidas Cárdenas Jaramillo

0104031232

DEDICATORIA

Principalmente a Dios quien me encamino y me dio la fortaleza de seguir adelante sin rendirme. A mis padres Wilson y Lupe que han sido un pilar fundamental y siempre estuvieron atentos a mis necesidades inculcándome buenos valores. A mi abuelo que hoy en día está en el cielo y sé que está orgulloso de este logro. Especialmente a mi abuelita que siempre me ha brindado su amor y quien me ayudo en el transcurso de esta carrera solventando todas mis necesidades. Para mis pequeños sobrinos que me alegran cada día, que sea este proyecto un recurso que les impulse a obtener sus metas. A mi hermana que es un gran ejemplo a seguir. A mis familiares cercanos quienes siempre estuvieron atentos a mi progreso. A mis amigos y compañeros con los que conviví de manera especial en el transcurso de la universidad. A mi compañero de tesis con el que supere este objetivo de vida. Y a una persona especial que siempre estuvo apoyándome en todo momento, quien no permitió que agachara la cabeza y siempre me impulso a ser mejor

Erick Alexander

Primero agradecer a Dios por ser la luz que iluminó todo mi camino universitario, con altos y bajos, pero nunca me abandonó. A mis padres Fanny Eulalia y Edgar Ernesto que durante todo este trayecto han sido un pilar fundamental que con su cariño y su apoyo incondicional me han acompañado en este trayecto.

A mi Tío Fernando que ha estado pendiente de mí y se que ahora no está aquí presente, pero desde el cielo se lo orgulloso que está de que este próximo a culminar mi carrera. De igual manera a mis compañeros y amigos que desde el día uno nos apoyamos y crecimos juntos en toda esta trayectoria.

Edgar Sebastián

Índice de contenido

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	III
1. Contenido.....	XII
1.1. Resumen.....	XII
1.2. Abstract.....	XIII
1.3. Introducción	1
1.4. Problema	2
1.4.1. Antecedentes	3
1.4.2. Importancia y Alcances.....	4
1.4.3. Delimitación.....	5
1.5. Objetivos	5
1.5.1. Objetivo general.....	6
1.5.2. Objetivo específico	6
2. Marco Teórico.....	6
2.1. Carreteras	6
2.2. Diseño Geométrico	7
2.2.1. Velocidad de diseño	7
2.2.2. Alineamiento Horizontal.....	8
2.2.3. Alineamiento Vertical	9
2.2.4. Peralte	10
2.2.5. Radio Mínimo de Curvatura	10
2.2.6. Coeficiente de fricción lateral	11
2.2.7. Distancia de frenado	12
2.2.8. Distancia de visibilidad en curvas horizontales	13
2.2.9. Distancia de visibilidad lateral.....	13
2.2.10. Distancia de rebasamiento	14
2.2.11. Sobre anchos de curva	14
2.3. Tránsito	15
2.3.1. TPDA	15
2.3.2. Trafico futuro	16
2.3.3. Factor Horario.....	17
2.3.4. Factor Diario	17

2.3.5. Factor Semanal.....	17
2.3.6. Factor mensual.....	17
2.3.7. ESALS	17
2.3.8. Factores de carga equivalente (LEF)	17
2.3.9. Factor camión.....	18
2.3.10. Clasificación de carreteras por Volumen de Tránsito.....	18
2.3.11. Clasificación de vías por su Función	18
2.3.11.1. Corredores Arteriales	19
2.3.11.2. Vías Colectoras	19
2.3.11.3. Caminos Vecinales	20
2.3.12. Tipos de terreno	20
2.3.12.1. Terreno plano	20
2.3.12.2. Terreno ondulado	20
2.3.12.3. Terreno montañoso.....	21
2.3.12.4. Terreno escarpado	21
2.4. Suelo	21
2.5. Topografía	21
2.5.1. Estudio topográfico RTK	22
2.6. Normativa Técnica.....	22
2.7. AASHTO 93	22
2.8. Geotecnia	23
2.9. Estudios Geotécnicos.....	23
2.9.1. Ensayo de Granulometría.....	23
2.9.2. Ensayo de Proctor Estándar y Proctor Modificado.....	24
2.9.3. Ensayo de CBR (Californian Bearing Ratio).....	24
2.10. Pavimentos.....	25
2.10.1. Pavimentos flexibles	25
2.10.1.1. Base.....	25
2.10.1.2. Subbase	26
2.10.1.3. Carpeta Asfáltica.....	26
2.10.2. Pavimento Rígido.....	26
2.11. Diseño de Pavimentos Flexibles	27
2.11.1. Confiabilidad R.....	27
2.11.2. Módulo Resiliente.....	28
2.11.3. Módulo resiliente de la carpeta asfáltica.....	28

2.11.4.	Número Estructural.....	29
2.11.5.	Determinación de números estructurales	30
2.11.6.	Pérdida de serviciabilidad	31
2.11.7.	Características del drenaje	32
2.11.8.	Diseño Estructural.....	33
2.11.9.	Análisis de espesores	33
2.12.	Señalización Vertical.....	34
2.12.1.	Colores	35
2.12.2.	Distancia de Legibilidad	36
2.12.3.	Señales de Información.....	36
2.12.3.1.	Ubicación	36
2.12.3.2.	Diseño de flechas	37
2.12.3.3.	Soportes para señales de información.....	37
2.12.3.4.	Diseño	38
2.12.3.5.	Señal de decisión de destino	38
2.12.4.	Señales Regulatorias	39
2.12.4.1.	Clasificación de señales regulatorias	39
2.12.5.	Señales Preventivas.....	41
2.12.5.1.	Clasificación de señales preventivas.....	42
2.13.	Señalización horizontal.....	43
2.13.1.	Mensaje	43
2.13.2.	Ubicación	44
2.13.3.	Color	44
2.13.4.	Retro reflexión	44
2.13.5.	Líneas longitudinales	45
2.13.5.1.	Doble línea continua (línea de barrera).....	46
2.13.5.2.	Doble línea mixta.....	46
2.13.6.	Zonas de no rebasar	47
2.13.7.	Líneas de borde de calzada.	48
2.13.7.1.	Líneas de borde de calzada continua	49
2.13.8.	Líneas transversales	49
2.13.8.1.	Líneas de pare	50
2.13.9.	Precipitaciones	51
2.13.10.	Datos de Lluvia.....	51
2.13.11.	Curvas IDF.....	51

2.13.11.1.	Cálculo de Curvas IDF	52
2.14.	Cunetas.....	52
2.14.1.	Pendiente y velocidad	53
2.14.2.	Forma de la Sección.....	53
2.14.3.	Sección típica de la cuneta.....	54
2.14.4.	Cálculo del Coeficiente de escorrentía C	55
2.14.5.	Cálculo del caudal en la estructura	55
3.	METODOLOGIA.....	56
3.1.	Cálculos.....	56
3.1.1.	Topografía	56
3.1.2.	Ubicación del proyecto	56
3.1.3.	Levantamiento.....	57
3.1.4.	Procesamiento de datos.....	57
3.2.	Ensayos de Laboratorio.....	59
3.2.1.	Recolección de muestras	59
3.2.2.	Proctor Modificado	60
3.2.3.	CBR.....	61
3.3.	TPDA	62
3.3.1.	Conteo Vehicular.....	62
3.3.2.	Cálculo de TPDA	64
3.3.3.	Proyección de tráfico	65
3.4.	ESALS	66
3.5.	Diseño de Pavimento flexible	69
3.5.1.	Daño relativo (Uf).....	69
3.5.2.	Parámetros de confiabilidad.....	70
3.5.3.	Parámetros de serviciabilidad	71
3.5.4.	Coeficientes estructurales	72
3.5.5.	Coeficiente de drenaje.....	75
3.5.6.	Cálculo del número estructural requerido	75
3.6.	Estructuras de evacuación de Aguas Pluviales	78
3.6.1.	Cunetas.....	78
3.6.1.1.	Curas IDF.....	78
3.6.1.2.	Aporte	80
3.6.1.3.	Método Racional.....	81
3.6.1.4.	Dimensionamiento de la cuneta	81

3.6.2.	Alcantarillas de alivio	84
3.7.	Diseño Geométrico	84
3.7.1.	Alineamiento Horizontal.....	85
3.7.1.1.	Velocidad de diseño	85
3.7.1.2.	Radio mínimo de curva.....	86
3.7.1.3.	Distancia de frenado	88
3.7.1.4.	Distancia de visibilidad en curvas horizontales	88
3.7.1.5.	Distancia de visibilidad lateral.....	89
3.7.1.6.	Distancia de visibilidad de rebasamiento.....	89
3.7.1.7.	Curvas Calculadas.....	90
3.7.2.	Alineamiento Vertical	92
3.7.3.	Sobreancho.....	93
3.7.4.	Peralte	93
3.8.	Señalización	94
3.9.	Presupuesto referencial	95
3.10.	Conclusiones	97
3.11.	Recomendaciones	98
4.	Bibliografía.....	99
4.1.	Anexos	102

Índice de Tablas

Tabla 1 Velocidades de Diseño	8
Tabla 2 Elementos de una curva circular simple	9
Tabla 3 Coeficiente de fricción lateral en base a velocidad de diseño	12
Tabla 4 Distancia mínima de visibilidad para rebasamiento	14
Tabla 5 Clasificación de Carreteras por TPDA	18
Tabla 6 Jerarquía de la Vía	19
Tabla 7 Confiabilidad R	27
Tabla 8 Relación señalización línea de separación de circulación opuesta segmentada	45
Tabla 9 Distancia de visibilidad	48
Tabla 10 Distancia de rebasamiento mínimo	48
Tabla 11 Velocidades del Agua con que se erosionan diferentes materiales	53
Tabla 12 Especificaciones de la prueba Proctor Modificada	60
Tabla 13 Resultados de Proctor Modificado	61
Tabla 14 Resultados de CBR	61
Tabla 15 Total de vehículos que ingresan y salen por día, en una semana	62
Tabla 16 Factor semanal correspondiente al presente año	63
Tabla 17 Tabla de consumo de combustibles para Azuay 2023	64
Tabla 18 TPDA observado corregido	65
Tabla 19 Tasa de crecimiento vehicular	65
Tabla 20 Calculo de TPDA proyectado con la tasa vehicular	66
Tabla 21 Calculo de factor camión por tipo de vehículo	67
Tabla 22 Parámetros de cálculo de ESALS	67
Tabla 23 Calculo de ESALS	69
Tabla 24 Daño relativo de la subrasante	70
Tabla 25 Confiabilidad Recomendada	71
Tabla 26 desviación normal estándar	71
Tabla 27 Serviciabilidad inicial (Po)	71
Tabla 28 Serviciabilidad final (Pf)	72
Tabla 29 Error normal combinado	72
Tabla 30 Coeficientes estructurales calculados	74
Tabla 31 Selección de la Calidad de drenaje	75
Tabla 32 Cálculo de espesores de pavimento flexible (tramo 1)	75
Tabla 33 Espesores mínimos para las capas de un pavimento	76
Tabla 34 Coeficientes estructurales calculados	76
Tabla 35 Calculo de SNr	77
Tabla 36 Espesor de material de reposición	78
Tabla 37 Curvas IDF de la Cuenca del Proyecto	79
Tabla 38 Velocidades de diseño	85
Tabla 39 Valores de diseño recomendado para carreteras de dos carriles y caminos vecinales de construcción	87
Tabla 40 Coeficiente de fricción en función de velocidad de diseño	88
Tabla 41 Distancia mínima de visibilidad para rebasamiento	90
Tabla 42 Curvas horizontales Pt 1	92
Tabla 43 Curvas horizontales Pt 2	92
Tabla 44 Presupuesto total del proyecto	95

Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación y Geomorfología del Cantón.....	3
Figura 2 Ubicación de la vía diseñada	5
Figura 3 Curva generada con el ensayo Proctor	24
Figura 4 Determinación del Módulo Resiliente.....	28
Figura 5 Módulo resiliente del Asfalto	29
Figura 6 Ábaco para el cálculo del coeficiente a_2 para Base	30
Figura 7 Ábaco para el cálculo del coeficiente a_3 para subbase.....	31
Figura 8 Ábaco para el cálculo del coeficiente a_1 para asfalto.....	31
Figura 9 Calidad del drenaje según exposición a la humedad	32
Figura 10 Capas del Pavimento flexible	34
Figura 11 Flechas para uso de señales de guía.....	37
Figura 12 Soporte normal de dos postes - rural	38
Figura 13 Señal de advertencia de destino.....	38
Figura 14 Señal de decisión de destino (I1 - 2a).....	39
Figura 15 Señalización Pare (R1-1).....	40
Figura 16 Señalización Doble vía (R2-2)	40
Figura 17 - Señalización límite máximo de velocidad.....	41
Figura 18 Señalización Curva Cerrada	42
Figura 19 Señalización Curva y Contracurva cerrada	43
Figura 20 Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta	46
Figura 21 Doble línea continua (línea de barrera)	46
Figura 22 Doble línea mixta: continua y segmentada.....	47
Figura 23 Líneas continuas de borde	49
Figura 30 Línea de pare en intersección con señal vertical de pare.....	50
Figura 25 Curvas IDF	52
Figura 26 Dimensiones típicas de cunetas	54
Figura 27 Sección Típica de una cuneta	54
Figura 28 Coeficientes de escorrentía.....	55
Figura 29 Ubicación del proyecto.....	56
Figura 30 RTK utilizado	57
Figura 31 Nube de puntos importados en Civil 3D	58
Figura 32 Curvas de Nivel en Civil 3D	58
Figura 33 Recolección de muestras de suelo	59
Figura 34 Ecuación para el cálculo del módulo resiliente	69
Figura 35 Ábaco para la determinación del Daño Relativo	70
Figura 36 Determinación de coeficiente estructural a_1	73
Figura 37 Determinación de coeficiente estructural a_2	74
Figura 38 Determinación de coeficiente estructural a_3	74
Figura 39 Ecuación de intensidad máxima de precipitación para un periodo de retorno	78

Figura 40 Ecuación del tiempo de concentración según Kirpich	79
Figura 41 Cálculo del tiempo de concentración	80
Figura 42 Coeficientes de escurrimiento.....	80
Figura 43 Relación de altura y espaciamiento de cuneta.....	82
Figura 44 Comprobación del tirante crítico de la cuneta.....	83
Figura 45 Excavación de calicata	102
Figura 46 Obtención de calicatas.....	102
Figura 47 Estado actual de la vía	103
Figura 48 Estado actual de la vía 2	103
Figura 49 Inspección de la vía	104
Figura 50 Inspección de la vía	104
Figura 51 Medición de profundidad de excavación.....	105
Figura 52 Cajón de Alivio existente en la vía.....	105
Figura 68 Levantamiento con RTK.....	105
Figura 54 Curva crítica del proyecto	106
Figura 55 Recolección de muestra.....	106
Figura 56 Vista previa del proyecto	107

1. CONTENIDO

1.1. Resumen

La vialidad desempeña un papel fundamental en el desarrollo social, ya que mejora significativamente la calidad de vida de las comunidades al facilitar el acceso a servicios básicos como la educación y la salud. Una red vial eficiente se convierte en un medio servicial puesto que ayuda a la población beneficiarse a acceder de una manera rápida y fácil a los lugares que sean de su interés. Adicionalmente, al mantener una vía bien diseñada de manera adecuada se promueve el desarrollo de zonas urbanas y rurales, además de conservar la seguridad tanto de los peatones, conductores y todos los usuarios de la vía.

En este marco, el presente proyecto de titulación tiene como objetivo principal realizar el diseño geométrico y estructural del pavimento de la vía que conecta las comunidades de Cochapata y Morasloma, pertenecientes al cantón Nabón, en la provincia del Azuay. El proyecto busca solucionar las deficiencias actuales de esta vía, que afectan su funcionalidad y seguridad.

Para cumplir con los objetivos planteados, se realizaron visitas de campo a las comunidades con el fin de inspeccionar las condiciones actuales de la vía. Asimismo, se llevaron a cabo estudios preliminares necesarios, incluyendo el conteo vehicular para determinar el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), el levantamiento topográfico del terreno, y la recolección de muestras in situ, las cuales fueron analizadas en laboratorio para obtener los datos requeridos.

El diseño geométrico se desarrolló siguiendo las especificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), mientras que el diseño estructural del pavimento se elaboró de

acuerdo con la normativa AASHTO 93, adoptada en el Ecuador para proyectos de este tipo. Una vez concluido el diseño final, se procederá a calcular los volúmenes de obra, elaborar los Análisis de Precios Unitarios (APU) y obtener un presupuesto referencial que permita estimar los costos asociados a la ejecución del proyecto.

Palabras Clave: Vía, Diseño geométrico, Diseño estructural, TPDA, Señalización vial.

1.2. Abstract

Roads play a fundamental role in social development, as they significantly improve the quality of life of communities by facilitating access to basic services such as education and health. An efficient road network not only allows for better connections to job opportunities and recreational activities, but also reduces travel times and costs associated with transportation. Additionally, a well-designed and properly maintained road considerably reduces the risk of accidents, improving the safety of drivers, pedestrians and cyclists, promoting the development of urban and rural areas.

Within this framework, the main objective of this title project is to carry out the geometric and structural design of the pavement of the road that connects the communities of Cochapata and Morasloma, belonging to the Nabón canton, in the province of Azuay. The project seeks to solve the current deficiencies of this road, which affect its functionality and safety.

In order to meet the objectives, set field visits were made to the communities in order to inspect the current conditions of the road. Likewise, necessary preliminary studies were carried out, including vehicle counting to determine the Annual Daily Average Traffic (ADAT), topographic survey of the terrain, and the collection of samples in situ, which were analyzed in a laboratory to obtain the required data.

The geometric design was developed following the specifications of the Ministry of Transport and Public Works (MTO), while the structural design of the pavement was prepared in accordance with the AASHTO 93 regulations, adopted in Ecuador for projects of this type. Once the final design is completed, the work volumes will be calculated, the Unit Price Analysis (UPA) will be prepared, and a reference budget will be obtained to estimate the costs associated with the execution of the project.

Keywords: Road, Geometric design, Structural design, TPDA, Road signs.

1.3. Introducción

Una carretera es una infraestructura de transporte terrestre diseñada para conectar diferentes puntos geográficos, cuyo propósito es el transporte seguro y eficiente de personas, vehículos y mercancías. Constituye un sistema complejo que integra elementos como la geometría, la estructura, el pavimento y la señalización todos ellos diseñados para satisfacer las necesidades de circulación y seguridad.

La planificación y diseño de carreteras requieren una atención máxima a los parámetros geométricos, ya que estos determinan la eficiencia, seguridad y sostenibilidad de la infraestructura vial.

Un diseño geométrico óptimo permite no solo una circulación fluida y segura, sino también la minimización del impacto ambiental y la integración con el paisaje urbano y natural. En este sentido, la consideración de factores como la topografía, la visibilidad, la velocidad de diseño y la capacidad de la vía es fundamental para garantizar que la carretera cumpla con los estándares de calidad y funcionalidad exigidos en la actualidad.

Una carretera eficiente debe cumplir con un conjunto de requisitos que abarcan aspectos funcionales, de seguridad, estéticos, económicos y ambientales. Desde el punto de vista geométrico, su diseño debe garantizar una movilidad fluida y segura, mediante la optimización de parámetros como la velocidad de diseño, la visibilidad y la curvatura. Además, es fundamental considerar la integración paisajística, los costos de construcción y mantenimiento, así como la minimización del impacto ambiental, a fin de crear una infraestructura vial sostenible y respetuosa con el entorno. (Cárdenas Grisales, 2013)

1.4. Problema

Este proyecto de investigación se centra en abordar las problemáticas críticas asociadas con la vía en cuestión, la cual presenta una superficie irregular y bacheada debido a su actual estado de lastre. Esta situación genera daños prematuros en los vehículos, afectando negativamente su mantenimiento y desempeño.

Además, el diseño geométrico actual de la vía presenta curvas muy cerradas y tramos estrechos ya que no incluye sobreanchos, lo que incrementa significativamente el riesgo de accidentes de tránsito. La presencia de deslizamientos de tierra en ciertos tramos no solo obstruye el paso, sino que también compromete la seguridad de los usuarios, al crear condiciones impredecibles y peligrosas.

La combinación de estos factores no solo afecta la seguridad vial, sino que también impacta negativamente en la calidad de vida de los residentes locales, quienes dependen de esta vía para acceder a servicios esenciales, empleo y otras actividades fundamentales. La mejora de esta infraestructura vial es crucial para garantizar su bienestar y desarrollo comunitario.

Por otro lado, este proyecto abarca la problemática de tener una vía a nivel de lastre, provocando que el tránsito ocasione una gran cantidad de polvo, el cual afecta directamente a los moradores que une estas dos parroquias elevando la probabilidad de contraer problemas de salud. En conjunto todos los problemas establecidos generan grandes dificultades e inconvenientes a los usuarios de la vía en cuanto a accesibilidad, circulación y salud.

1.4.1. Antecedentes

Nabón uno de los cantones de la provincia del Azuay ubicado a 69 km. de la ciudad de Cuenca, conectado mediante la vía Panamericana que va desde Cuenca a Loja. Este cantón cuenta con una extensión de 668.2 km² representado un 7,56% de la provincia. (Nabón A. d., 2025)

Figura 1 Ubicación y Geomorfología del Cantón

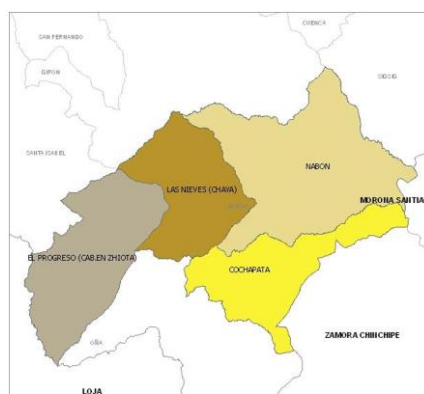


Ilustración: Límites de las Parroquias del Cantón Nabón

Fuente: (Nabón M. d., 2021)

Está conformado por una parroquia urbana la cual es la cabecera cantonal y esta abarca cuatro diferentes comunas jurídicas identificadas como: Shiña, Chunazana, Puca y Morasloma, por esta última se encuentra el proyecto de vía. Además, Nabón se complementa de sus parroquias rurales: Las Nieves, el Progreso y Cochapata, la cual está ubicada a 10 km de la cabecera cantonal antes mencionada, entre unos 2.300 y 2.700 metros sobre el nivel del mar y a una temperatura promedio de 17 grados. (Nabón A. d., 2025)

Nabón en su totalidad contiene un total de 15.892 personas lo cual representa una densidad de 22.11, los habitantes están distribuidos en sus diferentes parroquias de la siguiente manera: Nabón centro con un total de 9.5256, Cochapata con 3.072, el Progreso con 2.012 y las Nieves con un total de 1.282 personas según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial para el Buen Vivir 2015-2019 de Cochapata.

Cochapata es una parroquia del Cantón Nabón desde el año 1987 y en la cual se hospeda su mayor riqueza arqueológica (Alcaldía de Nabón, 2024). Consta con una extensión de 121.83 km², con respecto de las demás parroquias es la que más población tiene representa el 19%, sin considerar a Nabón centro. Esta parroquia mediante el censo de 2001 contenía 2.686 personas y en el censo de 2010 se incrementó a 3.072 dando como referencia una tasa de crecimiento de 1.49% mayor al promedio cantonal según el PDOT 2015-2019 de Cochapata, también se indica que existían 3.500 personas en el año de 2016.

A consecuencia de lo expuesto anteriormente el aumento de la población y todos los datos acerca de la parroquia de Nabón y la comuna de Morasloma brinda información base para poder iniciar con los estudios de la vía.

1.4.2. Importancia y Alcances

La red vial rural del Gobierno Provincial del Azuay, que incluye las zonas de Cochapata y Morasloma, presenta un panorama preocupante en cuanto a la calidad de sus infraestructuras. La longitud del sistema vial de la provincia del Azuay corresponde a un total de 5055.5 km, el 70.06% corresponde caminos a nivel de lastre y solamente un 19.37% a vías con pavimento flexible, se evidencia un déficit significativo en la inversión y mantenimiento de estas vías. Según el inventario vial, más del 80% de las vías se encuentran en estado regular o malo, lo que no solo afecta la conectividad y la productividad de la región, sino que también aumenta el riesgo de accidentes y pone en peligro la seguridad de los usuarios. (CONGOPE, 2019)

El Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Nabón revela la importancia crítica del proyecto, ya que es fundamental para el transporte cantonal rural.

La deficiencia en la infraestructura vial de Cochapata y Morasloma no solo compromete la seguridad de los residentes, sino que también obstaculiza el desarrollo económico al reducir el acceso hacia la cabecera parroquial de Cochapata o Nabón, crucial para muchas actividades

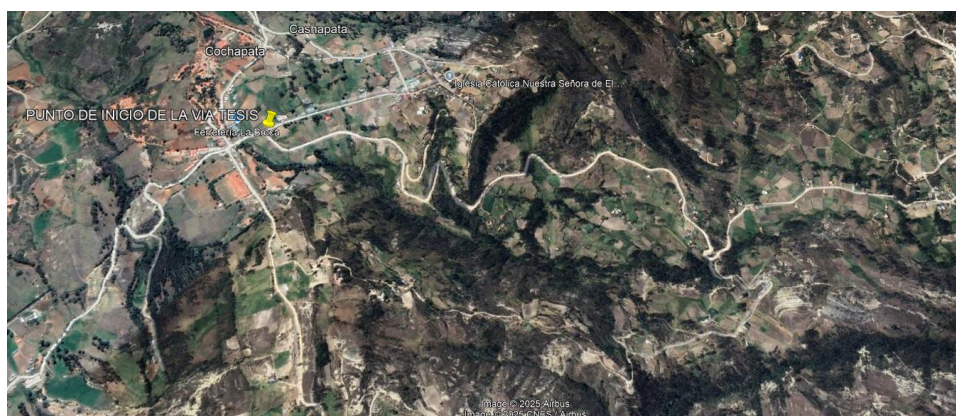
laborales locales. El estudio planificado para esta vía tiene como objetivo resolver estos desafíos mediante la planificación y construcción futura.

Se mejorará la movilidad diaria de los residentes, promoviendo un entorno más seguro y eficiente. Se espera que este estudio contribuya significativamente a mejorar la infraestructura vial, reduciendo riesgos y mejorando la calidad de vida local, esencial para el desarrollo económico de la región.

1.4.3. Delimitación

El proyecto presentado se enfoca en el diseño geométrico y estructural de la vía Cochapata – Morasloma desde la abscisa 0+000 hasta 2+750 km, en el cantón Nabón, provincia del Azuay. Nabón uno de los cantones de la provincia del Azuay ubicado a 69 km. de la ciudad de Cuenca, conectado mediante la vía Panamericana que va desde Cuenca a Loja. Este cantón cuenta con una extensión de 668.2 km² representado un 7,56% de la provincia.

Figura 2 Ubicación de la vía diseñada



Fuente: (Google Earth Pro, 2024)

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Elaborar el diseño geométrico y estructural de 2.75 km de la vía Cochapata – Morasloma del Cantón Nabón, provincia del Azuay.

1.5.2. Objetivo específico

- Realizar un levantamiento topográfico mediante el uso de RTK.
- Determinar el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) para un correcto diseño de la vía.
- Elaborar el diseño geométrico vertical-horizontal.
- Realizar el análisis estructural para la carpeta asfáltica pertinente en el diseño.
- Diseñar las estructuras de evacuación de aguas lluvia (cunetas).
- Diseñar la señalización horizontal y vertical, para promover la seguridad vial tanto de los conductores como de los peatones que harán uso de la vía.
- Realizar el estudio de CBR para la determinación de la capacidad portante del suelo

2. Marco Teórico

Contar con una base conceptual firme es esencial para examinar las variables y factores que deben tenerse en cuenta en el diseño de infraestructuras viales, asegurando que este proceso sea sostenible y así definir objetivos, estrategias y métodos claros. A continuación, se presentan los conceptos básicos y necesarios que se deben tener en cuenta para el desarrollado de este estudio.

2.1. Carreteras

Las carreteras son infraestructuras vitales que facilitan la movilidad de personas, productos y servicios, desempeñando un papel fundamental en el desarrollo económico y social de las comunidades. En la era actual, el transporte por carretera es indispensable para mejorar la calidad de vida y satisfacer las necesidades de una población en constante crecimiento. Sin embargo, la construcción de nuevas carreteras debe ir acompañada de un enfoque integral que priorice la sostenibilidad, la durabilidad y la seguridad, garantizando que estas infraestructuras sean capaces de soportar el tráfico creciente y las condiciones ambientales cambiantes, minimizando así su impacto negativo en el medio ambiente.

2.2. Diseño Geométrico

El diseño geométrico de una vía implica una compleja interrelación de factores que deben ser cuidadosamente considerados para garantizar la seguridad, eficiencia y funcionalidad de la infraestructura. Esto incluye la definición detallada de la trayectoria en planta, perfil y sección transversal, así como la incorporación de elementos de seguridad y facilidades para la circulación. La jerarquía vial, las características de los usuarios y vehículos, y los requisitos geométricos basados en el volumen de tráfico y el nivel de servicio proyectado, son todos aspectos críticos que deben ser integrados en el proceso de diseño para asegurar una infraestructura vial óptima y sostenible. (MTOP, 2003)

2.2.1. Velocidad de diseño

La velocidad de diseño es un parámetro fundamental en la planificación y construcción de carreteras, ya que establece el límite de velocidad seguro para una vía determinada bajo condiciones óptimas. Para determinar esta velocidad, se consideran factores como la topografía, la importancia de la vía, los patrones de tráfico y el uso del suelo circundante, con el objetivo de optimizar la seguridad, eficiencia y fluidez del tráfico. Esta velocidad de

referencia es crucial para guiar el diseño geométrico de la carretera, incluyendo la configuración de su alineamiento horizontal y vertical, y garantizar una infraestructura vial segura y eficiente. (MTOP, 2003)

Tabla 1 Velocidades de Diseño

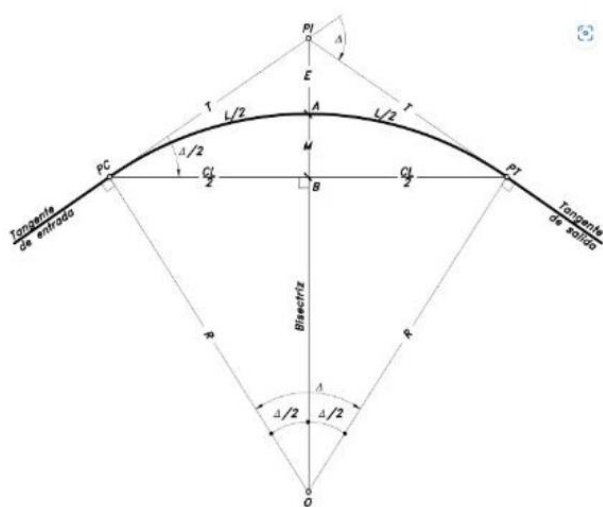
CATEGORIA DE LA VIA		TPDA ESPERADO	VELOCIDAD DE DISEÑO KM/H											
			BASICA						PERMISIBLE EN TRAMOS DIFICILES					
			RELIEVE LLANO				RELIEVE ONDULADO				RELIEVE MONTANOSO			
			Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad	
			Recomendada		Absoluta		Recomendada		Absoluta		Recomendada		Absoluta	
R-I o R-II(TIPO)		>8000	120	110	100	96	110	90	95	85	90	80	90	90
I	TODOS	3000-8000	110	100	100	90	100	80	90	80	80	80	80	80
II	TODOS	1000-8000	100	90	90	86	90	80	85	80	70	50	70	50
III	TODOS	300-1000	90	80	85	80	80	60	80	60	60	40	60	40
IV	5.5E, 6 y 7	100-300	80	60	80	60	60	35	60	35	50	25	50	25
V	4 y 4E	<100	60	50	80	50	50	35	50	35	40	25	40	25

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

2.2.2. Alineamiento Horizontal

El diseño del alineamiento horizontal es un componente crítico en la planificación de carreteras, ya que define la trayectoria de la vía en un plano horizontal. Este proceso implica la combinación de segmentos rectos y curvas, que pueden ser circulares o de transición, para garantizar una circulación segura y eficiente. La configuración del alineamiento horizontal se ve influenciada por una serie de factores geotécnicos y ambientales, incluyendo la topografía, las características hidrológicas del terreno, las condiciones de drenaje y la disponibilidad de materiales en la zona. La optimización de este diseño es fundamental para minimizar costos, reducir impactos ambientales y garantizar la estabilidad y durabilidad de la carretera.

Ilustración 1 Elementos de una curva circular simple



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

Donde:

Tabla 2 Elementos de una curva circular simple

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
PI	Punto de intersección de las tangentes o vértice de la curva
PC	Principio de curva: punto donde termina la tangente y empieza la curva.
PT	Principio de tangente: punto donde termina la curva y empieza la tangente de salida.
O	Centro de la curva circular
Δ	Angulo de deflexión de las tangentes: ángulo de deflexión principal.
R	Radio de curva circular simple
T	Tangente o sub tangente: distancia desde el PI al PC o desde el PI al PT
L	Longitud de curva circular: distancia desde el PC al PT a lo largo del arco circular, o de un polígono de cuerdas.
CL	Cuerda Larga: distancia en línea recta desde el PC al PT

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

2.2.3. Alineamiento Vertical

El perfil vertical de una carretera es un componente esencial que requiere una atención igualmente importante que el alineamiento horizontal. La configuración del perfil vertical debe estar estrechamente relacionada con la velocidad de diseño, las curvas horizontales y las distancias de visibilidad, con el objetivo de garantizar un desempeño seguro, eficiente y

cómodo para los usuarios. Un diseño óptimo debe lograr un equilibrio entre el alineamiento horizontal y el perfil vertical, evitando comprometer la seguridad y funcionalidad de la vía. La integración armónica de ambos aspectos es fundamental para prevenir problemas de seguridad, reducir el riesgo de accidentes y asegurar una experiencia de conducción satisfactoria. (MTOP, 2003)

2.2.4. Peralte

El peralte en curvas horizontales es un elemento clave para mejorar la estabilidad y comodidad de los vehículos en movimiento. Sin embargo, su diseño debe ser cuidadoso, ya que un ángulo excesivo puede comprometer la tracción y generar deslizamientos laterales a baja velocidad. Debido a estas limitaciones, el peralte no puede neutralizar completamente la fuerza centrífuga en curvas pronunciadas, lo que requiere la consideración de la fricción adicional para evitar el deslizamiento lateral y garantizar la estabilidad del vehículo. La combinación óptima de peralte y fricción es fundamental para asegurar la seguridad y comodidad en la circulación por curvas. (MTOP, 2003)

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

Donde:

$$V = \text{Velocidad de diseño, } \frac{Km}{h}.$$

$$R = \text{Radio de la curva, } m.$$

$$f = \text{Máximo coeficiente de fricción lateral}$$

2.2.5. Radio Mínimo de Curvatura

El radio mínimo de curvatura horizontal es un parámetro crítico en el diseño de carreteras, ya que define el límite inferior para garantizar la seguridad y estabilidad de los vehículos a una

velocidad de diseño determinada. Este valor depende del peralte máximo permitido y del coeficiente de fricción lateral, y su selección adecuada es fundamental para evitar peraltes excesivos que comprometan la operación segura de los vehículos. La curvatura horizontal es, por lo tanto, un elemento clave en el diseño del alineamiento vial, y su optimización es esencial para asegurar la seguridad, comodidad y eficiencia del tránsito.

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

Donde:

$R = \text{Radio minimo de curva horizontal, m.}$

$V = \text{Velocidad de diseño, } \frac{Km}{h}.$

$f = \text{Coeficiente de fricción lateral}$

$e = \text{Peralte de la curva, } \frac{m}{m}.$

2.2.6. Coeficiente de fricción lateral

El coeficiente de fricción lateral es un parámetro fundamental en la seguridad vial, ya que refleja la interacción entre el neumático del vehículo y el pavimento durante las maniobras de giro. Su valor varía según las condiciones del pavimento, lo que puede afectar significativamente la capacidad del vehículo para girar de manera segura y controlada. En el diseño de carreteras, la consideración de este coeficiente es crucial para determinar el radio mínimo de curvatura que garantice la estabilidad y el control del vehículo durante los giros, especialmente a velocidades específicas, y así asegurar la seguridad de los usuarios de la vía.

Tabla 3 Coeficiente de fricción lateral en base a velocidad de diseño

Velocidad de Diseño	"f" maximo	RADIO MINIMO CALCULADO				RADIO MINIMO RECOMENDADO			
km/h		e=0.10	e=0.08	e=0.06	e=0.04	e=0.10	e=0.08	e=0.06	e=0.04
20	0.350		7.32	7.58	8.08		18	20	20
25	0.315		12.48	13.12	13.66		20	25	25
30	0.284		19.47	20.50	21.67		25	30	30
35	0.255		26.79	30.02	32.7		30	35	35
40	0.221		41.86	44.83	48.27		42	40	50
45	0.200		55.75	59.94	64.82		58	60	65
50	0.165		72.91	78.74	86.69		75	80	90
60	0.185	105.97	115.70	125.98	138.28	110	120	130	140
70	0.150	154.35	187.75	189.73	203.07	160	170	185	205
80	0.140	209.97	229.95	251.97	279.97	210	230	255	280
90	0.134	272.55	298.94	328.70	366.55	275	300	330	320
100	0.130	342.35	374.95	414.42	465.16	350	375	415	465
110	0.124	425.34	467.94	517.80	550.95	430	470	520	585
120	0.120	515.39	588.93	629.92	708.85	520	570	630	710

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

2.2.7. Distancia de frenado

La distancia de frenado es una medida crítica que evalúa la capacidad de un vehículo para detenerse de manera segura y eficiente. Esta distancia se ve influenciada por una combinación de factores, incluyendo la velocidad inicial del vehículo, las características del pavimento y el rendimiento del sistema de frenos. Dado que la distancia de frenado es un factor determinante en la seguridad vial, es esencial que se establezcan y cumplan normas mínimas que garanticen la seguridad de los usuarios de la vía. Los conductores deben ser conscientes de estas regulaciones y adaptar su comportamiento al volante en consecuencia, para minimizar el riesgo de accidentes y garantizar una circulación segura. (MTOP, 2003)

$$D = V^2 / 254(f \pm G)$$

Donde:

f = Coeficiente de fricción

G = Porcentaje de pendiente, positiva de ascenso (+) y negativa (−) de bajada

$$V = \text{Velocidad inicial, } \frac{\text{Km}}{\text{h}}$$

2.2.8. Distancia de visibilidad en curvas horizontales

“La existencia de obstáculos laterales, tales como murallas, taludes en corte, edificios, etc., sobre el borde interno de las curvas, requiere la provisión de una adecuada distancia de visibilidad.” (MTOP, 2003)

$$m = Rc * \left(1 - \cos \left(\frac{28,65 * Dp}{Rc} \right) \right)$$

Donde:

$Rc = \text{Radio de curva critico}$

$Dp = \text{Distancia de frenado}$

2.2.9. Distancia de visibilidad lateral

En el diseño de infraestructuras viales, especialmente en intersecciones y cruces con vías férreas, es fundamental garantizar una distancia de visibilidad lateral suficiente para asegurar la seguridad de los usuarios. Esto permite a los conductores anticipar y reaccionar adecuadamente ante posibles obstáculos o riesgos, como peatones que cruzan la calzada o vehículos y trenes que se aproximan. La determinación de la distancia mínima requerida para esta visibilidad lateral se basa en cálculos específicos que consideran factores como la velocidad de los vehículos y la topografía del terreno. (MTOP, 2003)

$$dL = \frac{V_T}{V_V} * d$$

Donde:

$V_T = \text{Velocidad de transeunte promedio} \left(\text{se asume como } 10 \frac{Km}{h} \right)$

$V_V = \text{Velocidad de diseño del vehciulo}, \frac{Km}{h}$

d = Distancia de visibilidad para la parada de un vehículo, m

2.2.10. Distancia de rebasamiento

La distancia de rebasamiento es un parámetro crítico en el diseño de carreteras, ya que determina la longitud mínima requerida para que un vehículo pueda adelantar a otro de manera segura. Aunque en la práctica pueden ocurrir múltiples rebasamientos simultáneos, el análisis de diseño se centra generalmente en el escenario de un solo rebasamiento. Los valores de diseño establecidos para el rebasamiento suelen ser suficientes para acomodar ocasionalmente múltiples rebasamientos, garantizando así la seguridad y fluidez del tráfico. La determinación de la distancia mínima necesaria para rebasar en carreteras de dos carriles es fundamental para optimizar el diseño de estas vías.

Tabla 4 Distancia mínima de visibilidad para rebasamiento

$V_0, \text{Km/h}$	VELOCIDADES DE LOS VEHICULOS, Km/h		DISTANCIA MINIMA DE REBASAMIENTO, METROS	
	REBASADO	REBASANTB	CALCULADA	RECOMENDADA
25	24	40	----	(80)
30	28	44	----	(110)
35	33	49	----	(130)
40	35	51	268	270 (150)
45	39	55	307	310 (180)
50	43	59	345	345 (210)
60	50	66	412	415 (290)
70	58	74	488	490 (380)
80	66	82	563	565 (480)
90	73	89	631	640
100	79	95	688	690
110	87	103	764	830
120	94	110	831	830

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

2.2.11. Sobre anchos de curva

El sobreancho en curvas horizontales es una medida de diseño que busca mejorar la seguridad y comodidad del tránsito vehicular. Su implementación se basa en dos principios fundamentales. Por un lado, los vehículos tienden a ocupar un ancho mayor al girar, debido a la trayectoria diferencial de las ruedas delanteras y traseras, lo que requiere un ancho adicional para evitar el riesgo de invadir el carril adyacente. Por otro lado, los conductores enfrentan dificultades para mantener su vehículo centrado en el carril durante las curvas, especialmente a altas velocidades o en curvas de radio pequeño, lo que justifica la necesidad de un sobreancho para facilitar la circulación segura. (MTOP, 2003)

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

Donde:

n = *numero de carriles*

R = *Radio de la curva, m*

L = *Distancia entre parte frontal de vehiculo de diseno y su eje trasero*

V = *Velocidad de diseno*

2.3. Tránsito

Se refiere al movimiento de vehículos que pasan por una vía o una carretera u otro tipo de camino (Porto & Gardey, 2022). La determinación de los volúmenes de tránsito es crucial en este proyecto, ya que permitirá dimensionar adecuadamente la infraestructura vial, asegurando que su diseño y componentes sean compatibles con el flujo vehicular característico de la zona de estudio.

2.3.1. TPDA

El tráfico diario promedio anual (TDPA) es un indicador clave que cuantifica el flujo vehicular en una carretera o sección de ella durante un año. Esta medida es fundamental para evaluar la intensidad del tráfico y se utiliza en diversas etapas del ciclo de vida de la infraestructura vial, incluyendo el diseño, mantenimiento y planificación. La determinación del TDPA se basa en la fórmula establecida en la norma de diseño geométrico de vías MTOP 2003, lo que garantiza una evaluación precisa y consistente del tráfico en la vía.

$$TPDA = T_0 * FH * FD * FS * FM$$

Donde:

$T_0 = \text{tráfico observado}$

2.3.2. Tráfico futuro

Para determinar este parámetro el proyecto se basa en las tasas de crecimiento vehicular que se han registrado en los diferentes años, también considera proyecciones a largo plazo, generalmente entre 15 y 20 años, para anticipar el crecimiento del tráfico debido al desarrollo urbano, rural y otras variables. Estas proyecciones son fundamentales para determinar la categorización de las vías y tienen un impacto significativo en la definición de parámetros geométricos clave, como la velocidad de diseño, que son esenciales para garantizar la seguridad y eficiencia del tráfico en el proyecto vial. (MTOP, 2003)

$$Tf = T_a * (1 + i)^n$$

Donde:

$T_a = TPDA$

$i = \text{Tasa de crecimiento poblacional}$

$n = \text{Años a proyectar}$

2.3.3. Factor Horario

“Nos permite transformar el volumen de tráfico que se haya registrado en un determinado número de horas a VOLUMEN DIARIO PROMEDIO. ” (MTOP, 2003)

2.3.4. Factor Diario

“Permite transformar el volumen de tráfico diario promedio en VOLUMEN SEMANAL PROMEDIO. ” (MTOP, 2003)

2.3.5. Factor Semanal

“Transforma el volumen semanal promedio de tráfico en VOLUMEN MENSUAL PROMEDIO. ” (MTOP, 2003)

2.3.6. Factor mensual

“Transforma el volumen mensual promedio de tráfico en TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA). ” (MTOP, 2003)

2.3.7. ESALS

La respuesta del pavimento ante las cargas es variable y depende del número y peso de los ejes que lo atraviesan. Para estandarizar esta variabilidad, se utiliza el concepto de "ejes equivalentes", que convierte el volumen de tráfico en un número equivalente de ejes con una carga estándar. De esta manera, se garantiza que el impacto en el pavimento sea equivalente al causado por la diversa composición del tráfico, lo que permite una evaluación más precisa del daño y una mejor planificación de su mantenimiento. (AASHTO, 1993)

2.3.8. Factores de carga equivalente (LEF)

“El factor equivalente de carga o LEF es un valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad causada por una dada carga de un tipo de eje y la producida por el eje estándar de 80 KN en el mismo eje.” (AASHTO, 1993)

$$LEF = \frac{\text{No. de ESALs de 80 KN que producen una pérdida de serviciabilidad}}{\text{No. de ejes de } x \text{ KN que producen la misma pérdida de serviciabilidad}}$$

2.3.9. Factor camión

“Se define como el número de ESALs por vehículo. Este factor de carga puede ser calculado para cada categoría general de camiones o como un promedio para todos los vehículos comerciales según una configuración de tráfico específica. Es más preciso considerar factores de carga individuales para cada categoría general de camiones.” (AASHTO, 1993)

2.3.10. Clasificación de carreteras por Volumen de Tránsito

Con el cálculo del TPDA proyectado mediante la tasa de crecimiento se puede clasificar a la carretera a través del mandato del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP, 2003)

Tabla 5 Clasificación de Carreteras por TPDA

Clase de Carretera	Tráfico Proyectado TPDA
R-I o R-II	Más de 8000
I	De 3000 a 8000
II	De 1000 de 3000
III	De 300 a 1000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

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

2.3.11. Clasificación de vías por su Función

La clasificación de las vías es fundamental en el diseño de infraestructuras viales, ya que permite establecer su importancia y función en relación con el tráfico diario promedio anual (TPDA). Esta clasificación se basa en criterios como la jerarquía de la vía y su papel en la red

de transporte, lo que a su vez permite anticipar el crecimiento del tráfico y diseñar la vía de manera que se adapte a las necesidades futuras. De esta manera, la clasificación de las vías es un paso crucial en el proceso de diseño, ya que garantiza que la infraestructura vial sea segura, eficiente y sostenible a largo plazo.

Tabla 6 Jerarquía de la Vía

Función	Tipo de carretera	TPDA Obtenido
Corredor Arterial	RI-RIII	>8000
	I	3000-8000
Colectora	II	1000-3000
	III	300-1000
Vecinal	IV	100-300
	V	<100

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

2.3.11.1. Corredores Arteriales

Los corredores viales de alta jerarquía son arterias fundamentales que conectan las capitales provinciales con el resto del país, así como con importantes puertos marítimos y pasos fronterizos. Estas vías de comunicación están diseñadas para facilitar viajes de larga distancia, por lo que deben cumplir con características específicas, como alta capacidad de movilidad, acceso restringido, giros y maniobras controladas, y estándares geométricos avanzados que garanticen una operación de tráfico fluida, segura y eficiente. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013)

2.3.11.2. Vías Colectoras

Los caminos de mediana jerarquía funcional desempeñan un papel crucial en la red vial, ya que actúan como enlaces entre las zonas rurales o regionales y la red principal de corredores viales. Estas vías tienen la función de recopilar el tráfico de áreas locales y dirigirlo hacia las rutas esenciales, facilitando así el tránsito en trayectos intermedios o regionales. Para cumplir eficazmente con esta función, estos caminos deben cumplir con estándares geométricos

específicos que garanticen la seguridad y eficiencia del tráfico. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013)

2.3.11.3. Caminos Vecinales

Las vías terciarias se refieren a las carreteras convencionales que atienden las necesidades de conectividad en áreas rurales, incluyendo caminos que sirven a poblaciones locales, zonas agrícolas y otras áreas de producción. Estas vías están diseñadas para manejar el tráfico local y satisfacer las necesidades de movilidad en áreas rurales, sin estar incluidas en las categorías de vías principales o secundarias. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013)

2.3.12. Tipos de terreno

La topografía del terreno es un factor determinante en la planificación y diseño de una vía, ya que condiciona aspectos fundamentales como el alineamiento horizontal, las pendientes, la visibilidad y las secciones transversales. Según la normativa vigente (NEVI-12, volumen 2), los terrenos se clasifican en cuatro categorías en función de su topografía, lo que permite a los diseñadores adaptar la vía a las condiciones naturales del sitio y garantizar una construcción segura y eficiente.

2.3.12.1. Terreno plano

Las pendientes transversales de la vía son inferiores al 5%, lo que implica que se requiere un mínimo movimiento de tierras durante la construcción de carreteras. Además, el trazado y la explanación no presentan dificultades, lo que resulta en pendientes longitudinales de las vías inferiores al 3%.

2.3.12.2. Terreno ondulado

Esta vía se distingue por presentar pendientes transversales que oscilan entre el 6% y el 12%. Esto implica un movimiento moderado de tierras, lo que facilita la creación de trazados

relativamente rectos sin dificultades significativas en la explanación. Además, las pendientes longitudinales suelen situarse típicamente entre el 3% y el 6%.

2.3.12.3. Terreno montañoso

Las pendientes transversales de la vía suelen variar entre el 13% y el 40%. La construcción de carreteras en estas condiciones implica considerables movimientos de tierra y posiblemente la construcción de puentes y otras estructuras para superar el terreno montañoso, lo que dificulta el trazado y la explanación. Además, es frecuente encontrar pendientes longitudinales en las vías que oscilan entre el 6% y el 8%.

2.3.12.4. Terreno escarpado

Las pendientes transversales del terreno con frecuencia superan el 40%. Para la construcción de carreteras, se requiere un movimiento considerable de tierras, enfrentándose a numerosas dificultades en el trazado y la explanación, esto se debe a que los alineamientos están determinados por las divisorias de aguas a lo largo del recorrido de la vía. Por consiguiente, abundan las pendientes longitudinales superiores al 8%, lo que obliga al diseñador a considerar la construcción de puentes, túneles y otras estructuras para sortear los desniveles del terreno.

2.4. Suelo

Es la parte más superficial de la corteza terrestre la que se puede observar a simple vista, sobre este fragmento se asientan y desarrollan las obras de construcción, pues proporciona el soporte de toda estructura como edificios, puentes, vías, etc. (editorial, 2018)

2.5. Topografía

La topografía es la disciplina que se encarga del estudio y representación de las características físicas de la superficie terrestre, incluyendo la forma del terreno, la elevación y la distribución de elementos naturales y artificiales. Esta información es fundamental en diversas aplicaciones,

como la planificación urbana, la construcción de infraestructuras y la gestión ambiental. (Ponce,V.M. 2005).

2.5.1. Estudio topográfico RTK

El sistema RTK (Real Time Kinematic) constituye un avance significativo en la tecnología de posicionamiento global, ofreciendo una precisión sin precedentes en la ubicación de puntos en el espacio. Con una exactitud del orden de centímetros, el RTK se ha convertido en una herramienta indispensable en la topografía y en diversas disciplinas que requieren una ubicación precisa y en tiempo real, permitiendo una mayor eficiencia y exactitud en la recopilación y procesamiento de datos. (Geometer - Agricultura de precisión y GNSS para industrias, 2024)

2.6. Normativa Técnica

Las normas técnicas desempeñan un papel fundamental en la ingeniería civil, ya que establecen los requisitos mínimos que deben cumplir los productos, procesos y servicios para garantizar su idoneidad y seguridad. En este campo, diversas organizaciones reconocidas, como el MTOP, ASTM, INEN y AASHTO, desarrollan y promueven normativas que regulan aspectos constructivos, administrativos y de calidad. Estas normas técnicas son esenciales para asegurar la uniformidad, la interoperabilidad y la confiabilidad en la planificación, diseño, construcción y mantenimiento de infraestructuras civiles.

2.7. AASHTO 93

Las normas AASHTO constituyen un marco técnico de referencia para el diseño, construcción y mantenimiento de infraestructuras de transporte, incluyendo carreteras y puentes. Establecidas por la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras y Transportes

Estatales, estas normas buscan garantizar la calidad, seguridad y uniformidad en los proyectos de ingeniería civil, promoviendo la interoperabilidad y la eficiencia en la operación de las vías. Al seguir estas normas, se pueden minimizar los riesgos, optimizar los recursos y crear infraestructuras duraderas y sostenibles que satisfagan las necesidades actuales y futuras del transporte. (ASTM INTERNATIONAL, 2024)

2.8. Geotecnia

La geotecnia comprende diversas disciplinas dentro de la ingeniería civil que utilizan métodos científicos y principios de ingeniería para analizar los materiales del suelo. Con el fin de resolver problemas ingenieriles, planificar obras y prevenir colapsos o deslizamientos de tierra.. (Geoambiental, 2021)

2.9. Estudios Geotécnicos

Un estudio geotécnico involucra el análisis del suelo sobre el que se va a diseñar el proyecto mediante una serie de ensayos los cuales nos informan el tipo de suelo y sus características a partir de estos resultados es posible el diseño de una vía que cumpla todos los parámetros establecidos.

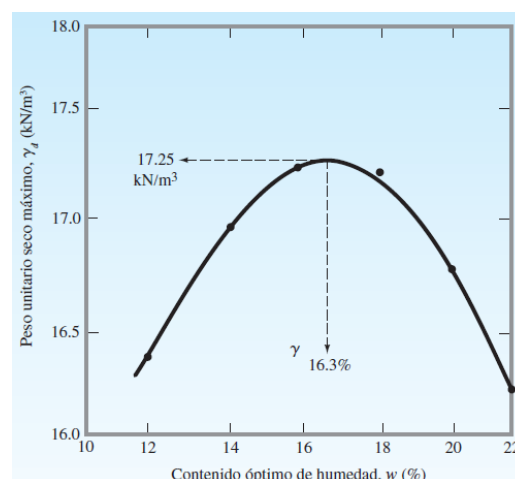
2.9.1. Ensayo de Granulometría

La granulometría es una técnica fundamental en la caracterización de suelos, que permite determinar la distribución de tamaños de partículas en una muestra obtenida in situ. Este análisis se lleva a cabo mediante un proceso de tamizado, en el que se utilizan tamices de diferentes tamaños para separar las partículas en función de su diámetro. La granulometría es esencial para entender las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, lo que a su vez permite diseñar y construir infraestructuras civiles seguras y estables. (COTECNO, 2024). Para la ejecución de este ensayo es necesario seguir el procedimiento de la normativa ASTM D-422.

2.9.2. Ensayo de Proctor Estándar y Proctor Modificado

Los ensayos Proctor Estándar y Proctor Modificado son técnicas fundamentales para determinar la compactación óptima de un suelo y su humedad correspondiente. Estos ensayos involucran la compactación de capas de suelo en un molde cilíndrico normalizado, utilizando un martillo apisonador con un peso específico. La principal diferencia entre ambos ensayos radica en la energía de compactación y el volumen del molde utilizado. Para garantizar la precisión y confiabilidad de los resultados, es esencial seguir el procedimiento establecido en la normativa ASTM D-698, lo que permite obtener datos precisos para el diseño y construcción de infraestructuras civiles.

Figura 3 Curva generada con el ensayo Proctor



Fuente: (Braja M Das, Fundamentos de ingeniería geotécnica 4ta edición, 2013)

2.9.3. Ensayo de CBR (Californian Bearing Ratio)

El ensayo CBR (California Bearing Ratio) es una herramienta fundamental para evaluar la resistencia a la deformación y la capacidad de carga de suelos compactados, lo que resulta esencial para el diseño y construcción de infraestructuras civiles como terraplenes, capas de firme y explanadas. Este ensayo consiste en compactar una muestra de suelo en un molde normalizado, someterla a saturación y luego aplicar una carga controlada mediante un pistón

normalizado. Siguiendo el procedimiento establecido en la normativa ASTM D-1883, se puede determinar el índice CBR, que proporciona una medida objetiva de la capacidad de carga del suelo.

2.10. Pavimentos

Un pavimento es una estructura compleja compuesta por múltiples capas superpuestas, cuidadosamente diseñadas y construidas con materiales específicos y compactados de manera precisa. Estas capas se apoyan en la subrasante, una base preparada mediante excavaciones y rellenos durante la fase de construcción. La estratificación de estas capas permite distribuir y absorber las cargas repetitivas generadas por el tráfico, garantizando la estabilidad y durabilidad del pavimento a lo largo de su vida útil prevista. (Montejo, 2002)

2.10.1. Pavimentos flexibles

Un pavimento flexible es una estructura de pavimento que tiene la propiedad de deformarse elásticamente al momento de enfrentarse a la carga de un vehículo, recuperando su forma luego de que la carga desaparece. Está compuesto por una capa llamada carpeta asfáltica que se asienta sobre la capa de base y la capa de la subbase.

2.10.1.1. Base

La capa de base granular desempeña un papel estratégico en la estructura de los pavimentos, actuando como una capa de transición que distribuye y resiste las cargas del tráfico de manera eficiente. Su función es doblemente importante, ya que no solo garantiza la estabilidad y resistencia del pavimento, sino que también optimiza el uso de materiales de calidad, reduciendo los costos de construcción y mantenimiento. Al actuar como una capa intermedia, la base granular permite una distribución más uniforme de las tensiones y esfuerzos en el pavimento, lo que contribuye a prolongar su vida útil. (Montejo, 2002)

2.10.1.2. Subbase

La subbase granular desempeña un papel multifuncional en la estructura de los pavimentos, combinando aspectos económicos, técnicos y de durabilidad. Por un lado, permite optimizar el uso de recursos, al permitir la utilización de materiales de menor costo en capas inferiores, sin comprometer la resistencia global del pavimento. Además, actúa como una capa de amortiguación, protegiendo la base del pavimento de la contaminación por materiales finos de la subrasante y reduciendo las deformaciones causadas por cambios en el contenido de agua o temperaturas extremas. Así mismo, la subbase granular debe resistir y distribuir eficientemente las cargas vehiculares, contribuyendo también al drenaje adecuado del agua superficial para garantizar la estabilidad y durabilidad del pavimento. (Montejo, 2002)

2.10.1.3. Carpetas Asfálticas

La capa de rodadura es un componente crítico en la estructura de los pavimentos, ya que desempeña múltiples funciones esenciales para garantizar su durabilidad y rendimiento. En primer lugar, proporciona una superficie de contacto uniforme y estable entre los vehículos y el pavimento, resistiendo la abrasión y el desgaste causados por el tránsito intenso. Además, su impermeabilidad evita la infiltración de agua, reduciendo el riesgo de daños estructurales y prolongando la vida útil del pavimento. Finalmente, la capa de rodadura contribuye significativamente a la capacidad estructural del pavimento, proporcionando resistencia a las tensiones y cargas dinámicas y estáticas que actúan sobre él. (Montejo, 2002)

2.10.2. Pavimento Rígido

Los pavimentos rígidos se distinguen por su estructura monolítica compuesta por losas de hormigón que se apoyan directamente sobre la subrasante o una capa de subbase especialmente diseñada. La alta rigidez y el coeficiente de elasticidad del hormigón permiten una distribución eficiente de los esfuerzos, lo que reduce la probabilidad de daños locales. Además, la capacidad

del hormigón para resistir tensiones garantiza un comportamiento estable del pavimento, incluso en áreas con subrasantes débiles. En el diseño de pavimentos rígidos, la resistencia estructural depende principalmente de la resistencia de las losas de hormigón, siendo menos influenciada por las propiedades de las capas subyacentes, lo que simplifica el cálculo del espesor óptimo del pavimento. (Montejo, 2002)

2.11. Diseño de Pavimentos Flexibles

El Método AASHTO de 1993 proporciona una guía detallada para el diseño de pavimentos de carreteras, abarcando tanto pavimentos flexibles como rígidos. Para pavimentos flexibles, el método recomienda una atención especial en el diseño de la capa de rodadura, sugiriendo el uso de hormigón asfáltico y tratamientos superficiales para garantizar una superficie durable y resistente al tráfico intenso. En particular, se establece un umbral de 50.000 vehículos equivalentes de carga de 8,2 toneladas como referencia para determinar la necesidad de un diseño más robusto.

2.11.1. Confiabilidad R

La confiabilidad en el diseño de pavimentos es un aspecto crucial para garantizar su durabilidad y rendimiento a lo largo del tiempo. El parámetro de confiabilidad "R" refleja el nivel de certeza requerido para asegurar que las estructuras de pavimento cumplan con los requisitos de diseño durante su vida útil prevista. En este sentido, la AASHTO establece recomendaciones específicas para la selección de niveles de confiabilidad en función del tipo de camino y la ubicación geográfica, permitiendo así una evaluación más precisa de los riesgos y la optimización de los diseños de pavimento.

Tabla 7 Confiabilidad R

Tipo de Camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona Urbana	Zona RURAL
Rutas interestatales y autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9

Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

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

2.11.2. Módulo Resiliente

La evaluación de las propiedades mecánicas de la subrasante es fundamental para el diseño de pavimentos flexibles. En este sentido, el módulo resiliente se utiliza como una herramienta valiosa para caracterizar el comportamiento de los suelos base. Los datos obtenidos permiten determinar las condiciones de la subrasante y estimar los espesores óptimos de las capas de pavimento, garantizando una estructura estable y duradera. El método AASHTO 93 establece correlaciones entre el módulo resiliente y el CBR, lo que resulta especialmente útil en contextos donde no se dispone de equipos especializados para determinar el módulo de elasticidad, permitiendo así una evaluación más precisa y práctica de las propiedades de la subrasante. (AASHTO, 1993).

Figura 4 Determinación del Módulo Resiliente

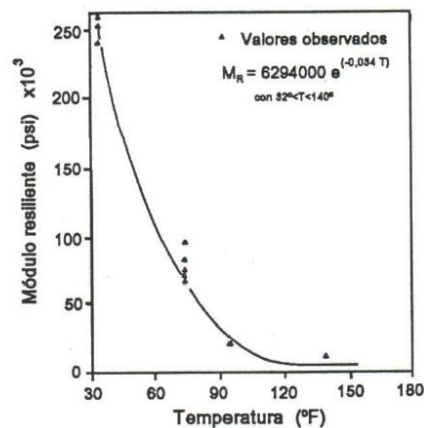
$$\begin{array}{ll}
 MR = 1500(CBR) & CBR < 10\% \\
 MR = 3000(CBR)^{0.65} & 10\% < CBR < 20\% \\
 MR = 4326 \times \ln(CBR) + 241 & \text{Suelos granulares}
 \end{array}$$

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

2.11.3. Módulo resiliente de la carpeta asfáltica

Este parámetro es calculado mediante un ábaco presente en la normativa AASHTO 93 en donde correlaciona la temperatura del Asfalto frente a su módulo resiliente.

Figura 5 Módulo resiliente del Asfalto



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

2.11.4. Número Estructural

El método de diseño de pavimentos flexibles utiliza coeficientes de estructura para evaluar la contribución relativa de cada capa al comportamiento global del pavimento. Estos coeficientes, denominados a_1 , a_2 y a_3 , se asignan a cada capa en función de sus características y propiedades, como la carpeta asfáltica, la base y la subbase. Al aplicar estos coeficientes, se pueden transformar los espesores reales de cada capa en números de estructura (SN), que proporcionan una medida comparativa de la capacidad de cada material para soportar las cargas y esfuerzos impuestos por el tráfico. De esta manera, se puede evaluar y optimizar la estructura del pavimento para garantizar su durabilidad y rendimiento.

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$$

Donde:

- a_1 = Coeficiente estructural del asfalto
- a_2 = Coeficiente estructural de la Base granular
- a_3 = Coeficiente estructural de la Subbase
- D_n = Espesores de las respectivas capas

2.11.5. Determinación de números estructurales

Según las recomendaciones de la MOP (2002), para determinar los módulos resilientes de la subbase y la base, se sugiere utilizar valores de CBR específicos. En el caso de la subbase, se recomienda un CBR mayor o igual al 30%, utilizando los ábacos de la AASHTO para estimar los módulos resilientes y coeficientes estructurales correspondientes. Para la base, se propone un CBR mayor o igual al 80%, aplicando los ábacos de la AASHTO para obtener los valores necesarios. Por otro lado, el coeficiente estructural del asfalto se calcula mediante una fórmula específica que permite determinar su contribución a la estructura del pavimento.

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

Donde:

- a_1 = Coeficiente estructural del asfalto
- Mr = Módulo de resiliencia del asfalto

Figura 6 Ábaco para el cálculo del coeficiente a_2 para Base

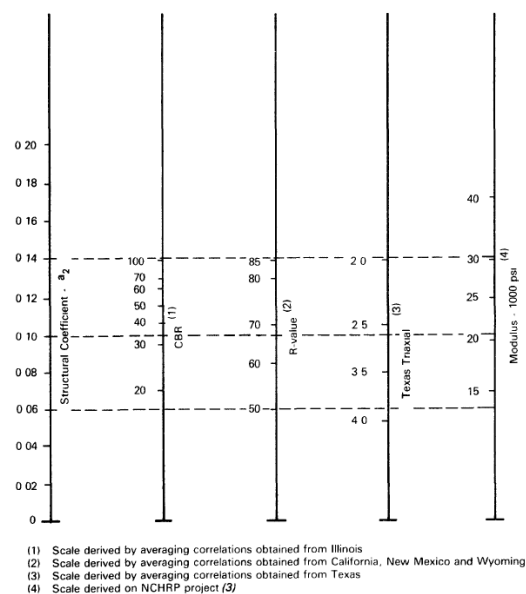


Figure 2.6. Variation in Granular Base Layer Coefficient (a_2) with Various Base Strength Parameters (3)

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

Figura 7 Ábaco para el cálculo del coeficiente a_3 para subbase

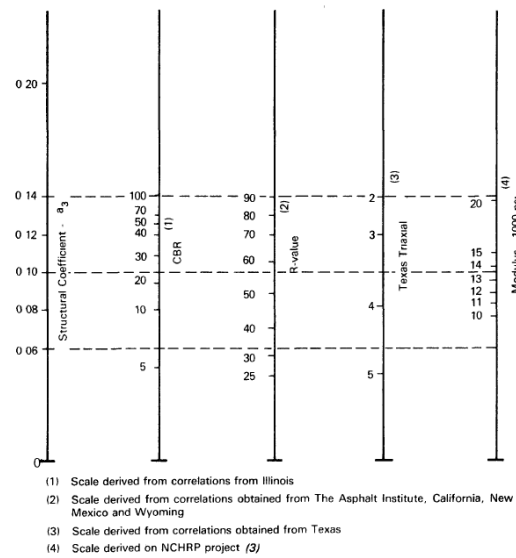


Figure 2.7. Variation in Granular Subbase Layer Coefficient (a_3) with Various Subbase Strength Parameters (3)

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

Figura 8 Ábaco para el cálculo del coeficiente a_1 para asfalto

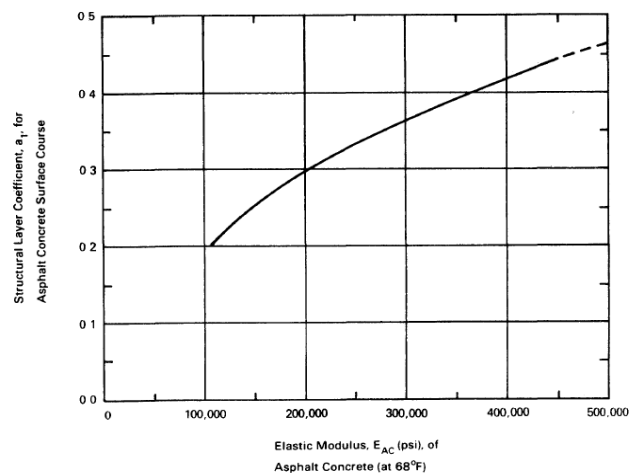


Figure 2.5. Chart for Estimating Structural Layer Coefficient of Dense-Graded Asphalt Concrete Based on the Elastic (Resilient) Modulus (3)

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

2.11.6. Pérdida de serviciabilidad

La serviciabilidad de los pavimentos es un parámetro fundamental que evalúa su capacidad para satisfacer las necesidades del tráfico que lo utiliza. El Índice de Servicio Actual (PSI) es una herramienta efectiva para medir este parámetro, permitiendo evaluar el desempeño del

pavimento en función de su condición actual. En el diseño de pavimentos, se consideran criterios básicos que abarcan aspectos operativos y de mantenimiento, lo que permite diseñar estructuras que cumplan con los requisitos de tráfico y niveles de servicio mínimos requeridos durante su vida útil. (Montejo, 2002).

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

Donde:

- ΔPSI = Índice de serviciabilidad
- P_o = Serviciabilidad Inicial
- P_t = Serviciabilidad Final

2.11.7. Características del drenaje

Aunque el drenaje es un aspecto crítico en el diseño de carreteras, los métodos de pavimentación actuales a menudo incluyen subrasantes con baja permeabilidad. Esta aproximación ofrece la ventaja de permitir una mayor flexibilidad en la determinación de la capacidad de drenaje requerida, adaptándose a condiciones específicas de diseño. En este sentido, la AASHTO proporciona recomendaciones detalladas para la selección de valores adecuados de capacidad de drenaje, en función de la calidad del drenaje existente, lo que facilita la toma de decisiones informadas en el diseño de pavimentos.

Figura 9 Calidad del drenaje según exposición a la humedad

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

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

2.11.8. Diseño Estructural

La guía (AASHTO, 1993) establece un método de diseño específico para pavimentos flexibles en carreteras con un tráfico intenso, superando los 50.000 vehículos equivalentes de carga de 8,2 toneladas. En este contexto, la siguiente ecuación de diseño del pavimento flexible se expresa mediante una fórmula que permite calcular el espesor óptimo del pavimento en función de las características del tráfico, las propiedades del material y las condiciones de la subrasante.

$$\text{Log } W_{18} = ZR * S_o + 9.36 \text{ Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \left(\frac{1.094}{(SN + 1)^{5.19}}\right)} + 2.32 \text{ Log}(Mr) - 8.07$$

Donde:

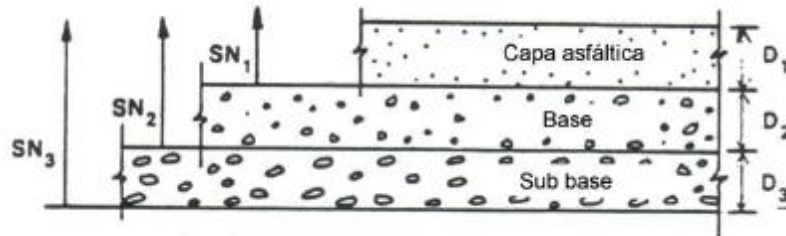
- W_{18} = Número estimado de ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas
- ZR = Desviación estándar normal
- S_o = Error estándar combinado de la predicción del tránsito y de la predicción del comportamiento
- ΔPSI = Diferencias entre los índices de serviciabilidad.
- Mr = Módulo resiliente
- SN = Número estructural

2.11.9. Análisis de espesores

El proceso de diseño de pavimentos implica una serie de cálculos sistemáticos para determinar los espesores óptimos de cada capa. Inicialmente, se calcula el número estructural (SN) requerido para la subrasante, considerando su resistencia y capacidad de soporte. Posteriormente, se determinan los SN necesarios para las subbases y capas base, en función de sus propiedades mecánicas específicas. A partir de estos cálculos, se establecen los espesores

máximos permitidos para cada capa, asegurando que se cumplan las condiciones de capacidad estructural y durabilidad requeridas para el pavimento. (Montejo, 2002)

Figura 10 Capas del Pavimento flexible



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

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

$$SN_1' = a_1 D_1' > SN_1$$

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

$$SN_1' + SN_2' \geq SN_2$$

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

2.12. Señalización Vertical

La seguridad vial es un aspecto crítico que depende en gran medida de la adecuada señalización en las vías. Para garantizar la uniformidad y eficacia de las señales, es fundamental que estas cumplan con los parámetros establecidos por los organismos reguladores, como el Servicio Ecuatoriano de Normalización. El uso de señales que no se ajusten a estos estándares puede generar confusión y situaciones de peligro, lo que subraya la importancia de un diseño de señalización claro, consistente y fácilmente identificable por conductores y peatones. La

normalización de formas, colores y contenido de las señales es esencial para facilitar la rápida comprensión y reacción de los usuarios de la vía. (INEN, 2011)

2.12.1. Colores

Se describe la función de los diferentes colores usados en la señalización vial basados en la Normativa los cuales esta especificados de forma reglamentaria. (INEN, 2011)

Rojo: Se utiliza este color en señales de tráfico para indicar advertencias, prohibiciones y restricciones. Se emplea como fondo para señales de alto, límites de velocidad bajos y señales especiales de advertencia. Además, se utiliza en señales de cruce y en indicaciones que prohíben paradas y estacionamientos en situaciones de riesgo.

Negro: Es un color utilizado en señales de tráfico para proporcionar contraste y claridad. Se emplea como color para emblemas, encabezados y flechas en señales con fondos de colores claros. También se utiliza en señales de precaución y como leyenda en distintivos de tráfico

Blanco: Es el color que resalta en señales reglamentarias como fondo de leyendas y símbolos, incluyendo indicaciones de caminos, nombres de avenidas y señales informativas.

Amarillo: Este color es usado como fondo de señales viales como los indicadores de curvas, límites de velocidad y algunos de emblemas de peligro.

Naranja: Este color se usa cuando existe obstáculos en la vía de manera momentánea, como salida de camiones, el mantenimiento de una vía o algún desastre natural.

Verde: se utiliza como color de fondo en señales que proporcionan información sobre destinos, tarifas de control de peso y peligros. También aparece en leyendas, símbolos y emblemas en señales de estacionamiento gratuito.

Azul: El color azul se utiliza prominentemente en señales de tráfico para proporcionar información relevante a los conductores, siendo empleado como fondo en señales que indican

servicios disponibles, direcciones y opciones de estacionamiento en áreas de pago, incluyendo aquellas que señalan paradas de autobuses con carácter oficial.

Café: se utiliza como fondo para señales que proporcionan información turística y medioambiental. Su uso es específico para indicar información relevante para los viajeros y la conservación del medio ambiente.

2.12.2. Distancia de Legibilidad

En el diseño de señales de tráfico, la elección del alfabeto adecuado es crucial para garantizar la legibilidad y la seguridad vial. Las series D y E son las más recomendadas debido a su excelente legibilidad y estética, lo que las hace ideales para señales de tráfico. La serie C también es aceptable para palabras comunes en señales con restricciones de espacio. Estas letras se utilizan en señales reglamentarias, de advertencia y de construcción de carreteras. En contraste, las letras mayúsculas de las series A y B se reservan para señales que requieren una lectura más detallada, como distintivos de parada. (INEN, 2011)

2.12.3. Señales de Información

Las señales de información vial desempeñan un papel fundamental en la seguridad y eficiencia del tráfico, proporcionando a conductores y peatones información precisa y oportuna para navegar por la red vial. Un diseño adecuado y una colocación estratégica de estas señales son esenciales para garantizar que los usuarios de la vía puedan interpretar correctamente la información y tomar decisiones informadas. En este contexto, se recomienda el uso de la letra mayúscula 160 E modificada, en combinación con letras minúsculas de 120 mm, en vías rurales y urbanas con doble vía y un solo carril en cada sentido, con el objetivo de maximizar la legibilidad y la comprensión del mensaje. (INEN, 2011)

2.12.3.1. Ubicación

La colocación estratégica de señales de advertencia de destino es crucial para garantizar la seguridad vial y permitir a los conductores anticipar y reaccionar adecuadamente. En función del tipo de vía, se establecen distancias específicas para la instalación de estas señales. En áreas urbanas, se recomienda una distancia de aproximadamente 100 metros antes de la intersección, mientras que en zonas rurales, se sugiere una distancia más amplia, entre 150 y 200 metros, para proporcionar un tiempo de reacción adecuado a los conductores que circulan a mayores velocidades.

2.12.3.2. Diseño de flechas

Las flechas en las señales de tráfico desempeñan un papel fundamental en la orientación de los conductores, garantizando un flujo de tráfico seguro y eficiente. Los diseños normalizados de flechas proporcionan una comunicación visual clara y consistente, indicando direcciones específicas y acciones requeridas. Por ejemplo, las flechas ascendentes señalan la continuación recta, mientras que las flechas descendentes indican reducciones de carril o desaceleración. Las flechas inclinadas guían desvíos suaves, y las flechas laterales indican cambios de dirección o carril en intersecciones. La utilización de estos símbolos visuales estandarizados permite a los conductores tomar decisiones rápidas y informadas, reduciendo el riesgo de accidentes y mejorando la fluidez del tráfico. (INEN, 2011)

Figura 11 Flechas para uso de señales de guía

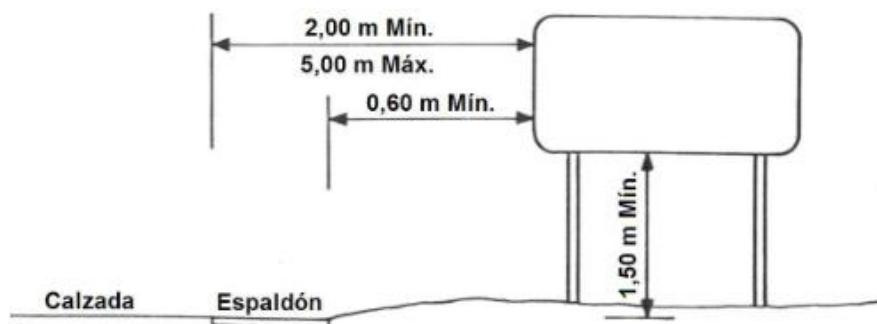


Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2011)

2.12.3.3. Soportes para señales de información

Se indica las dimensiones de las estructuras que conforman los soportes de los postes para vías rurales:

Figura 12 Soporte normal de dos postes - rural



Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2011)

2.12.3.4. Diseño

Las señales de advertencia de destino suelen presentar un diseño conciso y organizado, que permite a los conductores identificar rápidamente la información relevante. En este tipo de señales, se sigue un patrón específico de disposición, donde la indicación del destino ubicado en la dirección principal de avance se coloca en la sección superior, facilitando la visualización y comprensión rápida de la información por parte de los conductores.

Figura 13 Señal de advertencia de destino



Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2011)

2.12.3.5. Señal de decisión de destino

En puntos críticos de la red vial, como intersecciones las señales de advertencia de destino desempeñan una función esencial al proporcionar información clave a los conductores. Estas señales no solo indican la dirección en que continúa una vía, sino que también destacan los destinos más relevantes y significativos a lo largo de esa ruta, permitiendo a los conductores tomar decisiones informadas y precisas sobre su trayecto.

Figura 14 Señal de decisión de destino (I1 - 2a)



Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2011)

2.12.4. Señales Regulatorias

Las señales regulatorias de tránsito desempeñan un papel fundamental en la gestión del tráfico, ya que informan a los usuarios de la vía sobre las normas y regulaciones que deben cumplir, como prioridades, prohibiciones, restricciones y autorizaciones. Estas señales son esenciales para garantizar la seguridad y el orden en la circulación, y su incumplimiento puede tener consecuencias legales. Es importante destacar que las señales regulatorias deben ser utilizadas de manera efectiva, evitando la redundancia y la confusión, y deben incluir indicaciones claras sobre el fin de las restricciones, como la velocidad máxima permitida o el peso máximo autorizado. (INEN, 2011)

2.12.4.1. Clasificación de señales regulatorias

Basado en la normativa (INEN, 2011) disponemos de las clasificaciones que poseen las señales:

Serie de prioridad de paso R1: Estas señales por lo general son ubicadas en intersecciones de vías.

Pare (R1-1). “Se instala en las aproximaciones a las intersecciones, donde una de las vías tiene

prioridad con respecto a otra, y obliga a parar al vehículo frente a esta señal antes de entrar a la intersección.” (INEN, 2011)

Figura 15 Señalización Pare (R1-1)



R1 - 1

Código No.	Dimensiones (mm)	Dimensiones (mm) y serie de letras
R1 - 1A	600 x 600	200 Ca
R1 - 1B	750 x 750	240 Ca
R1 - 1C	900 x 900	280 Ca

Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2011)

La señal de ceder el paso es una indicación crítica que alerta a los conductores que se aproximan a una intersección para que permitan el paso a los vehículos que circulan por la vía principal, garantizando así la continuidad del flujo de tráfico sin interrupciones. Esta señal es fundamental para mantener la seguridad y la eficiencia en la circulación, ya que permite a los vehículos incorporarse o cruzar la intersección de manera segura, siempre que exista espacio suficiente para hacerlo sin riesgos.

Doble vía (R2-2). “Debe ubicarse en el comienzo de una calzada o calle de doble vía y repetirse en todas las intersecciones y cruces. Siempre las señales deben colocarse en ambos lados de la calle.” (INEN, 2011)

Figura 16 Señalización Doble vía (R2-2)



R2-2

Código No.	Dimensiones (mm)	Dimensiones (mm) y serie de letras
R2-2A	900 x 300	100 Cm
R2-2B	1350 x 450	140 Cm

Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2011)

Con esta señal los usuarios de la vía pueden identificar que esta carretera tiene dos direcciones de uso.

Límite máximo de velocidad (R4-1). “Esta señal se utiliza para indicar la velocidad máxima permitida en un tramo de vía.”

Figura 17 - Señalización límite máximo de velocidad



Código No.	Dimensiones (mm)
R4-1 A	600 x 600
R4-1 B	750 x 750
R4-1 C	900 x 900

Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2011)

En casos donde el límite de velocidad en un tramo específico de vía se desvía de las disposiciones establecidas en la normativa vigente, es indispensable realizar un análisis exhaustivo del tramo en cuestión. Este estudio debe tener en cuenta una serie de factores clave, incluyendo el tipo de vía, su velocidad de diseño y operación, la frecuencia de accidentes y el uso del suelo en el área circundante. La señalización correspondiente debe incluir placas adicionales que especifican restricciones de velocidad para diferentes tipos de vehículos, según sea necesario. Además, esta señalización es fundamental para restablecer los límites de velocidad en una vía, y debe ser utilizada de manera independiente, sin reemplazar la señalización que indica el fin de una prohibición o restricción.

2.12.5. Señales Preventivas

Las señales preventivas juegan un papel fundamental en la seguridad vial, ya que alertan a los conductores sobre posibles riesgos y peligros en la vía, permitiéndoles tomar medidas

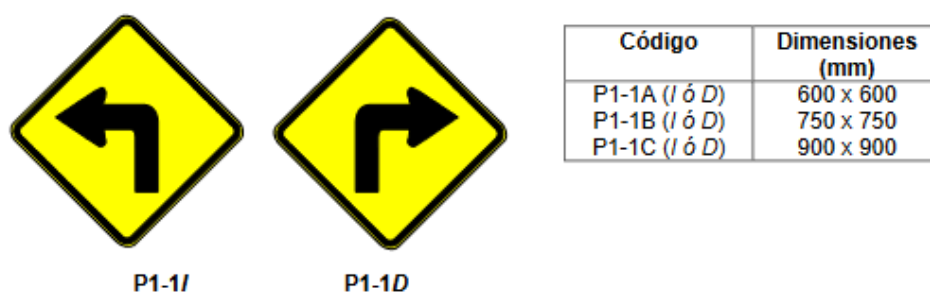
preventivas para evitar accidentes. Estas señales son diseñadas para captar la atención de los conductores y advertirles sobre situaciones potencialmente peligrosas, como curvas pronunciadas, intersecciones, o cambios en la geometría de la vía. Para garantizar su efectividad, las señales preventivas se colocan a una distancia prudente del peligro, siendo esta distancia mínima de 100 metros en áreas urbanas y 150 metros en áreas rurales, lo que permite a los conductores reaccionar adecuadamente y tomar las medidas necesarias para evitar accidentes. (INEN, 2011)

2.12.5.1. Clasificación de señales preventivas

Basado en la normativa (INEN, 2011) disponemos de las clasificaciones que poseen las señales:

Curva cerrada izquierda (P1-1I), derecha (P1-1D). “Estas señales indican la aproximación a curvas cerradas; y se instalan antes de una curva con ángulo de viraje $\leq$ a 90° ; una señal aconsejada de velocidad R4-1 debe acompañar esta señal” (INEN, 2011)

Figura 18 Señalización Curva Cerrada



Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2011)

Curva y contra curva cerradas izquierda-derecha (P1-3I) y derecha-izquierda (P1-3D).

Nos indica la aproximación a dos curvas contrapuestas y cuya tangente de separación es menor a 120 m; y se instalan en aproximaciones a esta clase de curvas. Debe ir acompañada de una señal de velocidad R4-1.

Figura 19 Señalización Curva y Contracurva cerrada



Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2011)

2.13. Señalización horizontal

La señalización de tránsito es un elemento crítico para garantizar la circulación segura y eficiente de vehículos y peatones. Su función es proporcionar información clara y precisa a los usuarios, minimizando los riesgos y protegiendo la salud, la vida y el medio ambiente. Para lograr su objetivo, la señalización debe cumplir con estándares específicos, incluyendo necesidad, visibilidad, claridad, tiempo de reacción adecuado, respeto y credibilidad. Estos requisitos son fundamentales para diseñar una señalización efectiva que contribuya a la seguridad vial y la movilidad sostenible. (INEN, 2011)

2.13.1. Mensaje

La señalización horizontal, integrada por marcas, símbolos y textos aplicados sobre la superficie de la vía, juega un papel clave en la orientación de los conductores, ya que permite transmitir información crucial sin desviar su atención de la calzada. Adicionalmente, los elementos complementarios asociados, como dispositivos sonoros y vibratorios, actúan como sistemas de alerta al ser atravesados por los vehículos, contribuyendo a incrementar los niveles de seguridad vial. Sin embargo, estas señales presentan ciertas limitaciones: su alcance visual es menor en comparación con la señalización vertical, pueden quedar cubiertas por suciedad o sedimentos, su efectividad disminuye en condiciones adversas como lluvia o neblina, y

demandan un mantenimiento constante debido al desgaste generado por el tráfico y factores climáticos. (INEN, 2011)

2.13.2. Ubicación

La ubicación estratégica de la señalización es crucial para garantizar que los usuarios puedan percibir y comprender su mensaje en un tiempo razonable, permitiéndoles reaccionar y realizar la maniobra adecuada, incluso a la velocidad máxima permitida. Esto permite que la señalización cumpla con dos objetivos fundamentales: señalar el inicio, tramo o fin de una restricción o autorización, requiriendo una ubicación precisa, o advertir o informar sobre acciones o maniobras que se realizarán en un punto posterior, garantizando una respuesta oportuna y segura por parte de los usuarios. (INEN, 2011)

2.13.3. Color

La señalización vial emplea una paleta de colores normalizada, destacando el blanco y el amarillo como tonos principales, que deben mantenerse consistentes en toda la señalización para garantizar la claridad y la coherencia visual. Las señales complementarias pueden incorporar colores adicionales como el rojo, siempre que se ajusten a los criterios de coherencia cromática establecidos. La asignación específica de colores se basa en códigos de seguridad bien definidos: blanco para líneas de rebaso, amarillo para líneas condicionales y rojo para líneas de borde derecho que indican peligro y prohibición de rebaso. (INEN, 2011)

2.13.4. Retro reflexión

Para garantizar la visibilidad permanente de las señalizaciones, independientemente de las condiciones climáticas o horarias, se emplean materiales específicos que optimizan su retroreflexión. Las microesferas de vidrio, por ejemplo, mejoran significativamente la visibilidad nocturna al reflejar una gran parte de la luz hacia la fuente luminosa de los vehículos. Es fundamental que estas señales cumplan con los estándares mínimos de

retroreflexión establecidos por la normativa vigente, como la NTE INEN 1 042, y se ajusten a las especificaciones técnicas para pinturas de tráfico, materiales retroreflectivos y encauzadores, asegurando así su eficacia y seguridad en diversas condiciones. (INEN, 2011)

2.13.5. Líneas longitudinales

Las líneas longitudinales en las carreteras desempeñan un papel fundamental en la regulación del tráfico, ya que delimitan carriles y calzadas, indican zonas de adelantamiento y estacionamiento permitidas o restringidas, y designan carriles exclusivos para vehículos específicos. Además, estas líneas advierten sobre la proximidad de cruces peatonales. La morfología y el color de estas líneas transmiten mensajes específicos: las líneas continuas y en zigzag indican restricciones, mientras que las segmentadas permiten el adelantamiento. Las líneas amarillas separan el tráfico en direcciones opuestas y definen restricciones, mientras que las blancas separan el tráfico en la misma dirección y delimitan el borde derecho de la vía. Las dimensiones de estas líneas varían entre 100 mm y 150 mm de ancho. (INEN, 2011)

Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta

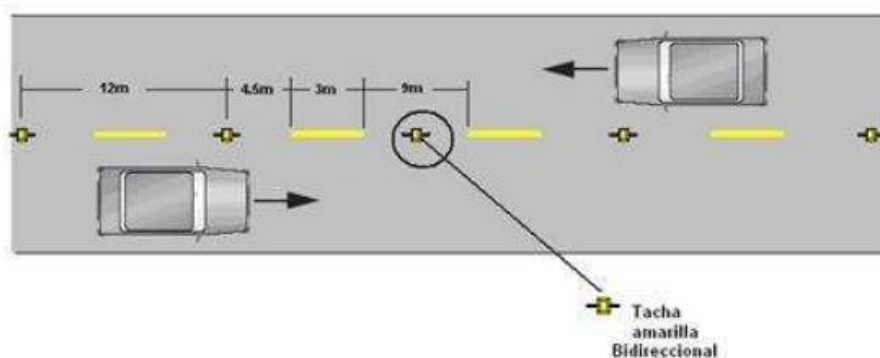
Las líneas amarillas centrales desempeñan un papel crucial en la separación de tráfico en direcciones opuestas, permitiendo su cruce seguro en zonas específicas donde la geometría vial lo permite. En este contexto, existen dos tipos de líneas centrales segmentadas que facilitan el rebasamiento y los giros en condiciones adecuadas, contribuyendo a una circulación más fluida y segura. (INEN, 2011)

Tabla 8 Relación señalización línea de separación de circulación opuesta segmentada

Velocidad máxima de la vía (km /h)	Ancho de la línea (mm)	Patrón (m)	Relación señalización brecha
Menor o igual a 50	100	12,00	3 - 9
Mayor a 50	150	12,00	3 - 9

Fuente: (INEN, Señalización Horizontal, 2011)

Figura 20 Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta

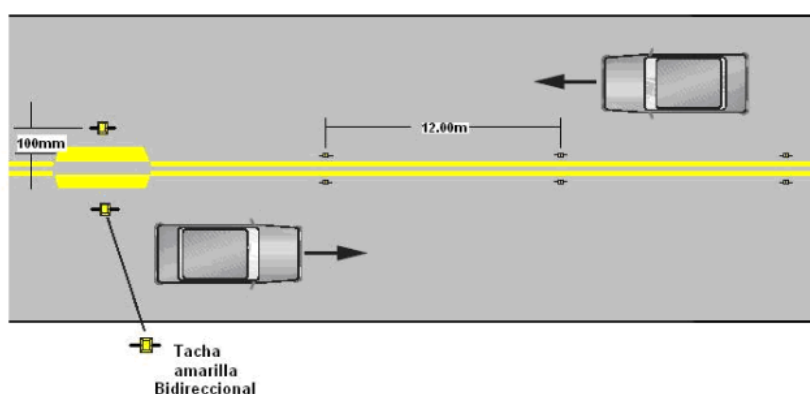


Fuente: (INEN, Señalización Horizontal, 2011)

2.13.5.1. Doble línea continua (línea de barrera)

Las líneas amarillas dobles paralelas constituyen una señalización clave para regular el tráfico y garantizar la seguridad vial. Estas líneas están compuestas por una línea continua y otra segmentada, ambas con un ancho mínimo de 100 mm y separadas por un espacio de 100 mm. Esta configuración permite a los conductores realizar rebasamientos seguros desde el lado de la línea segmentada, mientras que se prohíbe el cruce desde el lado de la línea continua, minimizando así el riesgo de accidentes. (INEN, 2011)

Figura 21 Doble línea continua (línea de barrera)

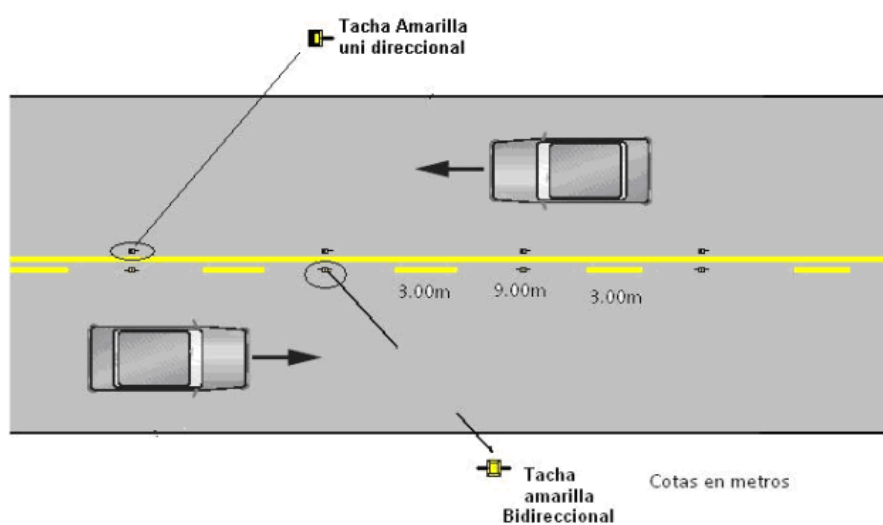


Fuente: (INEN, Señalización Horizontal, 2011)

2.13.5.2. Doble línea mixta

Las líneas centrales segmentadas en las vías públicas se componen de dos líneas amarillas paralelas, una continua y otra discontinua, con un ancho mínimo de 100 mm y separadas por un espacio de igual medida. Esta configuración permite el cruce seguro de vehículos desde el lado de la línea discontinua para realizar maniobras de adelantamiento, mientras que se prohíbe el cruce desde el lado de la línea continua, garantizando así una circulación segura y fluida. (INEN, 2011)

Figura 22 Doble línea mixta: continua y segmentada



Fuente: (INEN, Señalización Horizontal, 2011)

2.13.6. Zonas de no rebasar

Las zonas de "NO REBASAR" deben demarcarse no solo en áreas específicas establecidas por la normativa vigente, sino también en cualquier sector donde la distancia de visibilidad para rebasar sea insuficiente para garantizar un adelantamiento seguro. Esta distancia mínima se calcula considerando el espacio necesario para que un vehículo pueda realizar un rebasamiento sin comprometer la velocidad de los vehículos involucrados. En curvas horizontales, la medición de la distancia de visibilidad se realiza a lo largo del eje del carril más a la derecha, entre dos puntos situados a 1,10 m sobre la superficie del pavimento, alineados tangencialmente con el radio interno de la curva u otras obstrucciones que limiten la visibilidad.

Tabla 9 Distancia de visibilidad

Velocidad de diseño (km/h)	Velocidad del vehículo a ser rebasado (km/h)	Velocidad de rebasamiento (km/h)	Distancia de visibilidad mínima (m)
30	29	44	217
40	36	51	285
50	44	59	345
60	51	66	407
70	59	74	482
80	65	80	541
90	73	88	605
100	79	94	670
110	85	100	728
120	91	106	792

Fuente: (INEN, Señalización Horizontal, 2011)

Tabla 10 Distancia de rebasamiento mínimo

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

Fuente: (INEN, Señalización Horizontal, 2011)

2.13.7. Líneas de borde de calzada.

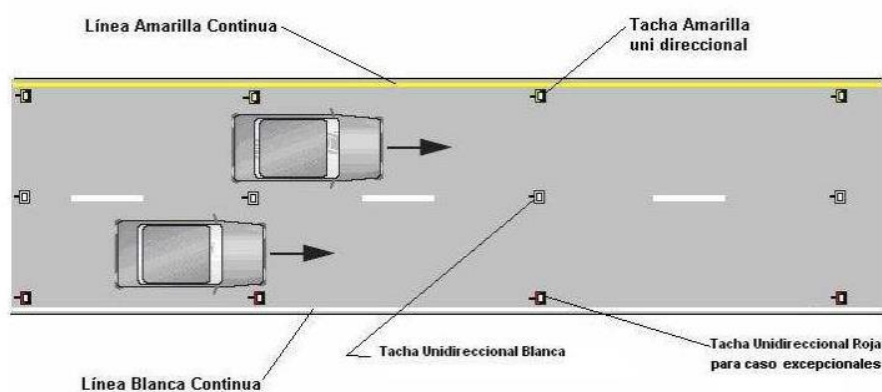
Las líneas de borde en las vías públicas desempeñan un papel fundamental en la orientación de los conductores, especialmente en situaciones de baja visibilidad. Al delinear claramente el límite de la calzada, estas líneas facilitan la posición adecuada de los vehículos y garantizan una circulación segura. Su importancia es aún mayor cuando los conductores enfrentan encandilamientos por luces de vehículos en sentido contrario, ya que en tales casos, las líneas de borde suelen ser la única referencia visual disponible. Por lo tanto, su implementación es

esencial en carreteras, vías rurales y perimetrales para asegurar una conducción segura y eficiente. (INEN, 2011)

2.13.7.1. Líneas de borde de calzada continua

Las líneas de borde, de color blanco, se ubican estratégicamente en el límite de la calzada para orientar a los conductores, sin extenderse más allá de ella. En casos donde la calzada se divide mediante un parterre o isla, se emplea una línea amarilla en el lado izquierdo del sentido de circulación, con anchos mínimos específicos: 100 mm en vías urbanas y 150 mm en autopistas y carreteras.

Figura 23 Líneas continuas de borde



Fuente: (INEN, Señalización Horizontal, 2011)

2.13.8. Líneas transversales

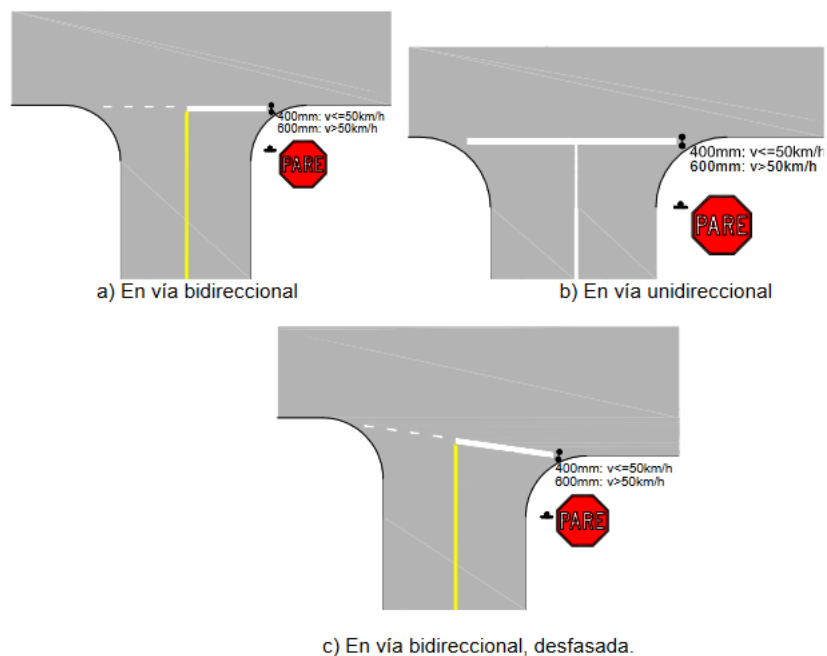
Las líneas transversales en intersecciones y cruces desempeñan un papel crucial en la regulación del tráfico, indicando a los conductores dónde detenerse, ceder el paso o reducir la velocidad. Además, marcan las trayectorias seguras para el cruce de peatones y ciclistas, otorgándoles prioridad. Estas líneas, invariablemente de color blanco, pueden presentarse en formatos continuo o segmentado, y se ubican en el punto más próximo a la intersección o paso peatonal, garantizando una señalización clara y efectiva para la seguridad y el orden del tráfico. (INEN, 2011).

2.13.8.1. Líneas de pare

La línea de detención indica el punto exacto donde los vehículos deben detenerse antes de ingresar a una intersección o vía con prioridad. Su ancho varía según la velocidad máxima permitida en la vía, oscilando entre 400 mm para vías de baja velocidad (hasta 50 km/h) y 600 mm para vías de alta velocidad. Esta línea se coloca estratégicamente en los carriles de aproximación a dispositivos de control de tránsito, garantizando que los conductores detengan su marcha de manera segura antes de acceder a una vía con mayor prioridad.

Además, en intersecciones equipadas con señales verticales de "PARE", la línea de detención se alinea precisamente con la proyección de los bordillos hacia el interior de la vía, regulando así el flujo vehicular.

Figura 24 Línea de pare en intersección con señal vertical de pare



Fuente: (INEN, Señalización Horizontal, 2011)

2.13.9. Precipitaciones

Las precipitaciones, resultado de complejos procesos atmosféricos, se cuantifican habitualmente en términos de milímetros de agua acumulada en un período determinado. La medición de estas precipitaciones puede realizarse de dos maneras: mediante la evaluación de la altura de agua caída en un intervalo específico, o bien, a través de la intensidad de la lluvia, expresada en milímetros por hora durante un evento de precipitación intensa. (Pérez Carmona, 2013)

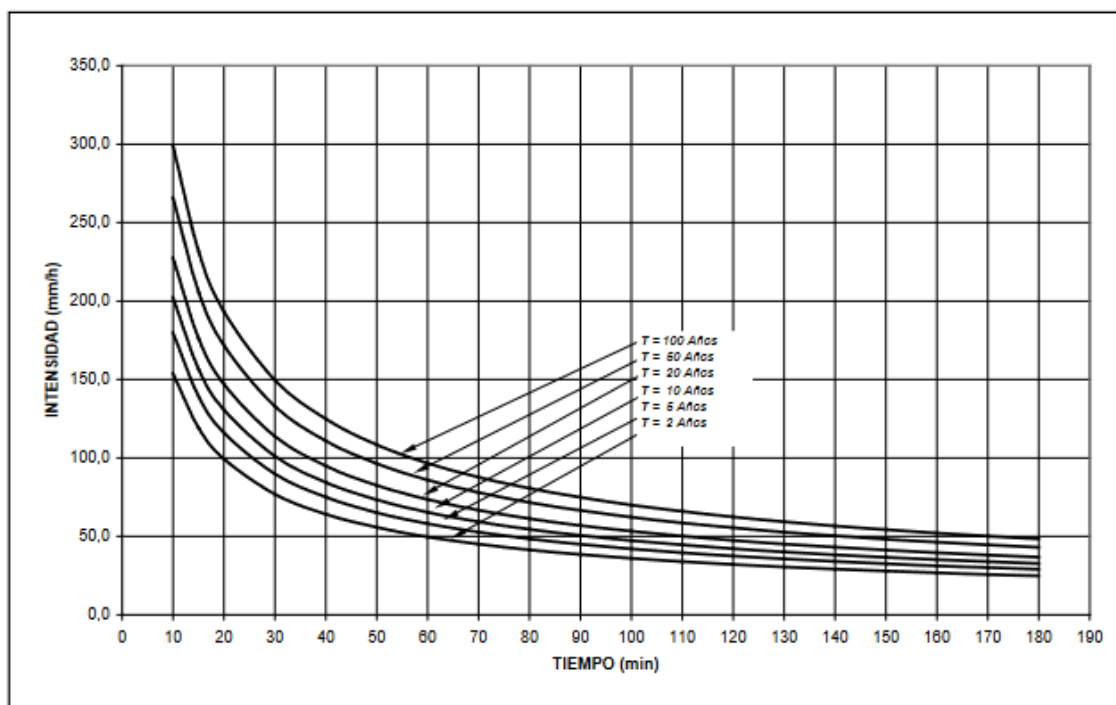
2.13.10. Datos de Lluvia

La precisión en la registración de datos pluviométricos es crucial, considerando factores como la cantidad, intensidad y duración de las precipitaciones. Herramientas especializadas, como mapas de lluvia y curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), son esenciales para analizar la distribución temporal de las precipitaciones y calcular las máximas intensidades en períodos específicos. Estos datos son fundamentales en la hidrología y la ingeniería civil para simular con precisión los procesos de lluvia y escorrentía en modelos de pronóstico y diseño, garantizando así la planificación y ejecución efectiva de proyectos hidráulicos y de infraestructura. (Fattorelli & Fernandez, 2011)

2.13.11. Curvas IDF

Las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) representan la cantidad de precipitación (calculada como intensidades de lluvia) en función de la duración del evento y la probabilidad de ocurrencia en períodos de retorno específicos. (Instituto Nacional de Vías, 2009)

Figura 25 Curvas IDF



Fuente: (INVIAS, Manual de drenaje para carreteras, 2009)

2.13.11.1. Cálculo de Curvas IDF

Para este proyecto se realizó el cálculo de las curvas IDF, para las cuales se necesitó los datos históricos de precipitaciones máximas en 24 horas, datos los cuales se obtienen de los anuarios meteorológicos presentes en el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2024). Dichos datos son registrados gracias a estaciones meteorológicas ubicadas en todo el Ecuador, siendo estos datos de libre acceso.

2.14. Cunetas

El sistema de drenaje es un componente fundamental para garantizar el funcionamiento seguro y eficiente de las carreteras. Su función principal consiste en la evacuación rápida y efectiva del agua de lluvia de la calzada, mitigando el riesgo de charcos peligrosos y controlando el nivel freático para prevenir daños estructurales en la infraestructura. Además, este sistema

intercepta y desvía el agua que fluye hacia la carretera, protegiéndola contra la erosión y garantizando su estabilidad. En áreas de corte, el sistema recoge y conduce el agua esorrente hacia drenajes naturales o transversales, alejándola de la carretera y reduciendo el riesgo de inundaciones y erosión en los taludes. Esto no solo prolonga la vida útil de la infraestructura, sino que también minimiza los costos de mantenimiento a largo plazo. (MTOP, 2003)

2.14.1. Pendiente y velocidad

En áreas de corte, la cuneta se ubicará estratégicamente entre el borde de la carretera y la base del talud. Su diseño incluirá una pendiente longitudinal que siga el perfil de la vía, con una inclinación mínima del 0,50%. La pendiente máxima permitida dependerá de la velocidad del flujo de agua, factor que determina la necesidad de revestimiento para prevenir la erosión. Aunque la velocidad crítica que induce erosión varía según el tipo de material, en la práctica se establecen límites de velocidad máxima en las cunetas: 3,00 m/s para revestimientos de zampeado y 4,00 m/s para revestimientos de hormigón, garantizando así la estabilidad y durabilidad de la infraestructura.

Tabla 11 Velocidades del Agua con que se erosionan diferentes materiales

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

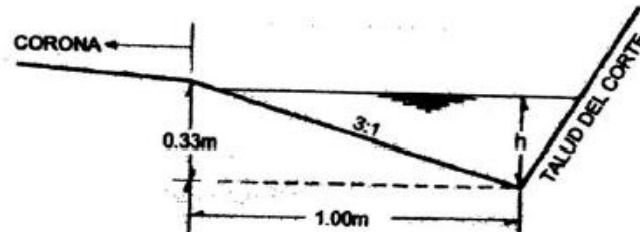
Fuente: (MTOP, Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003)

2.14.2. Forma de la Sección

Las cunetas pueden ser de varias formas en su sección transversal, incluyendo perfiles triangulares, rectangulares y trapezoidales. Sin embargo, las cunetas triangulares son las más ampliamente utilizadas en Ecuador, debido a su sencilla construcción y mantenimiento.

Cuando se requiere una mayor capacidad hidráulica, las cunetas rectangulares o trapezoidales se convierten en opciones viables, ofreciendo una mayor eficiencia en la gestión de flujos de agua.

Figura 26 Dimensiones típicas de cunetas

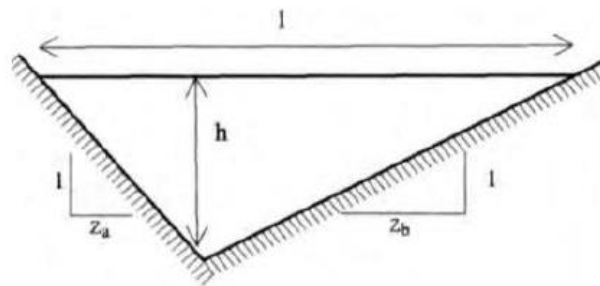


Fuente: (MTO, Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003)

2.14.3. Sección típica de la cuneta

Como se mencionó anteriormente, en Ecuador el tipo de cunetas más usadas son triangulares, por ello se toma una sección de la NEVI (Norma Ecuatoriana Vial).

Figura 27 Sección Típica de una cuneta



Fuente: (NEVI 12, Norma para Estudios y Diseños Viales, 2013)

Para determinar su geometría se usan las siguientes formulaciones:

$$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$$

- Área

$$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$$

- Perímetro mojado

- Ancho superficial $I = (z_a + z_b) * h$

2.14.4. Cálculo del Coeficiente de escorrentía C

Se expresan diferentes coeficientes de escorrentía según el tipo de material o de suelo presente en la zona de estudio, estos fueron tomados del libro Urban Water Resources Research Council (American Society of Civil Engineers, 1992).

Figura 28 Coeficientes de escorrentía

TABLE 5.5: Normal Range of Runoff Coefficients*

Character of Surface (1)	Runoff Coefficients (2)
Pavement	
Asphalt and Concrete	0.70 to 0.95
Brick	0.70 to 0.85
Roofs	0.75 to 0.95
Lawns, Sandy Soil	
Flat (2 percent)	0.05 to 0.10
Average (2 to 7 percent)	0.10 to 0.15
Steep (>7 percent)	0.15 to 0.20
Lawns, Heavy Soil	
Flat (2 percent)	0.13 to 0.17
Average (2 to 7 percent)	0.18 to 0.22
Steep (>7 percent)	0.25 to 0.35

TABLE 5.6: Typical Composite Runoff Coefficients, by Land Use*

Description of Area (1)	Runoff Coefficients (2)
Business	
Downtown	0.70 to 0.95
Neighborhood	0.50 to 0.70
Residential	
Single Family	0.30 to 0.50
Multi-units, detached	0.40 to 0.60
Multi-units, attached	0.60 to 0.75
Residential (suburban)	0.25 to 0.40
Apartment	0.50 to 0.70
Industrial	
Light	0.50 to 0.80
Heavy	0.60 to 0.90
Parks, cemeteries	0.10 to 0.25
Playgrounds	0.20 to 0.35
Railroad yards	0.20 to 0.35
Unimproved	0.10 to 0.30

Fuente: (American Society of Civil Engineers, Urban Water Resources Research Council, 1992)

2.14.5. Cálculo del caudal en la estructura

Para establecer los caudales máximos esperados en estructuras, se puede utilizar la ecuación racional. Esta fórmula permite calcular los caudales máximos de manera eficiente y precisa. (Fattorelli & Fernandez, 2011)

Donde:

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

- Q = Caudal (m³/s).
- C = es el coeficiente de escorrentía (tabla 13).
- I = Intensidades de las lluvias (mm/hora).
- A = Áreas (hectáreas).

3. METODOLOGIA

3.1. Cálculos

3.1.1. Topografía

Para la realización de la topografía fue necesario conocer a detalle las características de la vía y la implementación del sistema de RTK para realizar el reconocimiento de la zona.

3.1.2. Ubicación del proyecto

La carretera que une la parroquia de Cochapata con la parroquia de Morasloma, tiene una extensión total de 88.3 km pero el tramo a realizarse es de 2.75km y actualmente cuenta con una capa de rodadura de lastre. Como se muestra en la figura 37, el trazado de la vía ya está establecido, sin embargo, esta carretera aún no está pavimentada y carece de un diseño geométrico adecuado.

Figura 29 Ubicación del proyecto



Fuente: (Google Earth, 2024)

3.1.3. Levantamiento

Se utilizó un RTK brindado por la Universidad Politecnica Salesiana, para llevar a cabo con éxito el levantamiento, obteniendo coordenadas precisas del sitio.

Figura 30 RTK utilizado

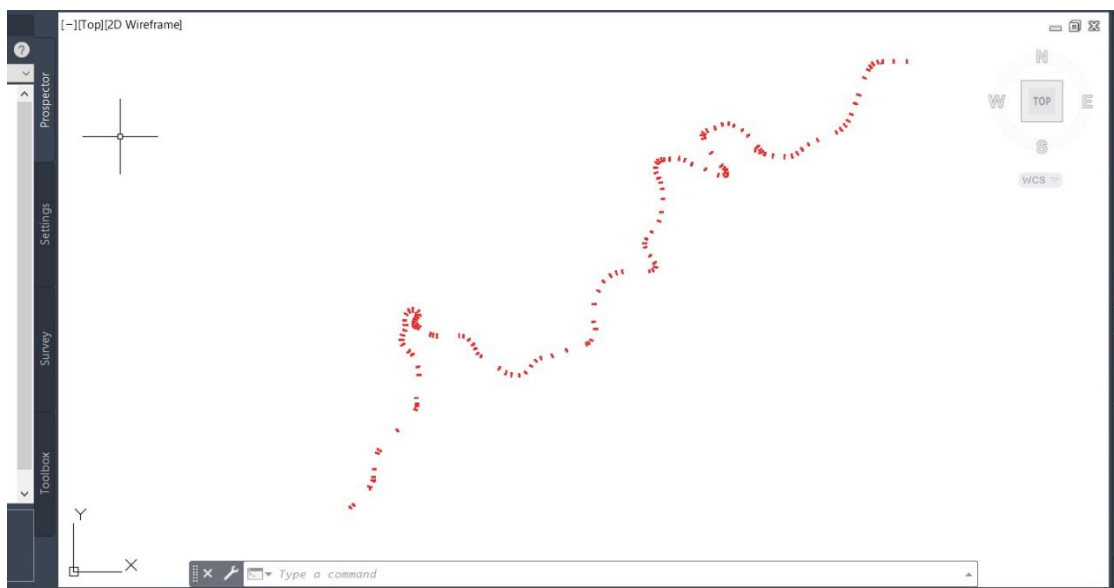


Fuente: Autor

3.1.4. Procesamiento de datos

Utilizando el equipo mencionado, se llevó a cabo la recolección de datos topográficos del terreno, incluyendo la medición del ancho de la vía actual, estructuras existentes, entre otros. Esta información se procesó mediante un cable LAN del Mobil del RTK a la Computadora, para ser importados en el software CIVIL 3D.

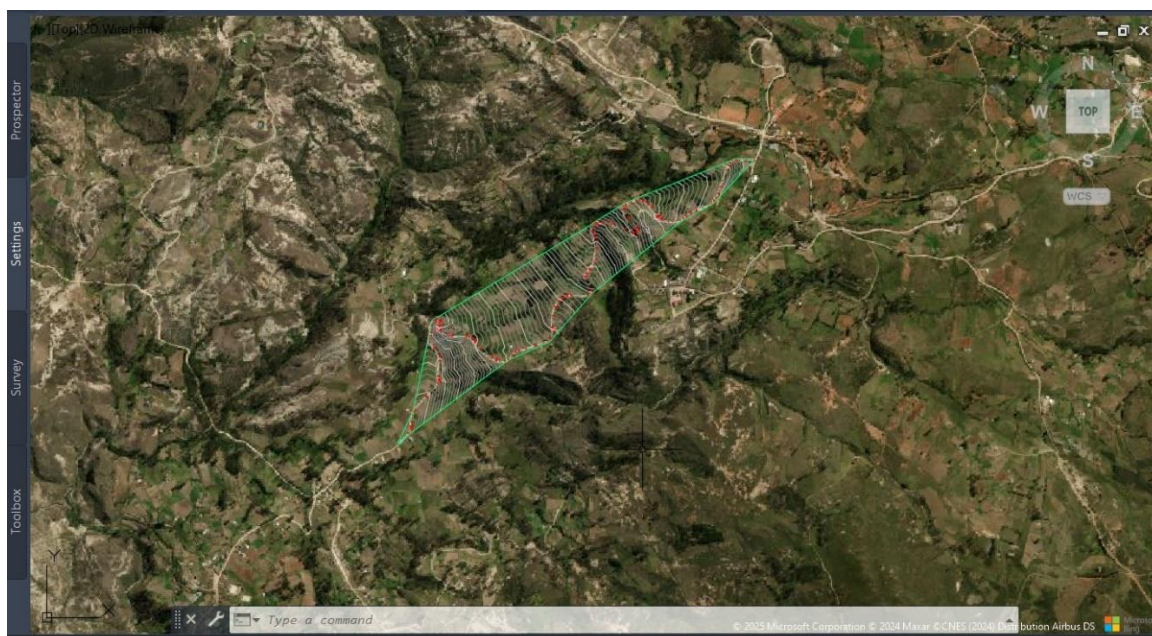
Figura 31 Nube de puntos importados en Civil 3D



Fuente: Autor

Con la nube de puntos densa obtenida, se procedió a crear las curvas de nivel, estas se presentan a continuación en el software Civil 3D.

Figura 32 Curvas de Nivel en Civil 3D



Fuente: Autor

3.2. Ensayos de Laboratorio

Es de vital importancia llevar a cabo estudios detallados para entender las propiedades mecánicas del suelo en la zona del proyecto. Estos análisis son indispensables para desarrollar un diseño vial óptimo, ya que facilitan la adaptación del proyecto a las condiciones particulares del terreno.

3.2.1. Recolección de muestras

Debido a la magnitud del proyecto, se realizó la toma de muestras de suelo a intervalos de un kilómetro a lo largo del área de estudio. Este proceso se llevó a cabo mediante la excavación de calicatas, lo que permitió recolectar una cantidad considerable de material para los análisis en laboratorio.

Figura 33 Recolección de muestras de suelo



Fuente: Autor

Debido a que la extensión de la vía es de 2.75 km se obtuvieron 3 calicatas, de las cuales se realizaron los ensayos de laboratorio de cada una de ellas para determinar los tipos de suelo y sus propiedades geomecánicas.

3.2.2. Proctor Modificado

Para caracterizar adecuadamente las propiedades del suelo en el sitio del proyecto, se realizaron ensayos de Proctor Modificado según la norma ASTM D-698 en las muestras recolectadas de las cuatro calicatas. Este ensayo permitió determinar la densidad seca máxima y la humedad óptima requerida para alcanzarla en cada una de las muestras analizadas. La obtención de estos parámetros fue fundamental para garantizar que el diseño y la compactación de la vía se ajusten a las condiciones específicas del suelo, lo que es esencial para asegurar la estabilidad y durabilidad de la infraestructura vial.

Para la elaboración del Proctor se realiza un ensayo granulométrico de las muestras tomadas in situ, esto ofrece como resultado la descripción de las partículas que contiene el suelo destinado al diseño de pavimentación.

Tabla 12 Especificaciones de la prueba Proctor Modificada

Tabla 5.3 Especificaciones de la prueba Proctor modificada (Basadas en Norma ASTM Prueba 1577)

Elemento	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	101.6 mm	101.6 mm	152.4 mm
Volumen del molde	943.3 cm ³	943.3 cm ³	2124 cm ³
Peso del martillo	44.5 N	44.5 N	44.5 N
Altura de la caída del martillo	457.2 mm	457.2 mm	457.2 mm
Número de golpes de martillo por capa de suelo	25	25	56
Número de capas de compactación	5	5	5
Energía de compactación	2696 kN-m/m ³	2696 kN-m/m ³	2696 kN-m/m ³
Suelo utilizado	Porción que pasa el tamiz núm. 4 (4.75 mm). Puede ser utilizada si 20% o menos del peso de material es retenido en el tamiz núm. 4	Porción que pasa el tamiz de 9.5 mm. Puede utilizarse si el suelo retenido en el tamiz núm. 4 es más de 20% y 20% o menos del peso es retenido en el tamiz de 9.5 mm.	Porción que pasa el tamiz de 19 mm. Puede utilizarse si más de 20% del material es retenido en el tamiz de 9.5 mm y menos de 30% del peso es retenido en el tamiz de 19 mm.

Fuente: (Braja M Das, Fundamentos de ingeniería geotécnica 4ta edición, 2013)

Mediante el ensayo granulométrico de las tres muestras del suelo que se tomó a cada kilómetro y a los últimos 740 metros y de acuerdo a la tabla anterior se obtiene el peso específico seco Máximo y la humedad óptima que se presenta en la tabla posterior.

Tabla 13 Resultados de Proctor Modificado

Resultados Proctor			
Calicata 1	Peso Especifico	1773.7	(Kg/m ³)
	Humedad Óptima	12.5	%
Calicata 2	Peso Especifico	1321.3	(Kg/m ³)
	Humedad Óptima	9.02	%
Calicata 3	Peso Especifico	1629.5	(Kg/m ³)
	Humedad Óptima	14.2	%

Fuente: Autor

Los respectivos cálculos y resultados de este ensayo se ubicarán en los anexos.

3.2.3. CBR

Posterior a al ensayo de Proctor realizado se obtienen diferentes resultados los cuales son de útiles para la realización de análisis de CBR (California Bearing Ratio) basado en la norma ASTM D-1883. Con la obtención de este ensayo se podrá definir la capacidad de resistencia del suelo de las diferentes ubicaciones de donde se extrajo las calicatas. Obteniendo así los resultados proyectados en la siguiente tabla.

Tabla 14 Resultados de CBR

	CBR al 95% para 0.10"
Calicata 1	4.06
Calicata 2	1.38

Calicata 3	2.26
-------------------	------

Fuente: Autor

Con estos resultados es necesario colocar material de mejoramiento para sustituir este déficit de CBR en la que en tres muestras tomadas superan el mínimo indicado en la normativa MTOP, por lo que se procede a optar un valor del CBR de 6% siguiendo la norma anteriormente indicada para que el suelo cumpla con un adecuado diseño de la subrasante.

Los respectivos cálculos y resultados de este ensayo se ubicarán en los anexos.

3.3. TPDA

3.3.1. Conteo Vehicular

Con el objetivo de obtener datos precisos sobre el tráfico vehicular en la vía Cochapata - Morasloma, se implementó una estación de conteo equipada con una cámara Wi-Fi de alta definición. Estratégicamente ubicada en el inicio de la vía, esta estación permite monitorear y analizar el tráfico en una de las áreas con mayor actividad vehicular. La instalación de la cámara en este punto crítico facilita la recopilación de datos detallados sobre el flujo vehicular, proporcionando información valiosa para la planificación y gestión de la carretera. La estación de conteo no solo proporciona estadísticas precisas, sino que también ayuda a identificar patrones de tráfico y posibles problemas en la red vial, lo que permite a las autoridades tomar decisiones informadas para mejorar la infraestructura y optimizar el flujo vehicular en la vía.

Los datos recopilados fueron los siguientes:

Tabla 15 Total de vehículos que ingresan y salen por día, en una semana

Total, de vehículos que ingresan y salen por día, en una semana						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
174	154	180	136	150	212	231

Fuente: Autor

Factor Horario:

El factor horario está relacionado al conteo vehicular realizado en 24 hora, así que, como el conteo si fue realizado durante 24 horas el factor diario en este caso sería de 1.

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

Factor Diario:

El factor diario está relacionado al conteo vehicular realizado en un lapso de 7 días, así que, como el conteo si fue realizado durante una semana, el factor diario en este caso sería de 1.

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

Factor Semanal:

Este factor se determina considerando el número de semanas en cada mes y el mes específico en el que se realizó el conteo. Sin embargo, en este ensayo se opta por un Fs de 1.107 cuyo valor corresponde a el mes de octubre y considerando que el año no es un bisiestro.

Tabla 16 Factor semanal correspondiente al presente año

Mes	# De Días	# De 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

Por lo tanto:

$$Fs = 1.107$$

Factor Mensual:

El consumo de combustibles en la provincia del Azuay fue un factor clave en el análisis. Para este fin, se utilizaron datos históricos de consumo de combustibles, los cuales permitieron realizar una proyección anual del uso de combustibles fósiles. Se emplearon los datos del año 2023 como referencia para este estudio.

Tabla 17 Tabla de consumo de combustibles para Azuay 2023

Mes	Extra	Super	Diesel	Suma	Factor mensual
Enero	5,041,034.00 \$	426,907.00 \$	3,821,603.00 \$	9,289,544.00 \$	1.059591614
Febrero	4,880,836.00 \$	433,298.00 \$	3,541,383.00 \$	8,855,517.00 \$	1.111524366
Marzo	5,355,979.00 \$	453,869.00 \$	3,841,103.00 \$	9,650,951.00 \$	1.019912226
Abril	5,032,952.00 \$	413,959.00 \$	3,736,007.00 \$	9,182,918.00 \$	1.071894894
Mayo	5,078,272.00 \$	399,376.00 \$	4,163,812.00 \$	9,641,460.00 \$	1.020916222
Junio	5,196,709.00 \$	387,913.00 \$	4,223,877.00 \$	9,808,499.00 \$	1.003529991
Julio	5,547,513.00 \$	419,991.00 \$	4,503,173.00 \$	10,470,677.00 \$	0.940065568
Agosto	5,452,805.00 \$	428,022.00 \$	4,448,420.00 \$	10,329,247.00 \$	0.952937123
Septiembre	5,349,559.00 \$	389,638.00 \$	4,417,146.00 \$	10,156,343.00 \$	0.969160151
Octubre	5,258,978.00 \$	392,703.00 \$	4,126,129.00 \$	9,777,810.00 \$	0.9612045
Noviembre	5,417,543.00 \$	396,626.00 \$	4,330,418.00 \$	10,144,587.00 \$	0.98288749
Diciembre	5,907,968.00 \$	444,561.00 \$	4,457,393.00 \$	10,809,922.00 \$	0.910563732
TOTAL ANUAL	63,520,148.00 \$	4,986,863.00 \$	49,610,464.00 \$		
PROMEDIO DE LA SUMA MENSUAL DE LOS 3 TIPOS DE COMBUSTIBLES				9,843,122.92 \$	

Fuente: Elaboración propia basada en (PETROECUADOR, 2023)

3.3.2. Cálculo de TPDA

Una vez realizado el cálculo de los factores necesarios para el cálculo del TPDA, se procede a calcular un ejemplo del TPDA de vehículos livianos, en los anexos estará especificado de vehículos pesados y autobuses. Por lo tanto:

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

$$TPDA_{2024(livianos)} = 207 * 1 * 1 * 1.1071 * 0.96120450$$

$$TPDA_{2024} = 220$$

Tabla 18 TPDA observado corregido

TPDA VEHICULAR			
PROMEDIO LIVIANOS	207	TPDA LIVIANOS	220
PROMEDIO PESADOS	17	TPDA PESADOS	18
PROMEDIO BUSES 2DA	7	TPDA Buses	7
TOTAL	231		245

Fuente: Autor

3.3.3. Proyección de trafico

Para calcular el TPDA (Tránsito Promedio Diario Anual) proyectado, se utilizó un método llamado modelo logístico LOGIT utiliza información de los vehículos matriculados en la provincia del Azuay en diferentes años desde 1969, también se toma como una variable el crecimiento poblacional de la provincia mencionada con lo que se obtiene las tasas de crecimiento vehicular para automóviles livianos, buses y camiones, estas tasas se registran cada cinco años, es decir se tiene un tasa para los años de 2023-2028, posterior a este se tiene una para los años 2028-2033 y así progresivamente. La elección de este método se justificó por la falta de información sobre el crecimiento del parque automotor en Nabón o alguna ciudad cercana a esta. Se presenta la tabla con los respectivos datos de las tasas obtenidas.

Tabla 19 Tasa de crecimiento vehicular

Tasa de crecimiento de los vehículos			
Periodo	Livianos	Buses	Camiones
2023-2028	3.04%	1.64%	1.64%
2028-2033	2.54%	1.52%	1.52%
2033-2038	2.14%	1.41%	1.41%
2038-2043	1.83%	1.32%	1.32%

Fuente: Maestría de ingeniería en vialidad y transporte universidad de cuenca año 2016

Con los datos obtenidos se obtiene el tráfico proyectado en esta caso para 20 años con las fórmulas indicadas.

$$Tf = Ta * (1 + i)^n$$

Donde:

$$Ta = \text{Tráfico actual}$$

$$i = \text{Tasa de crecimiento de trafico (tasa de crecimiento poblacional)}$$

$$n = \text{Numero de años proyectados}$$

Por lo tanto:

Tabla 20 Calculo de TPDA proyectado con la tasa vehicular

TRAFICO PROYECTADO A 20 ANOS (2043)	Tf = $Ta (1+i)^n$ $A = T_o * Fh * Fd * Fs * Fm$ años a proy			
	Livianos	Pesados	Buses	TPDA Proyectado
	353	24	9	386

Fuente: Autor

Con todos los resultados obtenidos y siguiendo la normativa indicada se obtiene un tráfico proyectado de 386.

3.4. ESALS

El factor equivalente de carga ofrece una herramienta valiosa para evaluar y comparar los niveles de daño causados por diferentes ejes de vehículos. Además, permite cuantificar el desgaste total generado por un vehículo específico, sumando los daños producidos por cada eje. Este enfoque dio origen al concepto de Factor de Camión (FC), definido como el número de Ejes de Carga Equivalente a un Eje de Carga (ESALs) por vehículo. Aunque el FC puede calcularse para categorías generales de camiones o para todos los vehículos comerciales, su precisión aumenta cuando se aplica a cada categoría específica de camiones, considerando las configuraciones de tránsito particulares de cada una. (AASHTO, 1993)

$$LEF = \frac{\text{No. de ESALs de 80 KN que producen una pérdida de serviciabilidad}}{\text{No. de ejes de } x \text{ KN que producen la misma pérdida de serviciabilidad}}$$

$$\text{FACTOR CAMION} = \frac{\text{No. de ESALs}}{\text{No. de camiones}}$$

Tabla 21 Cálculo de factor camión por tipo de vehículo

DATOS DE CONTEO DE TRAFICO														
Nº	TIPO DE VEHICULO	DISTRIBUCION MAXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCION	PESO MAX PERM (TON)	LONG. MAX PERM (m)	Frecuencia	1 EJE SIMPLE							
							Carga	LEF	Carga	LEF	Carga	LEF	Carga	LEF
1	AUTOS					352	1	0.00043	1	0.0004255				
2	2D		CAMION DE 2 Ejes PEQUEÑO	7	5.00	2.60	3.00	3	0.02417	4	0.0728859			
3	2DA		CAMION DE 2 Ejes MEDIANO	30	7.50	2.60	3.50	3	0.02417	7	0.5623615			
4	2DB		CAMION DE 2 Ejes GRANDE	38	12.50	2.60	4.00	7	0.56236	11	3.1997644			

Fuente: MTOP

La determinación de los parámetros necesarios para calcular los Ejes de Carga Equivalente a un Eje de Carga (ESALs) se fundamenta en datos de diseño y características específicas de la vía. Estos datos incluyen, entre otros, el número de carriles, los niveles de confiabilidad requeridos según el tipo de vía y las proyecciones de tráfico. Posteriormente, se aplican ajustes estadísticos para corregir posibles desviaciones y garantizar que las estimaciones obtenidas reflejen con precisión las condiciones reales de uso, contribuyendo así a un diseño más eficiente, duradero y seguro de la infraestructura vial.

Tabla 22 Parámetros de cálculo de ESALS

Número de Carriles	2.0
Número de Carriles c/dirección	1.0
Periodo de Diseño	20.0
% Confiabilidad	85.0
Zr	1.036
CALCULO DE PARAMETROS porcentaje 1	0.5
porcentaje 2	1.0
σ	0.05

Fuente: Autor

Una vez recopilados todos los datos necesarios para el cálculo de los ESALS, se procede a obtenerlos mediante el siguiente método:

$$ESALS = TPDA * \%CP * GF * DD * LD * TF * 365$$

Donde:

TPDA = Tránsito promedio diario anual

\%CP = Porcentaje de camiones pesados

GF = Factor de crecimiento

DD = Factor de distribución direccional

LD = Factor de distribución por carril

TF = Factor de camiones

Se realiza la corrección del ESALS:

$$ESALS\ CORREGIDOS = 10^{\sigma - Z_r} * ESALS\ DISEÑO$$

Tabla 23 Calculo de ESALS

TIPO	FRECUENCIA	FACTOR CAMION	TASA DE CRECIMIENTO	FACTOR DE CRECIMIENTO	N. ESALS p/diseño	N. ESALS CORREGIDO p/diseño
AUTOS	352	0.001	0.0239	25.564	1,398	1,575
2DB	24	3.762	0.0147	23.225	378,869	426,885
3-A	9	3.554	0.0147	23.225	139,186	156,826
4-C	0	2.086	0.0147	23.225	0	0
4-0	0	3.435	0.0147	23.225	0	0
V3A	0	3.554	0.0147	23.225	0	0
V2S	0	3.554	0.0147	23.225	0	0
T3	0	3.554	0.0147	23.225	0	0
2S1	0	6.962	0.0147	23.225	0	0
2S2	0	6.754	0.0147	23.225	0	0
2S3	0	5.286	0.0147	23.225	0	0
3S1	0	6.754	0.0147	23.225	0	0
3S2	0	6.546	0.0147	23.225	0	0
3S3	0	5.078	0.0147	23.225	0	0
				TOTAL	519,453	585,286

Fuente: Autor

Según los datos de tasas de crecimiento vehicular que obtuvimos se realiza el calculo del ESALS obteniendo así una cantidad de 585,286.

3.5. Diseño de Pavimento flexible

Para este diseño, se ha dividido el proyecto en dos secciones. Como se mencionó anteriormente, se requiere un remplazo total de la subrasante debido al bajo valor de CBR obtenido, por ello se diseñará con su respectivo remplazo de subrasante.

3.5.1. Daño relativo (Uf)

Como dato inicial se obtiene el módulo resiliente de la siguiente manera:

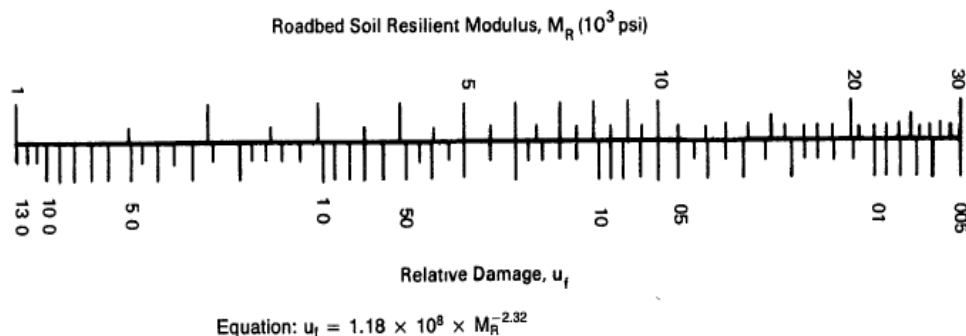
Figura 34 Ecuación para el cálculo del módulo resiliente

$$\begin{aligned}
 MR &= 1500(CBR) && CBR < 10\% \\
 MR &= 3000(CBR)^{0.65} && 10\% < CBR < 20\% \\
 MR &= 4326 \times \ln(CBR) + 241 && \text{Suelos_granulares}
 \end{aligned}$$

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

En el diseño de pavimentos según la AASHTO 93, se incluye una figura que muestra la relación entre el módulo resiliente y el daño relativo, incluyendo una ecuación para poder determinar este parámetro.

Figura 35 Ábaco para la determinación del Daño Relativo



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

Con la obtención de los datos de CBR y con las indicaciones vistas anteriormente se optó por remplazar el valor del CBR por el 6% y se obtienen los siguientes datos.

Tabla 24 Daño relativo de la subrasante

CBR al 95%		
CBR calicata 1	4.06	%
CBR calicata 2	1.38	%
CBR calicata 3	2.26	%
Se necesita cambiar el material de subrasante		
CBR a usar	6	%
MR	9000x1	psi
Daño Relativo		
Uf	0.0791	

Fuente: Autor

3.5.2. Parámetros de confiabilidad

Se determinó la confiabilidad en un 85% debido a que es una vía colectora en una zona rural.

Tabla 25 Confiabilidad Recomendada

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

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

Se selecciona la desviación estándar a partir del dato de la confiabilidad obtenida en la tabla anterior.

Tabla 26 desviación normal estándar

Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar Z_R
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, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993)

3.5.3. Parámetros de serviciabilidad

Para los valores de estos parámetros se toman de referencia las tablas de la norma establecida AASHTO como se muestra a continuación.

Tabla 27 Serviabilidad inicial (P_o)

Cuadro 90. Serviabilidad inicial, P_o	
Tipo pavimento	Serviabilidad inicial, P_o
Concreto	4.5
Asfalto	4.2

Fuente: (AASHTO, 1993, p. II-10)

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

En este caso se tienen un Po de 4.2 ya que la vía es de asfalto.

Tabla 28 Serviciabilidad final (Pf)

Cuadro 91. Serviciabilidad final, Pt	
Tipo de vía	Serviciabilidad final, Pt
Autopista	2.5-3.0
Carretera	2.0-2.5
Zonas Industriales	
Pavimento urbano principal	1.5-2.0
Pavimento urbano secundario	1.5-2.0

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

Para este caso, el valor de Pf es de 2.5 ya que se refiere a una carretera.

En cuanto a la pérdida de serviciabilidad se refiere a la resta de la serviciabilidad inicial menos la final teniendo de esta manera un valor de 2.2

Para el cálculo del error normal combinado se revisa la siguiente tabla.

Tabla 29 Error normal combinado

Cuadro 87. Error normal combinado, So		
Proyecto de pavimento	Desviación Estandar, So	
	Flexible	Rígido
	0.40-0.50	0.30-0.40
Construcción nueva	0.45	0.35
Sobrecapas	0.5	0.4

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

Se le da un valor de 0.45 al So ya que se trata de una construcción nueva y pertenece a un diseño de pavimento flexible.

3.5.4. Coeficientes estructurales

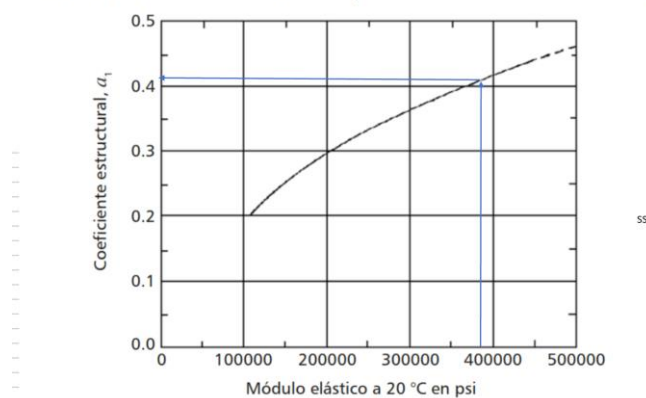
La AASHTO permite determinar tanto el módulo de elasticidad del material como sus coeficientes estructurales, basados en el CBR (California Bearing Ratio).

La determinación de los coeficientes a_2 y a_3 correspondientes al coeficiente de base y subbase, respectivamente, se utilizan relaciones específicas en el diseño de la AASHTO, dichas relaciones permiten calcular estos coeficientes en función del parámetro de CBR, basado en la (MOP, 2002) se define que para subbase el % de CBR debe ser mayor o igual al 30%, mientras que para base este parámetro debe ser mayor o igual al 80%.

Sin embargo, para el parámetro a_1 correspondiente al coeficiente estructural del asfalto, se requiere conocer el módulo elástico de este material, el cual se determinó que es de 800,000 PSI (libras por pulgada cuadrada).

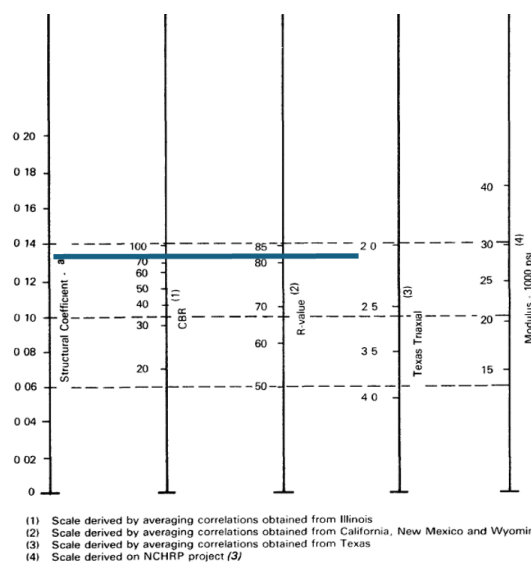
Figura 36 Determinación de coeficiente estructural a_1

Figura 13.6. Coeficiente estructural a_1 para mezcla de concreto asfáltico.



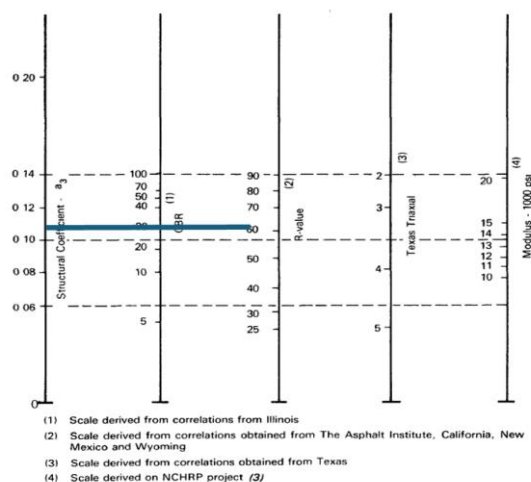
Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993)

Figura 37 Determinación de coeficiente estructural a2

Figure 2.6. Variation in Granular Base Layer Coefficient (a_2) with Various Base Strength Parameters (3)

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

Figura 38 Determinación de coeficiente estructural a3

Figure 2.7. Variation in Granular Subbase Layer Coefficient (a_3) with Various Subbase Strength Parameters (3)

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

Tabla 30 Coeficientes estructurales calculados

	% CBR	E (psi)	ai tabla
Pavimento flexible	-	800000	0.54
Base	80	28550	0.134
SUB BASE	30	14690	0.107

Fuente: Autor

3.5.5. Coeficiente de drenaje

Para determinar los coeficientes de drenaje, se tomó en cuenta la existencia de diversas quebradas en la comunidad, las cuales permiten canalizar el agua de manera buena, garantizando un nivel adecuado de drenaje. Asimismo, se prevé que el pavimento estará sujeto a niveles de exposición comprendidos entre el 5% y el 25% ya que en el (Nabón M. d., 2021) se encontró un porcentaje del 9%. Basándose en estas consideraciones se analizará los siguientes resultados:

Tabla 31 Selección de la Calidad de drenaje

Calidad de drenaje	% detiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.2
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.8
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.6
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.4

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

3.5.6. Cálculo del número estructural requerido

Cuando se cuenta con todos los parámetros necesarios para determinar el número estructural requerido, estos se sustituyen en la fórmula correspondiente para calcular los números estructurales. A partir de ello, es posible determinar los espesores finales del pavimento flexible.

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Tabla 32 Cálculo de espesores de pavimento flexible (tramo 1)

CAPAS	mi	ai	MODULOS	SN	SN POR CAPA	ESPESOR (PULG)
SUPERFICIE	0.00	1 0.54	800000	1 1.80	1 1.799	1 3.32
BASE	1.075	2 0.134	28550	2 2.34	2 0.538	2 1.20
SUB-BASE	1.075	3 0.107	14690	3 2.82	3 0.486	3 3.75
SUBRASANTE			9000.00		2.82	

ESPESOR * (PULG)	SN*	ESPESOR FINAL (PULG)	CM
1 4.00	1 2.16	1 4.000	10
2 1.57	2 0.23	2 5.906	15
3 3.94	3 0.45	3 3.937	10
	2.84	13.84	35

Fuente: Autor

Tabla 33 Espesores mínimos para las capas de un pavimento

Número de ESALs	Concreto asfáltico	Base granular
Menos de 50,000	2.5 cm	10 cm
50,000 - 150,000	5.0 cm	10 cm
150,000 - 500,000	6.5 cm	10 cm
500,000 - 2,000,000	7.5 cm	15 cm
2,000,000 - 7,000,000	9.0 cm	15 cm
Más de 7,000,000	10.0 cm	15 cm

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

En este proyecto se obtuvo un numero estructural muy pequeño debido a que el TPDA de igual manera es un valor muy significativo, por lo que se optó a tomar las medidas mínimas dadas por la norma seguida como lo indica la anterior tabla.

Tabla 34 Coeficientes estructurales calculados

Espesores mínimos según la norma (cm)	
TRAMO	1
Pavimento flexible	8
Base	15
Subbase	15
Subrasante mejorada	38

Fuente: Autor

Al tener estas cantidades y espesores mínimos se requirió calcular un volumen adecuado para el material de reposición de la subrasante este procedimiento se determinó mediante la norma del ministerio de transporte y comunicación de Perú. El cual se obtiene con la siguiente formula:

$$D4 = \frac{SNr - SNo}{a4 \times m4}$$

D4= Referido al espesor del material de mejoramiento para la subrasante en pulg.

SNr= Numero estructural con respecto a un pavimento con subrasante pobre.

SNo= Numero estructural con respecto a un pavimento con subrasante regular.

a4= coeficiente estructural de capa de la subrasante mejorada.

M4= coeficiente de drenaje.

Tabla 35 Calculo de SNr

CAPAS	mi	ai		MODULOS	SN		SN POR CAPA	
SUPERFICIE	0.00	1	0.54	800000	1	1.80	1	1.799
BASE	1.075	2	0.134	28550	2	2.34	2	0.538
SUB-BASE	1.075	3	0.107	14690	3	4.85	3	2.518
SUBRASANTE				2070.00				4.85

ESPESOR (PULG)		ESPESOR * (PULG)		SN*		ESPESOR FINAL (PULG)		CM
1	3.32	1	4.00	1	2.16	1	4.000	10
2	1.20	2	1.57	2	0.23	2	5.906	15
3	21.41	3	21.65	3	2.49	3	21.654	55
					4.88		31.56	80

Fuente: Autor

Tabla 36 Espesor de material de reposición

SNr=	4.85	
SN0=	2.82	
m=	1.1	
a=	0.061	
D4=	30.25	cm
	30	cm

Fuente: Autor

3.6. Estructuras de evacuación de Aguas Pluviales

3.6.1. Cunetas

3.6.1.1. Curas IDF

Se realizó un estudio detallado para calcular las curvas de Distribución de Frecuencias (IDF) de precipitación en la zona del proyecto. Para ello, se recopilaron datos históricos de precipitación máxima en 24 horas de la estación meteorológica "Nabón" (M0420), cubriendo un período de 33 años (1980-2013). A partir de estos registros, se aplicó el método de Gumbel para determinar las precipitaciones máximas y las intensidades de lluvia correspondientes a diferentes períodos de duración. Este análisis permitió obtener intensidades de lluvia y duraciones para varias frecuencias, lo que se tradujo en la formulación de una ecuación de intensidad que caracteriza las condiciones climáticas locales.

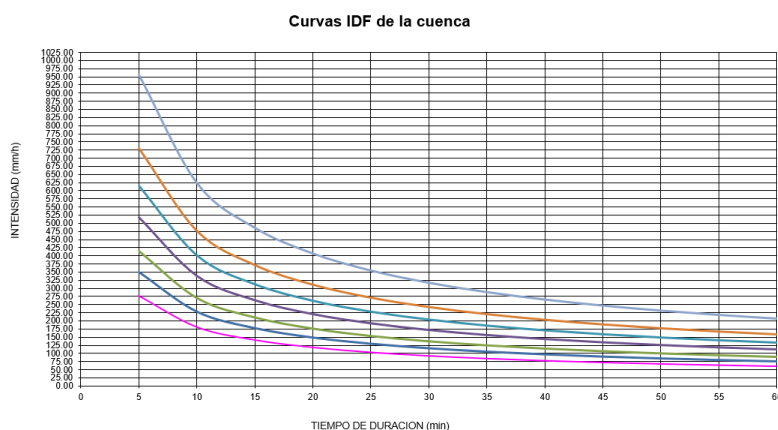
Figura 39 Ecuación de intensidad máxima de precipitación para un periodo de retorno

$$I = \frac{172.0188 * T^{0.139571}}{0.63383}$$

Fuente: (Autor)

Tras establecer la ecuación de intensidad mediante el método de Gumbel, se calcularon las intensidades asociadas a diversas frecuencias de retorno. Estos cálculos permitieron obtener las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) aplicables a la cuenca analizada.

Tabla 37 Curvas IDF de la Cuenca del Proyecto



Fuente: Autor

Se obtuvo una intensidad de precipitación máxima de 85.97mm/h.

Para determinar el tiempo de concentración de la cuenca se aplicó la metodología de Kirpich, considerando su adecuación para pendientes empinadas que oscilan entre el 3% y el 10%. Esta metodología se basa en la longitud del canal y su pendiente para estimar el tiempo de concentración. El cálculo del tiempo de concentración es fundamental para evaluar la respuesta hidrológica de la cuenca ante eventos de precipitación, proporcionando información crítica para el diseño hidráulico y la gestión de riesgos en áreas con topografía pronunciada. (Kirpich, 1940)

Figura 40 Ecuación del tiempo de concentración según Kirpich

$$t_c = \frac{0.000325 L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Fuente: (Kirpich, Time of concentration of small agricultural watersheds, 1940)

Figura 41 Cálculo del tiempo de concentración

Cota mas alta	2489	msnm
Cota mas baja	2479.42	msnm
Longitud del cauce principal	2722	m
So	0.003519	m/m
Tc	1.26	horas

Fuente: Autor

Una vez determinado el tiempo de concentración para la cuenca usando la metodología de Kirpich, se procedió al cálculo de la intensidad de precipitación para un periodo de retorno de 25 años, mediante las curvas IDF. Los resultados indicaron una intensidad de precipitación de 85.97 mm/h. Este valor es de vital importancia para el diseño hidráulico.

3.6.1.2. Aporte

Para el caudal de aporte se calcula en diferentes tramos de cunetas de la vía en estudio, es importante determinar el coeficiente de escorrentía correcto. Para ello, se utiliza como referencia el libro "Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems" (American Society of Civil Engineers. Urban Water Resources Research Council, 1992), que proporciona los coeficientes correspondientes para varios tipos de terreno, en este caso, para pavimento se tiene un coeficiente de escurrimiento de 0.7.

Figura 42 Coeficientes de escorrentía

TABLE 5.5: Normal Range of Runoff Coefficients*

Character of Surface (1)	Runoff Coefficients (2)
Pavement	
Asphalt and Concrete	0.70 to 0.95
Brick	0.70 to 0.85
Roofs	0.75 to 0.95
Lawns, Sandy Soil	
Flat (2 percent)	0.05 to 0.10
Average (2 to 7 percent)	0.10 to 0.15
Steep (>7 percent)	0.15 to 0.20
Lawns, Heavy Soil	
Flat (2 percent)	0.13 to 0.17
Average (2 to 7 percent)	0.18 to 0.22
Steep (>7 percent)	0.25 to 0.35

*The range of "C" values presented are typical for return periods of 2-10 years. Higher values are appropriate for larger design storms.

Fuente: (ASCE, Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems, 1992)

3.6.1.3. Método Racional

El caudal aportado por las precipitaciones se calcula utilizando el método racional. Esta ecuación se basa en el área de aporte (Ha), el coeficiente de escorrentía escogido anteriormente y la intensidad correspondiente (mm/h).

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

Para el diseño de cunetas del proyecto de la vía en estudio se dividió en nueve tramos debido a razones de descarga de aguas pluviales y por las características de pendiente del terreno observadas en el perfil. Se procede a calcular utilizando el tramo más crítico es decir el que tiene la pendiente mínima de los nueve tramos antes mencionados.

Tramo 4

Abscisa: 2+496.07 – 2+479.55

Longitud: 156.63 m

Ancho de carril: 3 m

Área de aportación por el ancho de carril: 469.89 m²

Área total: 0.0469 Ha

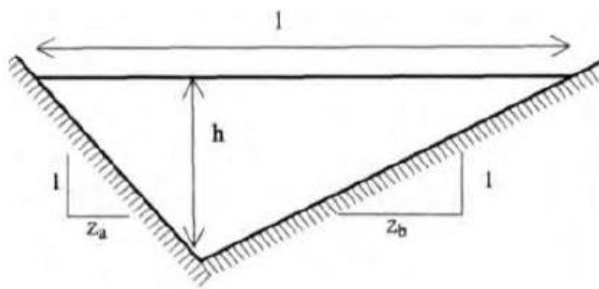
Coeficiente de Escorrentía: 0.7

$$Q = \frac{0.7 * 85.97 * 0.0469}{360} = 0.0079 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.6.1.4. Dimensionamiento de la cuneta

Una vez obtenido el caudal mediante el método racional, se procede a determinar la altura "h" de la sección transversal del canal y las relaciones de taludes correspondientes, de acuerdo con lo establecido en la normativa NEVI 12. Para ello, se utilizan las figuras y ecuaciones proporcionadas en dicha normativa, garantizando así el cumplimiento de los estándares de diseño y seguridad para la infraestructura hidráulica.

Figura 43 Relación de altura y espaciamiento de cuneta



Fuente: (NEVI 12, Norma para Estudios y Diseños Viales, 2013)

Considerando la sección triangular de la cuneta, se definieron taludes Z_a y Z_b con relaciones de 1:0.20 y 1:4, respectivamente. Para garantizar su funcionalidad, se estableció una altura de 0.25 metros. Posteriormente, se procedió a verificar las dimensiones de la cuneta mediante la aplicación de la ecuación de Manning, que tiene en cuenta el área, el perímetro mojado y la pendiente del tramo en cuestión. Esta pendiente se determinó a partir de las cotas del tramo más crítico y la longitud del tramo, asegurando así un diseño hidráulico óptimo y seguro.

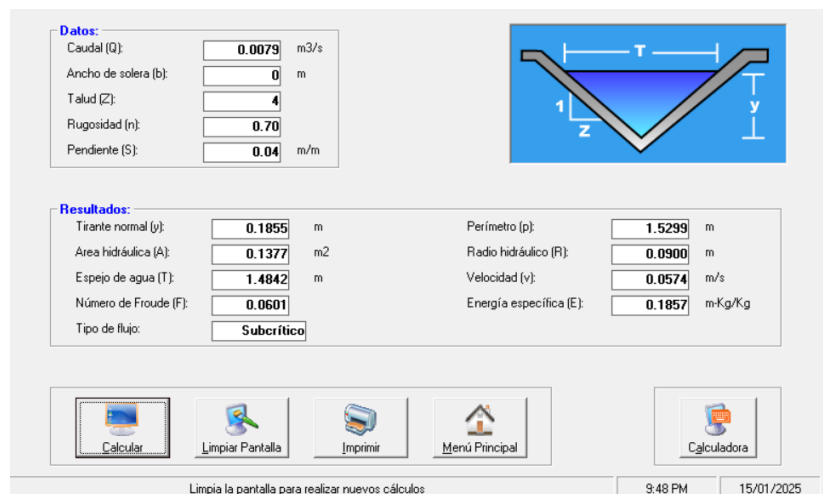
$$A = \frac{(Z_a + Z_b) * h^2}{2} = \frac{(0.20 + 4) * 0.25^2}{2} = 0.131 \text{ m}^2$$

$$P = \left(\sqrt{1 + Z_a^2} + \sqrt{1 + Z_b^2} \right) * h = \left(\sqrt{1 + 0.20^2} + \sqrt{1 + 4^2} \right) * 0.25 = 1.285 \text{ m}$$

$$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2} \right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0.015} * \left(\frac{0.131^5}{1.285^2} \right)^{\frac{1}{3}} * 0.06^{\frac{1}{2}} = 0.456 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para obtener un dato más certero se comprueba el tirante de la cuneta mas critica diseñada, mediante el Software Hcanales en la que nos dio como resultado:

Figura 44 Comprobación del tirante critico de la cuneta



Datos:

Caudal (Q):	0.0079	m ³ /s
Ancho de solera (b):	0	m
Talud (Z):	4	
Rugosidad (n):	0.70	
Pendiente (S):	0.04	m/m

Resultados:

Tirante normal (y):	0.1855	m	Perímetro (p):	1.5299	m
Area hidráulica (A):	0.1377	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0900	m
Espejo de agua (T):	1.4842	m	Velocidad (v):	0.0574	m/s
Número de Froude (F):	0.0601		Energía específica (E):	0.1857	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico				

Diagrama de la cuneta: Se muestra un perfil trapezoidal con el ancho de solera (b) en la base, el talud (Z) en las paredes, el tirante normal (y) en la profundidad del agua, y el espejo de agua (T) en la superficie del agua.

Botones de control: Calcular, Limpiar Pantalla, Imprimir, Menú Principal, Calculadora.

Estado: Limpia la pantalla para realizar nuevos cálculos. Hora: 9:48 PM. Fecha: 15/01/2025.

Fuente: (Hcanales)

Se realizó una verificación exhaustiva para validar la precisión de las dimensiones calculadas de la cuneta. Esta verificación consistió en comparar el caudal máximo que puede manejar la cuenca hidrográfica con el caudal efectivo que aportará la cuneta diseñada. Los resultados indicaron una utilización óptima de la cuneta, con un porcentaje de utilización del 0.80%. Dado que este tramo es particularmente crítico debido a la combinación de pendiente y longitud, se confirmó que el predimensionamiento inicial de la cuneta es adecuado y satisface los requisitos hidráulicos.

Para finalizar este cálculo, se determina el ancho superficial de la cuneta basándose en la fórmula establecida por la normativa NEVI 12.

$$I = (z_a + z_b) * h = (0.20 + 4) * 0.25 = 1.05 \text{ m}$$

En donde se establece un ancho de cuneta de 1.05 m y una altura de 0.25 m, a esto se le suman 0.15 m de bordillo para completar 1.15 m de ancho.

3.6.2. Alcantarillas de alivio

El caudal que es aportado por las cunetas debe ser evacuado a cierta distancia debido a que el agua no puede acumular en una zona baja y no descargar por esa razón generalmente se coloca cada 500m. Considerando la topografía de nuestra área, se ha instalado cinco alcantarillas de alivio en los puntos mas estratégicos para retirar el agua de la calzada. Existe estructuras de evacuación de agua ya existentes por ello se ha visto que no es necesario usar mas de estas, pues el agua que transportan las cunetas en ciertos tramos ya se evacuan en estas estructuras que se encuentran en funcionamiento y en buen estado.

Las alcantarillas de alivio diseñadas en este estudio se componen de una estructura de entrada tipo "poceta" o "lavadero", acompañada de una tubería transversal y una estructura de salida correspondiente. Ambas estructuras, de entrada y salida, han sido cuidadosamente dimensionadas para garantizar una óptima relación con las medidas de las cunetas adyacentes y los caudales de entrada y salida previstos, asegurando así un funcionamiento eficiente y seguro de las alcantarillas de alivio.

Las dimensiones de estas estructuras, así como su ubicación se encontrarán en los anexos.

3.7. Diseño Geométrico

El diseño de una carretera implica la definición precisa del trazado y la disposición espacial de la vía, considerando las características topográficas y geotécnicas del terreno. Este proceso integral tiene en cuenta parámetros fundamentales como la comodidad del usuario, la seguridad vial y la funcionalidad de la infraestructura. El diseño geométrico se desarrolla en dos etapas complementarias: inicialmente, se realiza un levantamiento topográfico detallado para recopilar datos sobre el terreno y los puntos de alineación de la vía, y posteriormente, en la

etapa de oficina, se realizan los cálculos necesarios y se elabora el diseño geométrico definitivo, basado en la información recopilada y los estándares técnicos aplicables.

3.7.1. Alineamiento Horizontal

3.7.1.1. Velocidad de diseño

La velocidad de diseño es el límite máximo de velocidad seguro para la circulación de vehículos en una carretera, considerando condiciones climáticas y de tráfico óptimas. Esta velocidad se determina mediante un análisis integral que tiene en cuenta factores como las características topográficas y físicas del terreno, la importancia y función de la carretera, el volumen de tráfico, el uso del suelo circundante y la necesidad de equilibrar seguridad, eficiencia y movilidad. La velocidad de diseño establecida sirve como referencia fundamental para calcular y definir los elementos geométricos de la vía, incluyendo tanto el alineamiento horizontal como el vertical. (MTOP, 2003)

Tabla 38 Velocidades de diseño

CATEGORIA DE LA VIA		TPDA ESPERADO	VELOCIDAD DE DISEÑO KM/H											
			BÁSICA				PERMISIBLE EN TRAMOS DIFÍCILES							
			RELIEVE LLANO				RELIEVE ONDULADO				RELIEVE MONTAÑOSO			
			Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad	
			Recomendada		Absoluta		Recomendada		Absoluta		Recomendada		Absoluta	
R-I o R-II(TIPO)		>8000	120	110	100	96	110	90	95	85	90	80	90	90
I	TODOS	3000-8000	110	100	100	90	100	80	90	80	80	80	80	80
II	TODOS	1000-8000	100	90	90	86	90	80	85	80	70	50	70	50
III	TODOS	300-1000	90	80	85	80	80	60	80	60	60	40	60	40
IV	5.5E, 6 y 7	100-300	80	60	80	60	60	35	60	35	50	25	50	25
V	4 y 4E	<100	60	50	80	50	50	35	50	35	40	25	40	25

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

Se seleccionó una velocidad de diseño de 40 km/h para el proyecto, basándose en la tabla proporcionada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) y considerando las características topográficas específicas del terreno, clasificado como relieve montañoso. Esta elección se fundamenta en la evaluación de la Topografía de Proyecto de Diseño de Aceleración (TPDA) y responde a la necesidad de garantizar la seguridad y funcionalidad de la carretera, equilibrando el rendimiento óptimo de la vía con las condiciones geométricas adecuadas para su alineamiento y configuración en un entorno complejo como el montañoso. Esta velocidad de diseño asegura un compromiso óptimo entre la seguridad, la eficiencia y la adaptabilidad a las condiciones del terreno.

3.7.1.2. Radio mínimo de curva

Se seleccionó el radio mínimo de curva basándose en la tabla proporcionada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP), que establece una relación directa entre el radio mínimo de curva, la velocidad de diseño y el peralte. Dado que el peralte aún no había sido calculado, se consideró el peralte máximo recomendado por la MTOP en su tabla de "Valores de diseño recomendados para carreteras de dos carriles y caminos vecinales de construcción". Este enfoque garantiza una elección conservadora y segura para el radio mínimo de curva, en ausencia de información más detallada sobre el peralte.

Tabla 39 Valores de diseño recomendado para carreteras de dos carriles y caminos vecinales de construcción

		República del Ecuador MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS										VALORES DE DISEÑO RECOMENDADOS PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES Y CAMINOS VECINALES DE CONSTRUCCIÓN																																																					
NORMAS																		CLASE I 3 000 – 8 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE II 1 000 – 3 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE III 300 – 1 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE IV 100 – 300 TPDA ⁽¹⁾						CLASE V MENOS DE 100 TPDA ⁽¹⁾																							
																		RECOMENDABLE						ABSOLUTA						RECOMENDABLE						ABSOLUTA						RECOMENDABLE						ABSOLUTA						RECOMENDABLE						ABSOLUTA					
																		LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M															
Velocidad de diseño (K.P.H.)																		110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	40	80	60	50	60	35	25 ⁽⁹⁾	60	50	40	50	35	25 ⁽⁹⁾	60	50	40	50	35	25 ⁽⁹⁾														
Radio mínimo de curvas horizontales (m)																		430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	42	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	30	20 ⁽⁹⁾	110	75	42	75	30	20 ⁽⁹⁾												
Distancia de visibilidad para parada (m)																		180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	40	55	35	25	70	55	40	55	35	25												
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)																		830	690	565	690	565	415	690	640	490	640	565	345	640	565	415	565	415	270	480	290	210	290	150	110	290	210	150	210	150	110	290	210	150	210	150	110												
Peralte																		MÁXIMO = 10%																		10% (Para V > 50 K.P.H.)						8% (Para V < 50 K.P.H.)																							
Coeficiente "K" para: ⁽²⁾																																																																	
Curvas verticales convexas (m)																		80	60	28	60	28	12	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2	12	7	4	7	3	2												
Curvas verticales cóncavas (m)																		43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3	13	10	6	10	5	3												
Gradiente longitudinal ⁽⁴⁾ máxima (%)																		3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14	5	6	8	6	8	14												
Gradiente longitudinal ⁽⁴⁾ mínima (%)																		0,5%																																															
Ancho de pavimento (m)																		7,3						7,3						7,0						6,70						6,70						6,00						6,00											
Clase de pavimento																		Carpeta Asfáltica y Hormigón						Carpeta Asfáltica						Carpeta Asfáltica o D.T.S.B.						D.T.S.B. Capa Granular o Empedrado						Capa Granular o Empedrado																							
Ancho de espaldones ⁽³⁾ estables (m)																		3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	0,5	0,60 (C.V. Tipo 6 y 7)						—																							
Gradiente transversal para pavimento (%)																		2,0						2,0						2,0						2,5 (C.V. Tipo 6 y 7)						4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)																							
Gradiente transversal para espaldones (%)																		2,0 ⁽⁶⁾ - 4,0						2,0 - 4,0						2,0 - 4,0						4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						—																							
Curva de transición																		USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																																															
Puentes																		Carga de diseño																																															
																		HS - 20 - 44; HS - MOP; HS - 25																																															
																		SERA LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VIA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																																															
Ancho de Aceras (m) ⁽⁷⁾																		0,50 m. mínimo a cada lado																																															
Mínimo derecho de vía (m)																		Según el Art. 3º de la Ley de Caminos y el Art. 4º del Reglamento aplicativo de dicha Ley																																															
																		LL = TERRENO PLANO 0 = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO																																															

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

De acuerdo con la velocidad de diseño establecida en 40 km/h, la MTOP recomienda un peralte máximo del 10%. Sin embargo, considerando que la carretera es frecuentada por autobuses que cuentan con una altura elevada, se ha decidido adoptar un peralte máximo más conservador del 6%. Esta decisión se basa en la necesidad de garantizar la estabilidad y seguridad de estos vehículos durante las maniobras de giro, evitando así el riesgo de vuelco o pérdida de control. Esta elección prioriza la seguridad vial y minimiza los riesgos asociados con peraltes excesivos en la circulación de vehículos de gran altura. Según la velocidad de diseño que es de 40km/h el peralte máximo seleccionado y dado por la MTOP es de 10%, sin embargo, para este caso se usara un peralte máximo del 6% debido a que en esta carretera circulan buses, y un peralte muy grande desestabiliza estos tipos de vehículos ya que cuentan con una altura elevada, esta decisión llega debido a la decisión de precautelar la seguridad en las maniobras de giro.

Una vez definida la velocidad de diseño, tenemos el coeficiente de fricción según la siguiente tabla:

Tabla 40 Coeficiente de fricción en función de velocidad de diseño

Velocidad de Diseño km/h	"f" maximo	RADIO MINIMO CALCULADO				RADIO MINIMO RECOMENDADO			
		e=0.10	e=0.08	e=0.06	e=0.04	e=0.10	e=0.08	e=0.06	e=0.04
20	0.350		7.32	7.58	8.08		18	20	20
25	0.315		12.48	13.12	13.66		20	25	25
30	0.284		19.47	20.50	21.67		25	30	30
35	0.255		26.79	30.02	32.7		30	35	35
40	0.221		41.86	44.83	48.27		42	40	50
45	0.200		55.75	59.94	64.82		58	60	65
50	0.165		72.91	78.74	86.69		75	80	90
60	0.185	105.97	115.70	125.98	138.28	110	120	130	140
70	0.150	154.35	187.75	189.73	203.07	160	170	185	205
80	0.140	209.97	229.95	251.97	279.97	210	230	255	280
90	0.134	272.55	298.94	328.70	366.55	275	300	330	320
100	0.130	342.35	374.95	414.42	465.16	350	375	415	465
110	0.124	425.34	467.94	517.80	550.95	430	470	520	585
120	0.120	515.39	588.93	629.92	708.85	520	570	630	710

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

Escogiendo un coeficiente de fricción "f" de 0.221.

Con todos estos parámetros definidos, se procede al cálculo del radio mínimo de la curva.

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 * (e + f)} = \frac{40^2}{127 * (6\% + 0.221)} = 44.83$$

3.7.1.3. Distancia de frenado

Se aborda el cálculo de la distancia de frenado para una vía en terreno montañoso, donde la pendiente del terreno, denominada "G", juega un papel crucial. Para determinar la distancia de frenado, se seleccionó la pendiente más crítica observada en el terreno, con un valor del 11.25%. Este valor se utilizará como referencia para calcular la distancia de frenado requerida, garantizando así una evaluación precisa y segura de la capacidad de frenado en la vía.

$$D. \text{frenado} = \frac{V_c^2}{254 * (f \pm G)}$$

$$D. \text{frenado} = \frac{40^2}{254 * (0.221 \pm 11.25\%)} = 58.06m(\text{de bajada}) \text{ y } 18.89m(\text{de subida})$$

3.7.1.4. Distancia de visibilidad en curvas horizontales

La determinación de las distancias de visibilidad en curvas horizontales se basa en una fórmula que integra variables calculadas en etapas anteriores, como la distancia de frenado y el radio mínimo de curvatura. Sin embargo, considerando las limitaciones impuestas por la topografía, se ha decidido adoptar un enfoque más pragmático. En lugar de utilizar el radio mínimo de curvatura calculado inicialmente, se optará por el radio crítico observado en el terreno, que es de 10.74 metros. Esta decisión se ajusta a las condiciones reales del terreno y garantiza una evaluación más precisa de las distancias de visibilidad. Por lo tanto:

$$m = Rc * \left(1 - \cos \left(\frac{28.65 * Dp}{Rc} \right) \right)$$

$$m = 10.74 * \left(1 - \cos \left(\frac{28.65 * 58.06}{10.74} \right) \right) = 17.11m$$

3.7.1.5. Distancia de visibilidad lateral

Este valor esta dado por una ecuación que nos da como variable la velocidad promedio de un peatón, la velocidad es de 10 km/h que esta indicado por la MTOP. Una vez tomado en cuenta este dato se procede al cálculo.

$$dL = \frac{Vt}{Vv} * d$$

$$dL = \frac{10}{40} * 58.06 = 15.59 m$$

3.7.1.6. Distancia de visibilidad de rebasamiento

La distancia de visibilidad necesaria para el rebasamiento se determina en función de la longitud de carretera requerida para realizar la maniobra de avance de forma segura. Aunque podrían darse casos de avances simultáneos, no resulta práctico contemplar esta posibilidad; por lo general, se analiza únicamente el escenario en el que un vehículo adelanta a otro. (MTOP, 2003). En este diseño se utilizará una tabla proporcionada por la norma antes mencionada.

Tabla 41 Distancia mínima de visibilidad para rebasamiento

DISTANCIA MINIMA DE VISIBILIDAD PARA EL REBASAMIENTO DE UN VEHICULO				
V _d , Km/h	VELOCIDADES DE LOS VEHICULOS, Km/h.		DISTANCIA MINIMA DE REBASAMIENTO, METROS	
	REBASADO	REBASANTE	CALCULADA	RECOMENDADA
25	24	40	----	(80)
30	28	44	----	(110)
35	33	49	----	(130)
40	35	51	268	270 (150)
45	39	55	307	310 (180)
50	43	59	345	345 (210)
60	50	66	412	415 (290)
70	58	74	488	490 (380)
80	66	82	563	565 (480)
90	73	89	631	640
100	79	95	688	690
110	87	103	764	830 *
120	94	110	831	830

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

Nuestra carretera no está considerada una carretera principal, por lo tanto tomaremos el valor mínimo recomendado que es de 150 m (dr=150m).

3.7.1.7. Curvas Calculadas

Después de obtener todos los parámetros de diseño, se procede al cálculo de los elementos correspondientes a las curvas horizontales. Como ejemplo, se desarrollará el cálculo para la curva número 1, aplicando el mismo procedimiento para las otra 30.

Cuerda larga:

$$Cl = 2 * R * \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 2 * 45 * \sin\left(\frac{1.204}{2}\right) = 50.97 \text{ m}$$

Tangente:

$$T = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 45 * \tan\left(\frac{1.204}{2}\right) = 30.92 \text{ m}$$

G. Curva:

$$Gc = \frac{360 * CL}{2 * PI * R} = \frac{360 * 50.97}{2 * PI * 45} = 64.90 \text{ grados}$$

L.Curva Circular:

$$L = \frac{Lc * \Delta}{G} = \frac{50.97 * 68.99}{64.90} = 54.185 \text{ m}$$

Ordenada mediana:

$$M = R * \left(1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)\right) = 45 * \left(1 - \cos\left(\frac{1.204}{2}\right)\right) = 7.91 \text{ m}$$

Externa:

$$E = R * \left(\left(\frac{1}{\cos\frac{\Delta}{2}}\right)\right) - 1 = 9.60 \text{ m}$$

Deflexión Por Metro:

$$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc} = \frac{64.90}{2 * 50.97} = 0.64 \frac{1}{m}$$

Deflexión por unidad de cuerda:

$$D.c = \frac{Gc}{2} = \frac{64.90}{2} = 32.45 \frac{1}{cuerda}$$

Principio de curva

$$PC = PI - T = 89.52 - 30.92 = 58.60$$

Principio de tangente

$$PT = PC + L = 58.60 + 54.185 = 112.78$$

Punto medio de curva

$$PM = \frac{PC + PT}{2} = \frac{58.60 + 112.78}{2} = 114.99$$

Tabla 42 Curvas horizontales Pt 1

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL													
NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA (Δ)	RADIO	T	L	LC	E	M	PC	PI	PT	PI NORTE	PI ESTE
C1	S54° 20' 58" W	68.99	45.00	30.92	54.19	50.97	9.60	7.91	0+058.59	0+089.52	0+112.78	9625373.51	712656.99
C5	S43° 01' 28" W	48.34	64.28	27.51	51.99	50.59	5.84	5.19	0+230.36	0+257.87	0+282.35	9625207.96	712597.21
C7	S61° 12' 00" W	9.99	45.00	3.93	7.85	7.84	0.17	0.17	0+361.09	0+385.02	0+388.94	9625183.49	712496.40
C9	N81° 49' 47" W	83.93	83.78	75.34	122.72	112.04	28.90	21.48	0+394.08	0+469.43	0+516.81	9625105.41	712409.82
C14	N78° 52' 41" W	74.03	52.07	39.26	87.28	82.69	13.14	10.49	0+562.82	0+602.07	0+630.09	9625228.69	712306.67
C15	S12° 31' 10" W	107.18	25.43	34.48	47.58	40.94	17.41	10.34	0+657.04	0+691.52	0+704.62	9625187.91	712214.61
C16	S31° 22' 04" W	144.87	13.74	43.40	34.73	26.19	31.78	9.59	0+777.80	0+821.20	0+812.53	9625074.01	712313.86
C17	N70° 04' 17" W	12.25	30.87	3.29	6.56	6.54	0.18	0.18	0+813.02	0+816.31	0+819.58	9625085.27	712268.05
C18	N79° 32' 20" W	31.18	83.44	17.70	34.53	34.10	2.42	2.33	0+901.24	0+918.95	0+935.77	9625130.36	712175.82
C21	S33° 57' 28" W	101.82	25.05	30.84	44.52	38.89	14.88	9.26	0+961.70	0+992.54	1+006.22	9625123.70	712101.85
C24	S2° 22' 20" E	29.16	45.00	11.71	22.90	22.86	1.50	1.45	1+064.07	1+075.77	1+088.97	9625027.67	712130.92
C25	S25° 00' 20" W	25.59	45.00	10.22	20.10	19.93	1.15	1.12	1+125.65	1+135.88	1+145.75	9624988.48	712118.10
C27	S0° 15' 16" E	76.11	35.06	27.45	46.58	43.23	9.47	7.45	1+181.51	1+206.96	1+226.09	9624910.41	712073.10
C28	S26° 36' 36" W	129.84	15.65	33.45	35.47	28.35	21.28	9.02	1+253.48	1+286.92	1+288.95	9624842.71	712126.59
C30	S64° 10' 16" W	54.72	64.23	33.23	61.34	59.03	8.09	7.18	1+345.24	1+378.47	1+406.58	9624845.99	712003.66
C31	S17° 36' 59" W	38.39	45.00	15.87	30.15	29.59	2.65	2.50	1+445.09	1+480.76	1+475.25	9624776.01	711951.28
C33	S35° 34' 52" W	74.32	36.00	27.29	46.70	43.49	9.17	7.31	1+547.32	1+574.60	1+594.01	9624661.03	711954.45
C34	S52° 55' 46" W	39.63	45.00	16.21	31.12	30.51	2.83	2.66	1+710.69	1+726.90	1+741.81	9624613.51	711801.49
C35	S78° 05' 25" W	89.95	45.95	46.92	73.73	66.39	19.42	13.74	1+743.64	1+790.56	1+817.37	9624559.10	711765.99
C36	N42° 31' 44" W	28.81	45.00	11.56	22.83	22.39	1.46	1.42	1+892.23	1+903.79	1+914.86	9624631.84	711654.25
C37	N58° 21' 25" W	60.47	34.19	19.93	36.08	34.43	5.38	4.65	1+935.32	1+955.24	1+971.40	9624677.66	711629.76
C38	N76° 12' 17" W	24.78	128.88	28.31	55.73	55.30	3.07	3.00	2+009.99	2+038.30	2+065.72	9624679.79	711542.97
C39	N20° 11' 46" W	87.24	22.86	21.59	34.50	31.26	8.64	6.26	2+073.46	2+095.07	2+107.98	9624705.23	711491.22
C40	N34° 54' 15" W	116.66	10.74	17.41	21.87	18.29	9.72	5.10	2+112.48	2+129.89	2+134.35	9624745.15	711508.52
C41	S49° 10' 21" W	75.19	20.69	15.93	27.15	25.25	5.42	4.30	2+134.58	2+150.51	2+161.73	9624743.26	711475.01

Fuente: Autor

Tabla 43 Curvas horizontales Pt 2

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL													
NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA (Δ)	RADIO	T	L	LC	E	M	PC	PI	PT	PI NORTE	PI ESTE
C42	S14° 34' 23" E	52.30	45.00	22.09	41.08	39.67	5.13	4.61	2+202.49	2+224.59	2+243.57	9624666.07	711459.19
C45	S18° 05' 02" E	45.28	54.02	22.53	42.69	41.59	4.51	4.16	2+274.19	2+296.72	2+316.88	9624609.05	711508.29
C46	S22° 59' 43" W	36.88	45.00	15.00	28.96	28.47	2.44	2.31	2+396.81	2+411.81	2+425.77	9624491.96	711498.96
C48	S24° 18' 46" W	34.24	45.00	13.86	26.90	26.50	2.09	1.99	2+549.35	2+563.21	2+576.24	9624377.67	711398.07
C49	S26° 19' 37" W	38.27	76.86	26.67	51.34	50.39	4.50	4.25	2+617.24	2+643.91	2+668.59	9624296.78	711387.87

Fuente: Autor

3.7.2. Alineamiento Vertical

Una vez que se han establecido todos los parámetros del alineamiento horizontal y se ha completado su diseño, se procede al alineamiento vertical. Este proceso incluye la determinación de parámetros clave como "m" y "n", que representan las diferencias de pendiente, así como el factor "K". Estos parámetros son esenciales para calcular la longitud de

las curvas verticales. En este caso, se utilizó el software Civil 3D para realizar estos cálculos. El software proporciona un informe detallado con los parámetros calculados para todas las curvas verticales. Estos datos se presentan en los anexos.

3.7.3. Sobreancho

El diseño del alineamiento vertical comprende 30 curvas, por lo que se presentará el cálculo detallado del sobreancho para la curva más crítica. Para realizar este cálculo, se consideró la longitud de un autobús estándar, que mide 7 metros desde la parte frontal hasta el eje trasero, clasificado como vehículo tipo 2BD según la normativa del MTOP. La selección de este vehículo como referencia se debe a la presencia significativa de este tipo de vehículos en la vía de diseño, lo que garantiza un diseño seguro y funcional para el tráfico previsto.

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

$$S = 2 \left(10.74 - \sqrt{10.74^2 - 7^2} \right) + \frac{40}{10 * \sqrt{10.74}}$$

$$S = 5.8 \text{ m}$$

El cálculo realizado arroja un resultado de 5.8 metros para el sobreancho. Sin embargo, es importante destacar que la implementación de este valor se verá condicionada por las limitaciones físico-geográficas y las infraestructuras existentes en la vía, ya que se trata de una readecuación y no de un diseño en terreno que nunca ha sido intervenido. En consecuencia, los sobreanchos se ajustarán al máximo valor posible, siempre y cuando las condiciones del entorno lo permitan. En caso contrario, el sobreancho se dimensionará según la disponibilidad de espacio existente.

3.7.4. Peralte

El peralte en curvas horizontales juega un papel fundamental en la seguridad vial, ya que ayuda a mantener la estabilidad de los vehículos durante el giro. Sin embargo, un peralte excesivo puede generar problemas de tracción y estabilidad, aumentando el riesgo de derrape hacia el interior de la curva. En consideración de estos factores, se ha establecido un peralte máximo del 6% para la vía en estudio, buscando equilibrar la seguridad y la funcionalidad de la infraestructura.

Como se realizó previamente, se presentará el cálculo de uno de los peraltes a modo de ejemplo, mientras que los cálculos correspondientes a los demás se incluirán en los anexos.

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

$$e = \frac{40^2}{127 * 11.25} - 0.221$$

$$e = 0.90\%$$

Considerando la alta frecuencia de circulación de camionetas de transporte mixto por la vía de estudio, se decidió ajustar el valor calculado del peralte en el diseño geométrico realizado con Civil 3D. Este ajuste se realizó para garantizar la seguridad vial en las curvas, donde la fuerza centrífuga generada por estos vehículos puede afectar su estabilidad. Para mitigar este riesgo, se incrementó el peralte en las curvas, mejorando así el desempeño de la vía bajo condiciones de tráfico mixto y reduciendo la probabilidad de accidentes. Esta decisión es especialmente relevante en la vía de estudio, ubicada en una zona montañosa con laderas pronunciadas y precipicios, donde la seguridad vial es un aspecto crítico.

3.8. Señalización

La señalización vial es un componente fundamental para garantizar la seguridad y eficiencia del tránsito. En este contexto, se presenta la señalética diseñada para la vía en estudio, la cual

se enfoca en transmitir información esencial a los usuarios sobre su ubicación, destino, condiciones del camino y regulación del tránsito.

La señalización horizontal se utilizó para delimitar áreas de adelantamiento permitidas y prohibidas, así como para indicar la entrada a zonas pobladas, complementada con señalización vertical correspondiente. Además, se implementó señalización vertical para abordar consideraciones específicas a lo largo de la vía, como:

- Mantener la velocidad de diseño de 40 km/h, ante el posible aumento de velocidad de los conductores después de las mejoras.
- Instalar señales preventivas en curvas peligrosas y zonas pobladas.

En los anexos, se incluyen planos detallados que muestran las abscisas donde se implementó la señalización horizontal y vertical, especificando el tipo de señalización utilizada en cada caso.

3.9. Presupuesto referencial

Tras realizar los estudios y dimensionamientos detallados de las estructuras viales y componentes complementarios, se elaboró un desglose exhaustivo que considera materiales, mano de obra, tipos de actividades y componentes necesarios. Este análisis integral permitió estimar los costos asociados a cada rubro, lo que a su vez facilitó la elaboración de un presupuesto detallado que incluye el costo de cada uno de los apartados que lo componen. Este enfoque sistemático garantiza una planificación financiera precisa y realista para el proyecto.

Tabla 44 Presupuesto total del proyecto

PRESUPUESTO						
Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1		BORDILLOS, CUNETA Y ACCESOS				
1.1	500259	Excavación para cunetas y encauzamiento a mano	m3	272.2	16.26	4425.972
1.2	500255	Excavación con retroexcavadora	m3	12242.26	1.69	20689.4194
1.3	555003	Desalojo con volqueta hasta 3km con material cargado a maquina	m3-km	12242.26	0.22	2693.2972

2		ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO				
2.1		Base- sub-base- Mejoramiento				
2.1.1	503073	Mejoramiento de la subrasante con suelo seleccionado	m3	4899.6	15.07	73836.97
2.1.2	500342	Sub-base Clase 1	m3	2449.8	22.59	55340.98
2.1.3	500430	Base, Clase 1	m3	2449.8	25.69	62935.36
2.1.4	500250	Asfalto MC para imprimación	m2	16332	1.09	17801.88
2.1.5	548011	Carpeta asfáltica (e=3") Ho.Asf.mezclado en planta	m2	16332	25	408300
2.2		TRANSPORTE DE MATERIALES SUELTOS				
2.2.1	515014	Transporte de sub-base	m3-km	2449.8	0.22	538.956
2.2.2	515015	Transporte de base	m3-km	2449.8	0.22	538.956
2.2.3	515016	Transporte de mezcla asfáltica	m3-km	16332	0.26	4246.32
2.2.4	500148	Transporte de material de excavación	m3-km	12242.26	0.22	2693.2972
2.2.5	503086	Transporte de suelo seleccionado para mejoramiento de la subrasante	m3-km		0.22	0
3		DRENAJE				
3.1		Estructuras de alivio hidráulico				
3.1.1	500298	Hormigón estructural clase 'C' f'c=210 kg/cm2, Bordillos y cunetas	m3	1633.2	120	195984
3.1.2	502062	Alcantarillas impermeables Armico D=900mm	m	30	152.00	4560
3.1.3	500298	Hormigón estructural de cemento portland Clase B (f'c=280 kg/cm2)	m3	10	110	1100
3.1.4	500300	Acero de refuerzo en barras, fy=4200 kg/cm2	kg	256	2.23	570.88
3.2		SUBDRENAJE				0
3.2.1	500432	Replanteo y nivelación	m	2722	0.95	2585.9
3.2.2	504279	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	1633.2	1.99	3250.068
3.2.3	502012	Material filtrante	m3	280	8.61	2410.8
3.2.4	515029	Transporte de material filtrante	m3-km	280	0.22	61.6
3.2.5	515020	Cargado de material a maquina	m3	1913.2	2.08	3979.456
3.2.7	500148	Desalojo con volqueta hasta 3km con material cargado a maquina	m3-km	1913.2	0.22	420.904
4		SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL				
4.1		SEÑALIZACION HORIZONTAL				
4.1.1	515038	Marcas de pavimento (Pintura amarilla reflectiva) acrílica a=10cm	m	5444	1.39	7567.16
4.1.2	515039	Marcas de pavimento (Pintura blanca reflectiva) acrílica a=10cm	m	2722	1.39	3783.58
4.2		SEÑALIZACION VERTICAL				
4.2.1	515049	Señales a lado de la carretera (075x0.75m) Limite máximo de velocidad	u	20	171.9	3438
4.2.2	515052	Señales a lado de la carretera (075x0.75m) Curva y contracurva	u	7	171.9	1203.3
4.2.3	515066	Guardacaminos doble metálico	m	283	79.14	22396.62
4.2.4	515069	Señales a lado de la carretera (075x0.75m) Curva derecha cerrada	u	7	171.9	1203.3
4.2.5	515070	Señales a lado de la carretera (075x0.75m) Curva izquierda cerrada	u	7	171.9	1203.3
5		IMPACTO AMBIENTAL				
5.1	515077	Batería sanitaria móvil	u	2	1504.11	3008.22
5.2	515078	Trampa de grasas y aceite	u	2	326.32	652.64
5.3	515079	Tanque de almacenamiento de grasas y aceite	u	5	31.76	158.8
5.4	515081	Agua para control de polvo	miles de litro	10	3.85	38.5
5.5	515082	Cobertura de plástico	m2	100	1.25	125
5.6	515083	Charlas de concientización	u	1	250.37	250.37

5.7	515084	Comunicados Radiales	min	100	4.17	417
5.8	515085	Instructivos o trípticos	u	200	0.53	106
5.9	515087	Cinta plástica reflectiva (a=0.12m)	m	500	0.72	360
5.10	515088	Charlas de Adiestramiento	u	1	136.24	136.24
SUBTOTAL						\$ 915,013.05
IVA 15%						\$ 137,251.96
TOTAL						\$ 1,052,265.01
TOTAL: Un millón cincuenta y dos mil doscientos sesenta y cinco dólares americanos						
TOTAL: Un millón cincuenta y dos mil doscientos sesenta y cinco dólares americanos						

Fuente: Autor

3.10. Conclusiones

Los resultados de esta investigación destacan la importancia de considerar una serie de factores críticos en el diseño de una vía pública entre las parroquias Cochapata-Morasloma, a fin de garantizar su eficacia y eficiencia. El análisis exhaustivo realizado puso de manifiesto que aspectos como la distribución social y geográfica, la calidad de vida y la movilidad de la población son elementos esenciales para comprender las necesidades y características del entorno comunitario, y justificar así la viabilidad y pertinencia del proyecto vial. Esta comprensión integral es fundamental para desarrollar un diseño que no solo satisfaga las necesidades de movilidad, sino que también contribuya al mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades beneficiarias.

Con los datos obtenidos través del proyecto del diseño de la carretera se observa que realmente la estructura de la vía necesita de modificaciones para poder cumplir con las normativas, sea una vía segura y satisfaga su función. En cuanto al diseño geométrico y estructural se opta por considerar parámetros críticos ya que en cuanto a curvas incumple la normativa, pero es

necesario seguir el trayecto de la vía de lastre ya existente. Los resultados de la calidad del suelo son muy bajos no aptos para la construcción de una vía, por lo que se ve necesario adaptar las propiedades del proyecto aumentando el porcentaje de CBR para que el diseño sea óptimo y pueda soportar diferentes cargas a las que serán sometidas en un tiempo determinado.

El período de diseño de 20 años permitió incorporar de manera efectiva las proyecciones de tráfico futuro y las características de los vehículos, garantizando la capacidad y durabilidad del pavimento. Con los datos del TPDA al ser poco el número de automotores transitados por la vía, los espesores de las capas que forman parte de la estructura del pavimento resultaron por debajo del límite por lo que se requirió tomar los valores mínimos dados en la norma. (AASHTO, 1993) y fue necesario diseñar un espesor necesario de material de mejoramiento para la subrasante. Además, se implementó un sistema de drenaje eficaz para manejar el agua de lluvia, minimizando los impactos negativos en la comunidad y protegiendo las viviendas de inundaciones, lo cual es especialmente crucial en la región debido a su entorno montañoso. Considerando factores clave como la seguridad vial, la geometría de la vía y la señalización, se logró desarrollar un diseño que mitigó los riesgos y mejoró significativamente la seguridad en tramos críticos y curvas, contribuyendo así a una movilidad más segura y eficiente en la región.

En síntesis, el diseño propuesto para Cochapata y Morasloma va más allá de satisfacer las necesidades inmediatas de movilidad y seguridad, ya que también se enfoca en promover el desarrollo sostenible y mejorar la calidad de vida de la población. Con una visión integral, este proyecto busca no solo modernizar la infraestructura vial, sino también impulsar el crecimiento económico y social de la región, asegurando así una vía que no solo responda a las necesidades actuales, sino que también sea viable y sostenible a largo plazo.

3.11. Recomendaciones

Tener empatía con los moradores de la zona donde se realiza el proyecto para no ocasionar problemas y poder realizar los estudios de manera tranquila.

Al momento de construir tener en cuenta las viviendas ya existentes ya que estas se ubican cercanas a la vía.

Se recomienda al GAD encargado de esta zona realizar una inspección periódica de la vía luego de su construcción para poder controlar la funcionalidad de la vía y alargar la vida útil.

Es fundamental que durante la ejecución del proyecto se realicen las instalaciones de alcantarillado y se mejore la red de agua potable, lo que no solo mejorará la calidad de vida de los residentes, sino que también evitará costosos trabajos adicionales en el futuro.

Además, se recomienda implementar una señalización vertical adecuada y realizar campañas de concienciación entre los moradores de la zona para fomentar el respeto y cumplimiento de las señales de tránsito, contribuyendo así a una mayor seguridad vial y a un entorno urbano más ordenado y sostenible.

4. Bibliografía

AASHTO. (1993). *Desing of Pavement Structures*. American Association of State Highway and Transportation Officials.

American Society of Civil Engineers. (1992). *Urban Water Resources Research Council*.

American Society of Civil Engineers. Urban Water Resources Research Council. (1992). *Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems*. Obtenido de https://www.google.com.ec/books/edition/Design_and_Construction_of_Urban_Stormwa/vWtXEohjy5cC

ASTM INTERNATIONAL. (2024). *¿Qué es la AASHTO?* Obtenido de <https://la.astm.org/es/standards/aashto/>

BRAJA DAS, M. (2013). *Fundamentos de ingeniería geotécnica - Cuarta Edición*. Cengage Learning, Inc.

- Cárdenas Grisales, J. (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá: ECOE EDICIONES.
- CONGOPE. (2019). *Plan de Desarrollo Vial Integral de la Provincia del Azuay*. Obtenido de <http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2020/09/Azuay-plan-vial-integral.pdf>
- COTECNO. (2024). *Granulometría: Análisis granulométrico de suelos por tamizado*. Obtenido de <https://www.cotecno.cl/granulometria-analisis-granulometrico-suelos/>
- editorial, E. (8 de February de 2018). *Concepto*. Obtenido de Suelo - Concepto, tipos, composición y característica: Concepto. <https://concepto.de/suelo/>
- Fattorelli, S., & Fernandez, P. (2011). *Diseño Hidrológico*. WASA - GN.
- Geometer - Agricultura de precisión y GNSS para industrias. (2024). *¿Qué es GNSS RTK y cómo funciona?* Obtenido de Geometer: <https://gpsgeometer.com/es/blog/what-is-gnss-rtk-and-how-does-it-work>
- INAMHI. (2024). *Anuarios Meteorológicos*. Obtenido de <https://servicios.inamhi.gob.ec/anuarios-metereologicos/>
- INAMI. (2019). *Actualizacion del estudio de lluvias intensas Quito-Ecuador*. Quito: Iñaquito.
- INEN. (2011). *SEÑALIZACIÓN VIAL. PARTE 1. SEÑALIZACIÓN VERTICAL*. QUITO.
- INEN. (2011). *SEÑALIZACIÓN VIAL. PARTE 2. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL*.
- Instituto Geográfico Nacional. (s.f.). *Instituto Geográfico Nacional*. Obtenido de <https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/OBS-Fotogrametria.pdf>
- Instituto Nacional de Vías. (Diciembre de 2009). *Manual de Drenaje para Carreteras*. Obtenido de <https://onl.dnp.gov.co/sites/comunidadvirtual/comunidadvirtual/Tecnologas%20%20intervenciones/Manual%20de%20drenajes%20para%20carreteras.pdf>
- Kirpich, P. (1940). *Time of concentration of small agricultural watersheds*. *Civil Engineering*.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2013). *Norma para estudios y diseños Viales, NEVI 12 Volumen N°2*. Quito.
- Montejo, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras*. Universidad Católica de Colombia Ediciones y Publicaciones.
- MOP . (2002). *ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS Y PUENTES*. MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y COMUNICACIONES.
- MTOP. (2003). *Norma de Diseño Geométrico de Carreteras*. Quito.
- MTOP. (2013). *NORMA ECUATORIANA VIAL NEVI-12-MTOP VOLUMEN 2*. QUITO: MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR.
- Nabón, A. d. (2025). *Alcaldía de Nabón*. Obtenido de <https://www.nabon.gob.ec/datos-del-canton/>
- Nabón, M. d. (2021). *Nabón_PDOT_PUGS*. Obtenido de https://www.nabon.gob.ec/wp-content/uploads/2024/01/NABON_PDOT_PUGS_AA-1.pdf
- Pérez Carmona, R. (2013). *Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje en carreteras*. Ecoe Ediciones.

Porto, J. P., & Gardey, A. (15 de Julio de 2022). *Tránsito - Qué es, definición y concepto*. Obtenido de Definicion.de: <https://definicion.de/transito/>

4.1. Anexos

Figura 45 Excavación de calicata



Figura 46 Obtención de calicatas



Figura 47 Estado actual de la vía



Figura 48 Estado actual de la vía 2



Figura 49 Inspección de la vía



Figura 50 Inspección de la vía



Figura 51 Medición de profundidad de excavación



Figura 52 Cajón de Alivio existente en la vía



Figura 53 Levantamiento con RTK

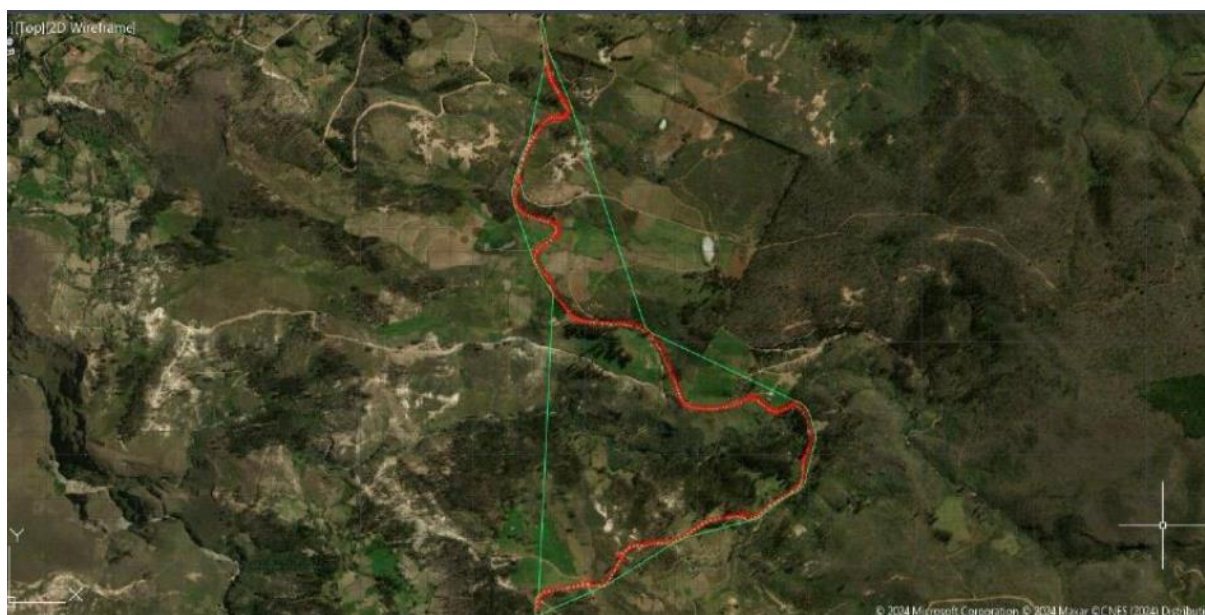
Figura 54 Curva crítica del proyecto



Figura 55 Recolección de muestra



Figura 56 Vista previa del proyecto



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

NORMAS DE REFERENCIA:			ASTM D1557-12						
Proyecto:	PROYECTO DE TITULACIÓN					Detalle de la muestra		M1- C1	
Solicita:	UPS ESTUDIANTES					Calicata:		CALICATA 1	
Coordenadas:						Profundidad muestra [m]:		0.80	
PESO MOLDE C/ANILLO [Kg]:			4.58			Molde:		4"	
PESO MOLDE S/ANILLO [Kg]:			3.78			Altura Molde [cm]:		11.64	
VOLUMEN DEL MOLDE [m³]:			0.00095			Diámetro Molde [cm]:		10.20	
No. CAPAS:			5			Maza:		2700 kN-m/m²	
No. GOLPES POR CAPA:			25			Altura de caída [cm]:		45	
No. ENSAYO	HUMEDAD ESTIMADA [%]	W MOLDE + MUESTRA [Kg]	W TARA [g]	Wh + TARA [g]	Ws + TARA [g]	HUMEDAD [%]	HUMEDAD PROMEDIO [%]	PESO ESPECÍFICO HÚMEDO [Kg/m³]	PESO ESPECÍFICO SECO [Kg/m³]
1	4.00	5.2	17.39	70.09	67.76	4.6	4.14	1492.95	1433.63
			17.53	62.05	60.41	3.8			
			17.3	55.35	53.9	4.0			
2	8.00	5.33	17.36	49.63	47.08	8.6	8.59	1629.63	1500.71
			17.24	68.64	64.68	8.3			
			17.49	66.96	62.94	8.8			
3	12.00	5.5	17.27	55.4	51.3	12.0	12.36	1808.36	1609.39
			17.27	61.85	56.81	12.7			
			17	58.92	54.33	12.3			
4	16.00	5.55	17.23	58.79	53.03	16.1	16.05	1860.93	1603.51
			17.18	58.78	53.14	15.7			
			17.33	56.11	50.65	16.4			

CURVA DE COMPACTACIÓN

$$y = -0.4821x^3 + 13.767x^2 - 99.205x + 1642.6$$

The graph plots Dry Unit Weight (γd) in kg/m³ against Moisture Content (Humedad) in %. The x-axis ranges from 0.00 to 18.00%, and the y-axis ranges from 1400.00 to 1650.00 kg/m³. A smooth curve is drawn through the data points, showing a peak at approximately 14.2% moisture content and 1629.5 kg/m³ dry unit weight.

Humedad [%]	γd Peso Específico Seco [kg/m³]
4.00	1433.63
8.59	1500.71
12.36	1609.39
16.05	1603.51

**Peso Específico Seco Máximo
[Kg/m³]:**

1629.5

Humedad Óptima:

14.2

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO									
NORMAS DE REFERENCIA:			ASTM D1557-12						
Proyecto:	PROYECTO DE TITULACIÓN					Detalle de la muestra		M1- C2	
Solicita:	UPS ESTUDIANTES					Calicata:		CALICATA 2	
Coordenadas:						Profundidad muestra [m]:		0.80	
PESO MOLDE C/ANILLO [Kg]:			4.58			Molde:		4"	
PESO MOLDE S/ANILLO [Kg]:			3.78			Altura Molde [cm]:		11.64	
VOLUMEN DEL MOLDE [m³]:			0.00095			Diámetro Molde [cm]:		10.20	
No. CAPAS:			5			Maza:		2700 kN-m/m³	
No. GOLPES POR CAPA:			25			Altura de caída [cm]:		45	
No. ENSAYO	HUMEDAD ESTIMADA [%]	W MOLDE + MUESTRA [Kg]	W TARA [g]	Wh + TARA [g]	Ws + TARA [g]	HUMEDAD [%]	HUMEDAD PROMEDIO [%]	PESO ESPECÍFICO HUMEDO [Kg/m³]	PESO ESPECÍFICO SECO [Kg/m³]
1	4.00	5.02	17.32	62.25	60.38	4.3	4.73	1303.70	1244.78
			17.51	72	69.55	4.7			
			17.32	63.66	61.39	5.2			
2	9.00	5.15	17	53.87	50.77	9.2	9.02	1440.38	1321.27
			17.58	51.46	48.71	8.8			
			17.32	45.81	43.45	9.0			
3	14.00	5.14	17.18	60.55	54.88	15.0	14.49	1429.87	1248.91
			17.34	72.75	65.94	14.0			
			17.24	57.48	52.41	14.4			
4	20.00	5.09	17.13	42.4	38.22	19.8	20.17	1377.30	1146.08
			17.18	55.28	48.92	20.0			
			17.47	60.21	52.89	20.7			

CURVA DE COMPACTACIÓN

Yd Peso Específico Seco [Kg/m³]

Humedad [%]

$y = 0.1781x^2 - 8.2158x^2 + 104.76x + 914.08$

Peso Específico Seco Máximo [Kg/m³]:	1321.3	Humedad Óptima:	9.02
---	--------	------------------------	------

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO									
NORMAS DE REFERENCIA:			ASTM D1557-12						
Proyecto:	PROYECTO DE TITULACIÓN					Detalle de la muestra		M1- C3	
Solicita:	UPS ESTUDIANTES					Calicata:		CALICATA 3	
Coordenadas:						Profundidad muestra [m]:		0.80	
PESO MOLDE C/ANILLO [Kg]:			4.58			Molde:		4"	
PESO MOLDE S/ANILLO [Kg]:			3.78			Altura Molde [cm]:		11.64	
VOLUMEN DEL MOLDE [m³]:			0.00095			Diámetro Molde [cm]:		10.20	
No. CAPAS:			5			Maza:		2700 kN-m/m³	
No. GOLPES POR CAPA:			25			Altura de caída [cm]:		45	
No. ENSAYO	HUMEDAD ESTIMADA [%]	W MOLDE + MUESTRA [Kg]	W TARA [g]	Wh + TARA [g]	Ws + TARA [g]	HUMEDAD [%]	HUMEDAD PROMEDIO [%]	PESO ESPECÍFICO HÚMEDO [Kg/m³]	PESO ESPECÍFICO SECO [Kg/m³]
1	5.00	5.43	17.03	75.49	72.41	5.6	5.52	1734.77	1644.07
			17.18	74.93	71.91	5.5			
			17.23	83.17	79.75	5.5			
2	7.50	5.51	17.26	64.4	61.08	7.6	7.46	1818.88	1692.67
			17.36	59.59	56.58	7.7			
			17.33	68.5	65.1	7.1			
3	12.00	5.67	17.28	62.48	57.51	12.4	12.09	1987.09	1772.80
			17.53	54.57	50.66	11.8			
			17.25	79.84	73.08	12.1			
4	15.50	5.68	17.27	56.63	51.24	15.9	15.40	1997.61	1730.98
			17.3	60.3	54.57	15.4			
			17	64.08	57.95	15.0			

CURVA DE COMPACTACIÓN

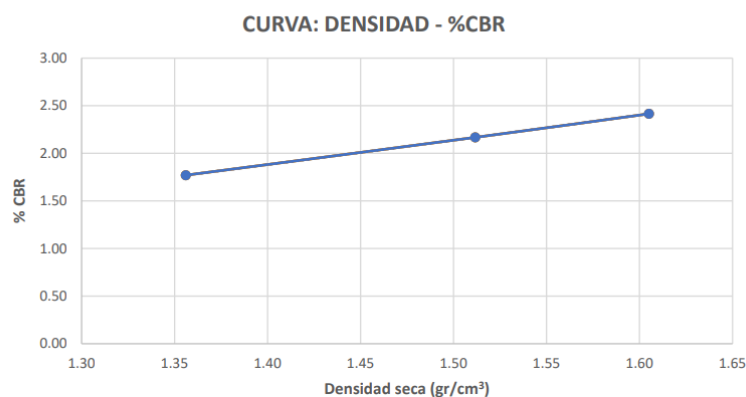
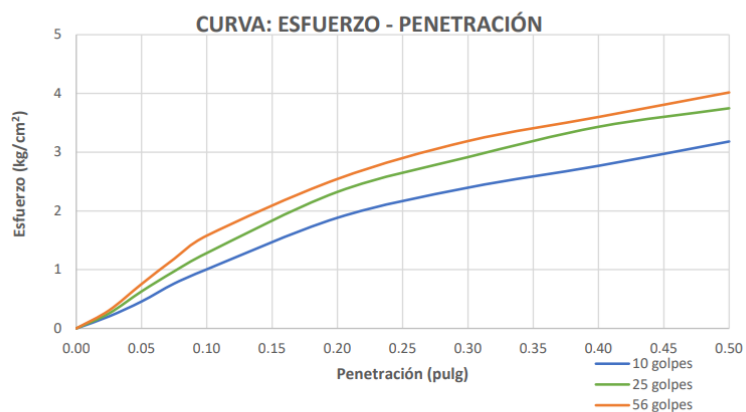
The graph plots Dry Density (γ_d in Kg/m³) on the y-axis against Moisture Content (Humedad in %) on the x-axis. The y-axis ranges from 1620.00 to 1800.00, and the x-axis ranges from 0.00 to 18.00. A parabolic curve is fitted to the data points, with the equation $y = -0.2613x^2 + 5.3687x + 1587.2$ displayed on the graph.

Moisture Content [%]	Dry Density [Kg/m³]
5.5	1644.07
7.5	1692.67
12.1	1772.80
15.0	1730.98

Peso Específico Seco Máximo [Kg/m³]:	1773.7	Humedad Óptima:	12.5
---	--------	------------------------	------

 GEO • GEO GEOLOGIA GEORRICA GEOTECNIA GEOINGENIERIA	ENSAYO DE CBR NORMA ASTM D-1883									
	Proyecto:		PROYECTO DE TITULACIÓN							
	Coordenadas:				Cota (msnm):					
	Fecha toma de muestra:		15/11/2024				Fecha de ensayo:		26/11/2024	
	Ubicación:						Nivel Freático:		N/A	
Tipo de material:		ML- Limo baja plasticidad arenoso								
COMPACTACIÓN CBR										
MOLDE		1			2			3		
Altura Molde (mm)		120			120			120		
N° Capas		5			5			5		
N°Golpe por capa		10			25			56		
ANTES DE SATURAR										
P. Húm.+ Molde		11310.00			9940.00			9810.00		
Peso Molde (gr)		7940.00			6130.00			5760.00		
Peso Húmedo (gr)		3370.00			3810.00			4050.00		
Vol. Molde (cc)		2177.50			2206.25			2206.25		
Densidad H.(gr/cc)		1.55			1.73			1.84		
Número de tara		26	97	119	30	96	98	21	37	111
Peso Tara (gr)		17.32	17.22	17.00	17.28	17.27	17.00	17.37	17.16	17.29
P.Húmedo + Tara (gr)		61.54	62.45	59.79	53.77	64.35	62.37	59.14	68.32	59.60
Peso Seco + Tara (gr)		56.00	56.66	54.74	49.13	58.43	56.88	54.00	62.00	54.09
Peso Agua (gr)		5.54	5.79	5.05	4.64	5.92	5.49	5.14	6.32	5.51
P. Muestra Seca (gr)		38.68	39.44	37.74	31.85	41.16	39.88	36.63	44.84	36.80
Cont. Humedad		14.32%	14.68%	13.38%	14.57%	14.38%	13.77%	14.03%	14.09%	14.97%
Cont.Hum.Prom.		14.13%			14.24%			14.37%		
Densidad seca (gr/cm³)		1.356			1.512			1.605		
DESPUÉS DE SATURAR										
P. Sat.+ Molde		11834.40			10400.63			10225.24		
Peso Molde (gr)		7940.00			6130.00			5760.00		
Peso Sat. (gr)		3894.40			4270.63			4465.24		
Vol. Molde (cc)		2177.50			2206.25			2206.25		
Densidad Sat.(gr/cc)		1.79			1.94			2.02		
Número de tara		26	97	119	30	96	98	21	37	111
Peso Tara (gr)		17.32	17.22	17.00	17.28	17.27	17.00	17.37	17.16	17.29
P.Húmedo + Tara (gr)		82.54	94.33	98.11	90.11	82.11	80.05	70.92	81.22	69.11
Peso Seco + Tara (gr)		67.23	75.94	77.68	74.38	67.84	66.11	59.68	68.04	58.48
Peso Agua (gr)		15.31	18.39	20.43	15.73	14.27	13.94	11.24	13.18	10.63
P. Muestra Seca (gr)		49.91	58.72	60.68	57.10	50.57	49.11	42.31	50.88	41.19
Cont. Humedad		30.68%	31.32%	33.67%	27.55%	28.22%	28.39%	26.57%	25.90%	25.81%
Cont.Hum.Prom.		31.89%			28.05%			26.09%		
Densidad seca (gr/cm³)		1.356			1.512			1.605		
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Días)		(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.19	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00
24	1	3.74	3.55	2.96	3.07	2.94	2.45	4.35	2.85	2.38
48	2	4.45	4.26	3.55	4.15	4.02	3.35	5.42	3.92	3.27
72	3	4.73	4.54	3.78	4.85	4.72	3.93	6.19	4.69	3.91
96	4	5.03	4.84	4.03	4.93	4.80	4.00	6.21	4.71	3.93

ENSAYO CARGA - PENETRACION							
PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm ²)	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm ²)	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm ²)
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	4	0.20	5	0.25	6	0.31
1.27	0.050	9	0.46	12	0.63	15	0.76
1.91	0.075	15	0.76	19	0.97	23	1.18
2.54	0.100	20	1.01	25	1.28	31	1.58
5.08	0.200	37	1.88	46	2.32	50	2.54
7.62	0.300	47	2.40	57	2.92	63	3.19
10.16	0.400	54	2.77	67	3.43	71	3.60
12.70	0.500	62	3.18	74	3.75	79	4.02



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	1.00	1.87
MOLDE 2	1.27	2.29
MOLDE 3	1.59	2.55

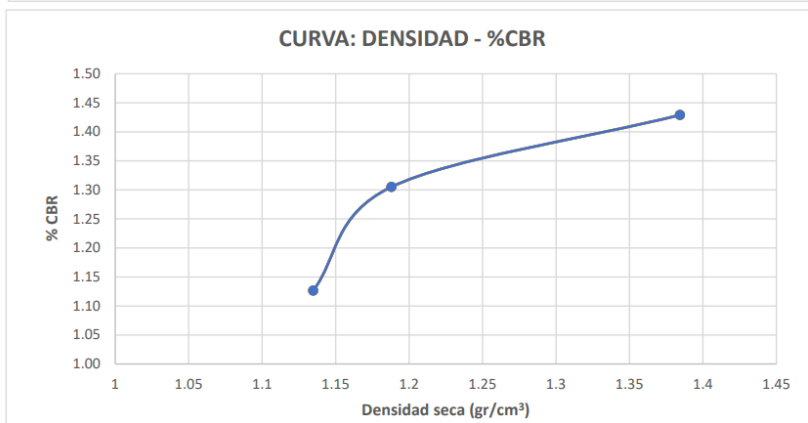
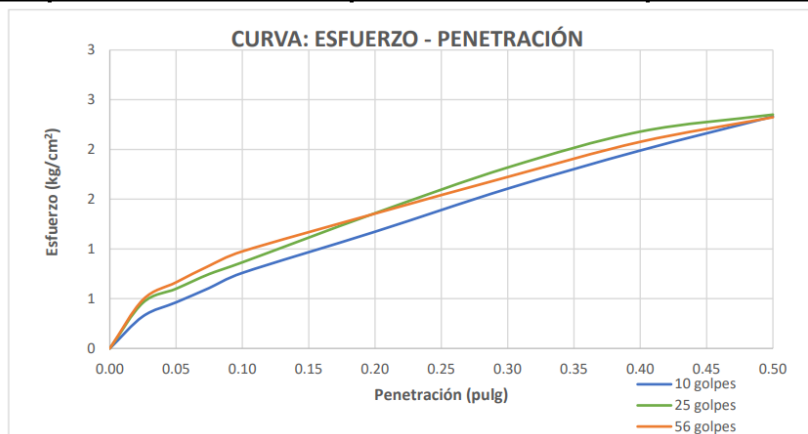
	DENS (gr/cm ³)	0.1 in	0.2 in	CBR (%)
MOLDE 1	1.356	1.42	1.77	1.77
MOLDE 2	1.512	1.81	2.17	2.17
MOLDE 3	1.605	2.26	2.42	2.42

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

2.26

 GEO • GEO GEOLOGÍA GEOFÍSICA GEOTECNIA GEOINGENIERIA		ENSAYO DE CBR NORMA ASTM D-1883									
		Proyecto:		PROYECTO DE TITULACIÓN							
		Coordenadas:				Cota (msnm):					
		Fecha toma de muestra:		15/11/2024				Fecha de ensayo:		21/11/2024	
		Ubicación:						Nivel Freático:		N/A	
		Tipo de material:		MH- Limo alta plasticidad				Calicata:		# 2	
COMPACTACIÓN CBR											
MOLDE		1			2			3			
Altura Molde (mm)		120			120			120			
N° Capas		5			5			5			
N°Golpe por capa		10			25			56			
ANTES DE SATURAR											
P. Húm.+ Molde		10642.00			9002.00			9104.00			
Peso Molde (gr)		7940.00			6130.00			5760.00			
Peso Húmedo (gr)		2702.00			2872.00			3344.00			
Vol. Molde (cc)		2177.50			2206.25			2206.25			
Densidad H.(gr/cc)		1.24			1.30			1.52			
Número de tara		108	112	31	99	32	11	20	21	26	
Peso Tara (gr)		17.24	17.00	17.32	17.41	17.13	17.28	17.54	17.38	17.33	
P.Húmedo + Tara (gr)		55.39	71.34	66.66	62.92	51.87	60.60	62.75	62.27	62.54	
Peso Seco + Tara (gr)		51.91	66.52	62.89	59.00	49.26	56.24	58.92	58.40	58.52	
Peso Agua (gr)		3.48	4.82	3.77	3.92	2.61	4.36	3.83	3.87	4.02	
P. Muestra Seca (gr)		34.67	49.52	45.57	41.59	32.13	38.96	41.38	41.02	41.19	
Cont. Humedad		10.04%	9.73%	8.27%	9.43%	8.12%	11.19%	9.26%	9.43%	9.76%	
Cont.Hum.Prom.		9.35%			9.58%			9.48%			
Densidad seca (gr/cm³)		1.135			1.188			1.384			
DESPUÉS DE SATURAR											
P. Sat.+ Molde		11584.17			10007.33			10031.76			
Peso Molde (gr)		7940.00			6130.00			5760.00			
Peso Sat. (gr)		3644.17			3877.33			4271.76			
Vol. Molde (cc)		2177.50			2206.25			2206.25			
Densidad Sat.(gr/cc)		1.67			1.76			1.94			
Número de tara		108	112	31	99	32	11	20	21	26	
Peso Tara (gr)		17.24	17.00	17.32	17.41	17.13	17.28	17.54	17.38	17.33	
P.Húmedo + Tara (gr)		58.92	73.92	69.62	59.62	98.72	89.63	102.33	97.84	89.33	
Peso Seco + Tara (gr)		44.08	58.32	52.33	48.09	71.03	64.00	79.12	74.95	67.99	
Peso Agua (gr)		14.84	15.60	17.29	11.53	27.69	25.63	23.21	22.89	21.34	
P. Muestra Seca (gr)		26.84	41.32	35.01	30.68	53.90	46.72	61.58	57.57	50.66	
Cont. Humedad		55.29%	37.75%	49.39%	37.58%	51.37%	54.86%	37.69%	39.76%	42.12%	
Cont.Hum.Prom.		47.48%			47.94%			39.86%			
Densidad seca (gr/cm³)		1.135			1.188			1.384			
ENSAYO DE HINCHAMIENTO											
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03			
		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		
(Hs)	(Días)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	
0	0	0.650	0.000	0.00	1.160	0.000	0.00	1.030	0.000	0.00	
24	1	11.450	10.800	9.00	13.630	12.470	10.39	19.110	18.080	15.07	
48	2	11.620	10.970	9.14	13.890	12.730	10.61	19.480	18.450	15.38	
72	3	11.780	11.130	9.28	14.110	12.950	10.79	19.820	18.790	15.66	
96	4	11.980	11.330	9.44	14.390	13.230	11.03	20.250	19.220	16.02	

ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN							
PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm ²)	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm ²)	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm ²)
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	6	0.32	9	0.46	10	0.49
1.27	0.050	9	0.46	12	0.60	13	0.66
1.91	0.075	12	0.61	15	0.75	16	0.83
2.54	0.100	15	0.76	17	0.87	19	0.98
5.08	0.200	23	1.17	27	1.36	27	1.36
7.62	0.300	32	1.61	36	1.82	34	1.72
10.16	0.400	39	1.99	43	2.18	41	2.08
12.70	0.500	46	2.33	46	2.35	46	2.32



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	0.76	1.19
MOLDE 2	0.92	1.36
MOLDE 3	1.00	1.37

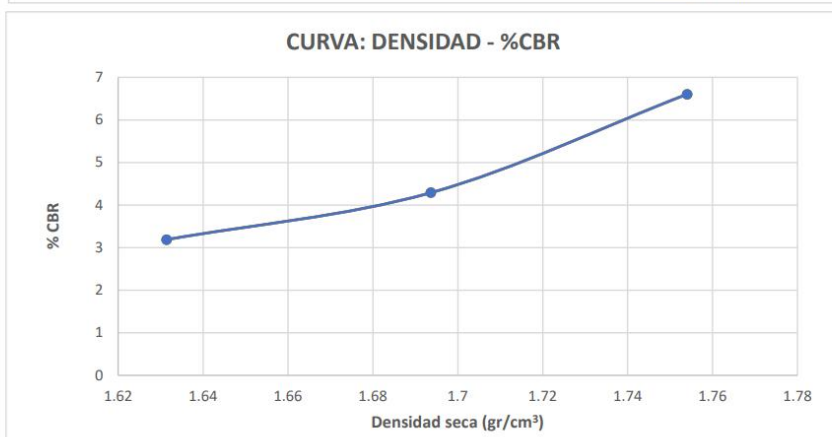
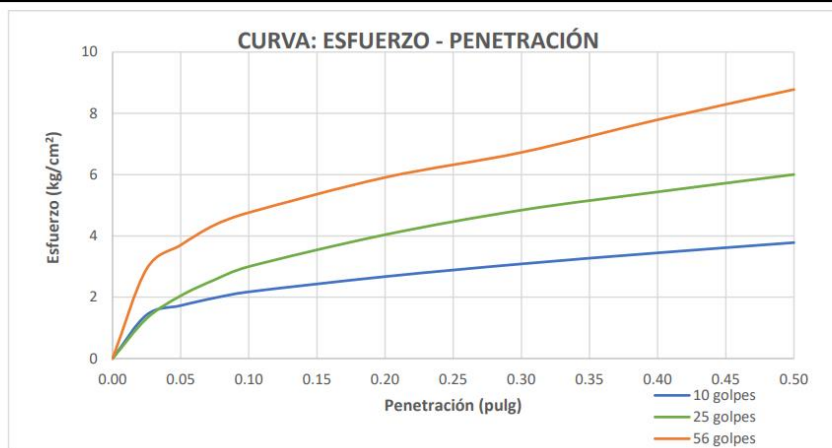
	DENS (gr/cm ³)	0.1 in	0.2 in	CBR (%)
MOLDE 1	1.135	1.09	1.13	1.13
MOLDE 2	1.188	1.30	1.29	1.30
MOLDE 3	1.384	1.43	1.30	1.43

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

1.38

 GEO GEO GEOLOGÍA GEOFÍSICA GEOTECNIA GEOINGENIERIA	ENSAYO DE CBR NORMA ASTM D-1883									
	Proyecto:		PROYECTO DE TITULACIÓN							
	Coordenadas:				Cota (msnm):					
	Fecha toma de muestra:		15/11/2024				Fecha de ensayo:		21/11/2024	
	Ubicación:						Nivel Freático:		N/A	
	Tipo de material:		ML- Limo baja plasticidad arenoso				Calicata:		# 3	
COMPACTACIÓN CBR										
MOLDE		1			2			3		
Altura Molde (mm)		120			120			120		
N° Capas		5			5			5		
N°Golpe por capa		10			25			56		
ANTES DE SATURAR										
P. Húm.+ Molde		10250.00			10500.00			10440.00		
Peso Molde (gr)		6250.00			6290.00			6090.00		
Peso Húmedo (gr)		4000.00			4210.00			4350.00		
Vol. Molde (cc)		2177.50			2206.25			2206.25		
Densidad H.(gr/cc)		1.84			1.91			1.97		
Número de tara		108	112	31	99	32	11	20	21	26
Peso Tara (gr)		17.25	17.17	17.65	17.57	17.16	17.00	17.35	17.00	17.31
P.Húmedo + Tara (gr)		63.52	60.10	60.66	65.81	64.95	58.14	62.11	63.27	60.16
Peso Seco + Tara (gr)		58.37	55.39	55.73	60.05	59.78	53.63	57.56	58.23	55.00
Peso Agua (gr)		5.15	4.71	4.93	5.76	5.17	4.51	4.55	5.04	5.16
P. Muestra Seca (gr)		41.12	38.22	38.08	42.48	42.62	36.63	40.21	41.23	37.69
Cont. Humedad		12.52%	12.32%	12.95%	13.56%	12.13%	12.31%	11.32%	12.22%	13.69%
Cont.Hum.Prom.		12.60%			12.67%			12.41%		
Densidad seca (gr/cm³)		1.631			1.694			1.754		
DESPUÉS DE SATURAR										
P. Sat.+ Molde		10586.87			10748.84			10632.48		
Peso Molde (gr)		6250.00			6290.00			6090.00		
Peso Sat. (gr)		4336.87			4458.84			4542.48		
Vol. Molde (cc)		2177.50			2206.25			2206.25		
Densidad Sat.(gr/cc)		1.99			2.02			2.06		
Número de tara		108	112	31	99	32	11	20	21	26
Peso Tara (gr)		17.25	17.17	17.65	17.57	17.16	17.00	17.35	17.00	17.31
P.Húmedo + Tara (gr)		65.31	80.20	89.26	67.32	93.33	98.12	70.11	82.33	85.11
Peso Seco + Tara (gr)		56.28	69.23	76.33	59.13	80.88	85.32	62.33	72.68	75.00
Peso Agua (gr)		9.03	10.97	12.93	8.19	12.45	12.80	7.78	9.65	10.11
P. Muestra Seca (gr)		39.03	52.06	58.68	41.56	63.72	68.32	44.98	55.68	57.69
Cont. Humedad		23.14%	21.07%	22.03%	19.71%	19.54%	18.74%	17.30%	17.33%	17.52%
Cont.Hum.Prom.		22.08%			19.33%			17.38%		
Densidad seca (gr/cm³)		1.631			1.694			1.754		
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO (Hs) (Días)		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
			(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	0.540	0.540	0.45	0.340	0.340	0.28	0.310	0.310	0.26
48	2	0.540	0.540	0.45	0.380	0.380	0.32	0.330	0.330	0.28
72	3	0.550	0.550	0.46	0.450	0.450	0.38	0.340	0.340	0.28
96	4	0.560	0.560	0.47	0.470	0.470	0.39	0.350	0.350	0.29

ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN							
PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm ²)	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm ²)	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm ²)
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	28	1.42	26	1.31	57	2.92
1.27	0.050	34	1.73	40	2.05	73	3.70
1.91	0.075	39	1.98	50	2.57	86	4.36
2.54	0.100	43	2.18	59	3.00	93	4.76
5.08	0.200	52	2.67	79	4.04	116	5.91
7.62	0.300	61	3.09	95	4.84	132	6.72
10.16	0.400	68	3.45	107	5.44	153	7.79
12.70	0.500	74	3.78	118	6.00	172	8.78



PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	2.24	2.55
MOLDE 2	3.02	4.00
MOLDE 3	4.64	5.94

	DENS (gr/cm³)	0.1 in	0.2 in	CBR (%)
MOLDE 1	1.631	3.19	2.42	3.19
MOLDE 2	1.694	4.29	3.79	4.29
MOLDE 3	1.754	6.60	5.63	6.60

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

4.06

	Resumen del Conteo Vehicular Cochapata-Morasloma TPDA																	
	Miércoles 30 oct						Jueves 31 oct						Viernes 1 Nov					
	CARROS		Buses		PESADOS(2ejes)		CARROS		Buses		PESADOS(2ejes)		CARROS		Buses		PESADOS(2ejes)	
	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA
	68	66	3	2	20	21	60	59	2	3	7	5	67	67	2	3	6	5
DIARIO POR CARRIL Y TIPO DE VEHICULO	134		5		41		119		5		12		134		5		11	
DIARIO ABSOLUTO (CARROS/PES	180						136						150					

Sabado 2 Nov						Domingo 3 Nov						Lunes 4 Nov					
CARROS		Buses		PESADOS(2ejes)		CARROS		Buses		PESADOS(2ejes)		CARROS		Buses		PESADOS(2ejes)	
SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA
83	101	2	2	11	13	121	86	4	3	9	8	69	77	3	4	11	10
184		4		24		207		7		17		146		7		21	
		212						231						174			

Martes 5 Nov					
CARROS		Buses		PESADOS(2ejes)	
SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA
65	58	4	5	12	10
123		9		22	
154					

FACTOR HORARIO	1
----------------	---

FACTOR DIARIO	1
---------------	---

24	horas
24	horas

7	días
7	días

Fh	1	Fd	1
----	---	----	---

FACTOR SEMANAL	1.10714286
----------------	------------

Mes	# De Dias	# De 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		

FACTOR MENSUAL	0.9612045
----------------	-----------

Mes	Extra	Super	Diesel	Suma	Factor mensual
Enero	5,041,034.00 \$	426,907.00 \$	3,821,603.00 \$	9,289,544.00 \$	1.059591614
Febrero	4,880,836.00 \$	433,298.00 \$	3,541,383.00 \$	8,855,517.00 \$	1.111524366
Marzo	5,355,979.00 \$	453,869.00 \$	3,841,103.00 \$	9,650,951.00 \$	1.019912226
Abril	5,032,952.00 \$	413,959.00 \$	3,736,007.00 \$	9,182,918.00 \$	1.071894894
Mayo	5,078,272.00 \$	399,376.00 \$	4,163,812.00 \$	9,641,460.00 \$	1.020916222
Junio	5,196,709.00 \$	387,913.00 \$	4,223,877.00 \$	9,808,499.00 \$	1.003529991
Julio	5,547,513.00 \$	419,991.00 \$	4,503,173.00 \$	10,470,677.00 \$	0.940065568
Agosto	5,452,805.00 \$	428,022.00 \$	4,448,420.00 \$	10,329,247.00 \$	0.952937123
Septiembre	5,349,559.00 \$	389,638.00 \$	4,417,146.00 \$	10,156,343.00 \$	0.969160151
Octubre	5,258,978.00 \$	392,703.00 \$	4,126,129.00 \$	9,777,810.00 \$	0.9612045
Noviembre	5,417,543.00 \$	396,626.00 \$	4,330,418.00 \$	10,144,587.00 \$	0.98288749
Diciembre	5,907,968.00 \$	444,561.00 \$	4,457,393.00 \$	10,809,922.00 \$	0.910563732
TOTAL ANUAL	63,520,148.00 \$	4,986,863.00 \$	49,610,464.00 \$		
PROMEDIO DE LA SUMA MENSUAL DE LOS 3 TIPOS DE COMBUSTIBLES				9,843,122.92 \$	

PROMEDIO SEMANAL	LUNES 174	MARTES 154	MIÉRCOLES 180	JUEVES 136	VIERNES 150	SÁBADO 212	DOMINGO 231
	177						

PARA ESALS							
BUSES	7	9	5	5	5	4	7
LIVIANOS	146	123	134	119	134	184	207
PESADOS	21	22	41	12	11	24	17
PROMEDIO LIVIANOS	207		TPDA LIVIANOS		220		353
PROMEDIO PESADOS	17		TPDA PESADOS		18		
PROMEDIO BUSES 2DA	7		TPDA Buses		7		

Número de carriles en ambas direcciones	% de vehículos pesados en el carril de diseño	Número de carriles en cada dirección	% de ESAL en el carril de diseño
		1	100
		2	80 - 100
2	50	3	60 - 80
4	45	4	50 - 75
6 o más	40		

TRAFICO PROYECTADO A 20 AÑOS (2043)	Tf= Ta (1+i)^A = To * Fh * Fd * Fs * Fm años a proy			
	Livianos	Pesados	Buses	TPDA Proyectado
	353	24	9	386

Tasa de crecimiento de los vehiculos			
Periodo	Livianos	Buses	Camiones
2023-2028	0.03038183	0.01642704	0.01642704
2028-2033	0.02535244	0.01520149	0.01520149
2033-2038	0.02140392	0.01413511	0.01413511
2038-2043	0.01834713	0.01320126	0.01320126
Promedio	0.02387133	0.01474122	0.01474122
Suma	0.05335378		

Tabla 7 Confiabilidad R

Tipo de Camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona Urbana	Zona RURAL
Rutas interestatales y autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

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

Cuadro 88. Desviación normal estándar, Z.

Confiabilidad, %	Desviación normal estándar, Z.
95	1.645
90	1.282
75	0.675
50	0.000
25	-0.675
10	-1.282
5	-1.645
0	-2.326
-5	-2.576
-10	-2.878
-15	-3.090
-20	-3.291
-25	-3.493
-30	-3.696
-35	-3.899
-40	-4.101
-45	-4.303
-50	-4.505
-55	-4.707
-60	-4.908
-65	-5.109
-70	-5.310
-75	-5.512
-80	-5.714
-85	-5.915
-90	-6.118
-95	-6.320
-99	-6.754
-99.9	-7.153

Fuente: Pearson, Inc. (1966)

AÑO	POBLACION CENSAL	TASA % GEOMETRICO
2001	2662	0.0118979
2010	2961	
2020	2981	
PROMEDIO	2868	0.00628567

Tasa de crecimiento en redes locales		
TPDS	Tasa de crecimiento %	
	Total Vehículos	Veh. Comerciales
< 500	6.0 – 6.5	5.5– 6.0
500 - 1000	5.7 – 6.3	5.5– 6.0
1000 - 2500	4.5 – 5.5	4.0 – 5.0
2500 - 5000	4.5 – 5.5	4.0 – 5.0
5000 - 10000	4.5 – 5.5	4.0 – 5.0
> 10000	4.0 – 6.0	3.0 – 5.0

PROYECCIONES DEL TPDA

Modelo logístico LOGIT

Proyección para vehículos livianos en función de la tasa de motorización Tm

Tm = Ts / (1 + e^(a+bt))

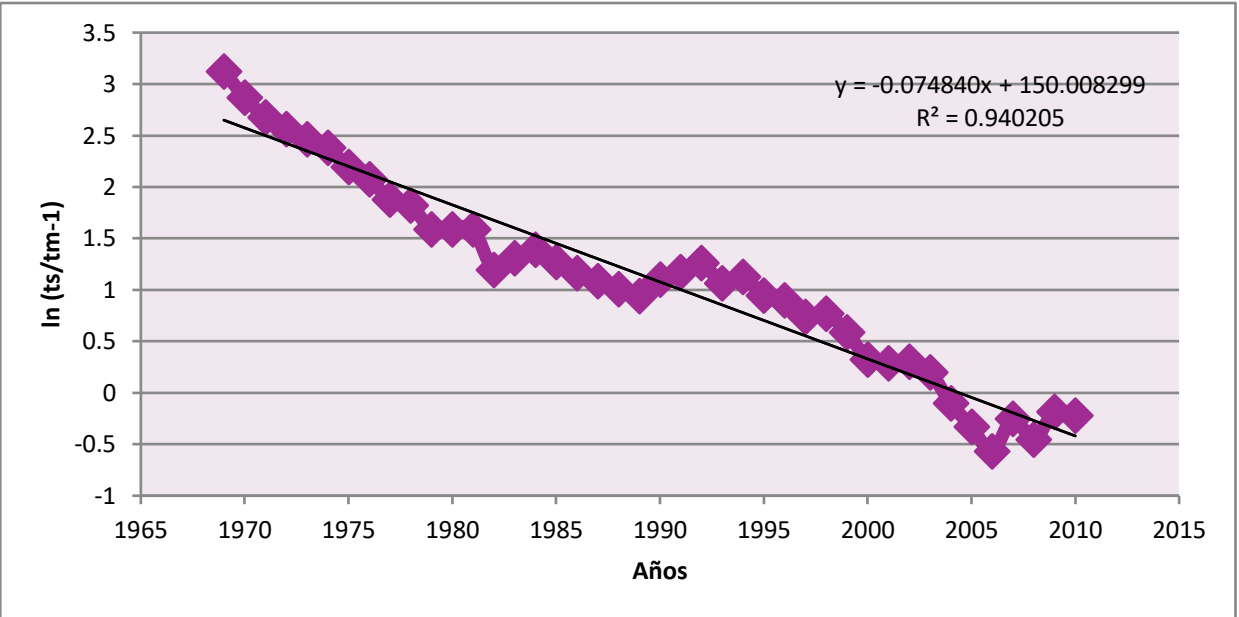
Año	Población	Veh matriculad	Tm	ln(ts/tm-1)	Tm ajustado	Veh ajustados
1969	181573	1935	10.6568708	3.12414978	16.7211389	3036
1970	188132	2554	13.5755746	2.86996562	17.928485	3373
1971	194928	3173	16.2778051	2.67708475	19.2159174	3746
1972	201970	3661	18.1281048	2.56157675	20.5877026	4158
1973	209266	4150	19.8296267	2.46459228	22.0481812	4614
1974	216825	4638	21.3905223	2.38210473	23.6017439	5117
1975	224659	5710	25.4162976	2.19212749	25.2528046	5673
1976	233221	6588	28.2478851	2.07397949	27.0057681	6298
1977	242110	8106	33.4806493	1.88047275	28.8649939	6989
1978	251337	8877	35.3191134	1.81860589	30.8347547	7750
1979	260916	11193	42.898864	1.58874367	32.9191908	8589
1980	270860	11632	42.9428487	1.58750951	35.1222589	9513
1981	281183	12070	42.9257814	1.58798828	37.447677	10530
1982	291899	17169	58.8182899	1.19434151	39.8988646	11646
1983	303024	16311	53.8274196	1.30838869	42.4788789	12872
1984	306391	15453	50.4355546	1.39036171	45.1903481	13846
1985	309795	17170	55.423748	1.27111643	48.0354016	14881
1986	313237	18887	60.2961974	1.16188527	51.0155999	15980
1987	316717	20267	63.9919339	1.08303265	54.131863	17144
1988	320236	21648	67.599104	1.00892576	57.3844009	18377
1989	323793	23028	71.1195115	0.93898809	60.7726469	19678
1990	327391	20648	63.0683189	1.10244587	64.2951957	21050
1991	331028	19768	59.7170028	1.17453864	67.9497474	22493
1992	338490	18888	55.8007622	1.26242705	71.7330611	24281
1993	346119	22504	65.0181007	1.06167997	75.6409185	26181
1994	353921	21940	61.9912353	1.12532631	79.6680999	28196
1995	361899	25658	70.898234	0.94332016	83.8083753	30330
1996	370056	27067	73.1429838	0.89974597	88.0545101	32585
1997	378397	30957	81.8109023	0.73835827	92.3982887	34963
1998	386926	31006	80.1341859	0.7688131	96.8305555	37466
1999	395648	35703	90.2393036	0.58981593	101.341274	40095
2000	404566	42924	106.098881	0.3253882	105.919604	42851
2001	413685	44844	108.40132	0.28812192	110.553993	45735
2002	423010	45513	107.593201	0.30117786	115.23229	48744
2003	432545	49245	113.849426	0.20067986	119.941863	51880
2004	442294	58775	132.886722	-0.1010618	124.669736	55141
2005	452264	66601	147.261334	-0.3312382	129.402729	58524
2006	462458	74657	161.435201	-0.5670569	134.127604	62028
2007	472882	67353	142.430881	-0.253216	138.831216	65651
2008	483541	74846	154.787288	-0.4549162	143.500653	69388
2009	494441	68302	138.139839	-0.1845511	148.123382	73238
2010	524563	73703	140.503619	-0.2223122	152.687377	80094
2011	535624	79424	148.283124	-0.3478632	157.181237	84190
2012	546864	83675	153.008792	-0.4254131	161.594298	88370
2013	558127	84929	152.167876	-0.4115274	165.916716	92603
2014	569416	90133	158.290248	-0.5136134	170.139544	96880
2015	580706	95486	164.430882	-0.6187071	174.254785	101191
2016	591996	99754	168.504517	-0.6902645	178.255432	105527
2017	603269	104120	172.592989	-0.7638348	182.135484	109877
2018	614539	108585	176.693424	-0.839657	185.889949	114237
2019	625775	113148	180.812592	-0.9181955	189.514833	118594

ts= 253

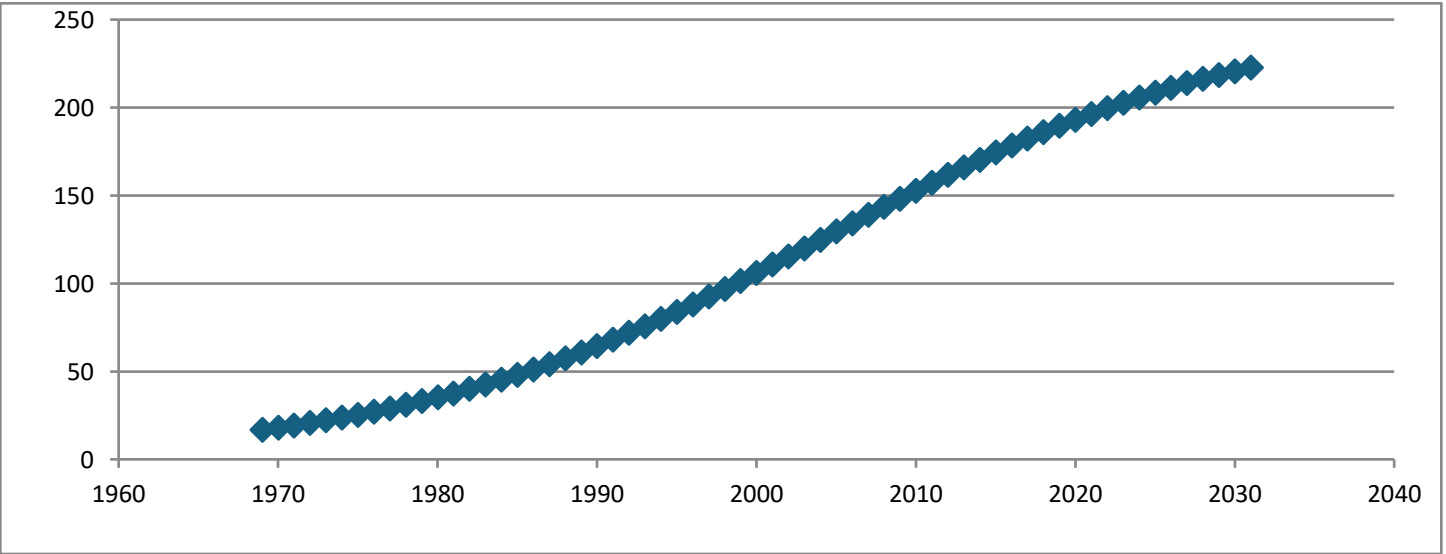
a= 150.008299
b= -0.07484

Ts	r²	r
210	0.9367	0.96783263
225	0.939	0.96902012
253	0.9402	0.96963911
275	0.9399	0.9694844
290	0.9394	0.9692265

0.5365
0.567985
0.1324565



aritmética



Valores de i

Periodo	Livianos	Buses	Camiones
2023-2028	3.04%	1.64%	1.64%
2028-2033	2.54%	1.52%	1.52%
2033-2038	2.14%	1.41%	1.41%
2038-2043	1.83%	1.32%	1.32%

Periodo	Livianos	Buses	Camiones
2023-2028	3.04	1.64	1.64
2028-2033	2.54	1.52	1.52
2033-2038	2.14	1.41	1.41
2038-2043	1.83	1.32	1.32

PARAMETROS ENTRADA

PT
SN

2.5
3

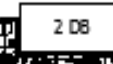
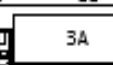
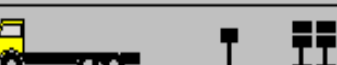
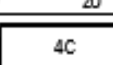
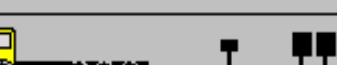
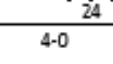
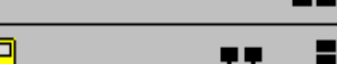
SIMPLES	1
TANDEM	2
TRIDEM	3

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left[\frac{L_{18} + L_{2s}}{L_x + L_{2x}} \right]^{4.79} \left[\frac{10^{G/\beta_x}}{10^{G/\beta_{18}}} \right] [L_{2x}]^{4.33}$$

$$\beta_x = 0.4 + \left(\frac{0.081(L_x + L_{2x})^{3.23}}{(SN + 1)^{5.19} L_{2x}^{3.23}} \right)$$

$$G = \log \left(\frac{4.2 - p_t}{4.2 - 1.5} \right)$$

DATOS DE CONTEO DE TRÁFICO

Nº	TIPO DE VEHÍCULO	DISTRIBUCION MAXIMA DE CARGA POR EJE		DESCRIPCION		PESO MAX PERM (TON)	LONG. MAX PERM (m)			Frecuencia	1 SIMPLE								2 TANDEM				3 TRIDEM		FACTOR CAMION
							LARGO	ANCHO	ALTO		Carga	LEF	Carga	LEF	carga	LEF	carga	LEF	carga	LEF	carga	LEF	carga	LEF	
1	AUTOS									352	1	0.00043	1	0.0004255											0.001
2	2D	2 D			CAMIÓN DE 2 EJES PEQUEÑO	7	5,00	2,60	3,00		3	0.02417	4	0.0728859											0.097
3	2DA	2DA			CAMIÓN DE 2 EJES MEDIANOS	10	7,50	2,60	3,50		3	0.02417	7	0.5623615											0.587
4	2DB	2DB			CAMIÓN DE 2 EJES GRANDES	18	12,20	2,60	4,10	24	7	0.56236	11	3.1997644											3.762
5	3-A	3-A			CAMIÓN DE 3 EJES	27	12,20	2,60	4,10	9	7	0.56236							20	2.9916					3.554
6	4-C	4-C			CAMIÓN DE 4 EJES	31	12,20	2,60	4,10	0	7	0.56236											24	1.5237	2.086
7	4-0	4-0			CAMIÓN CON TANDEM DE RECCIONAL Y TANDEM POSTERIOR	32	12,20	2,60	4,10	0									12	0.4436	20	2.992			3.435
8	V2DB	V2DB			VOLQUETA DE DOS EJES 8 m²	18	12,20	2,60	4,10		7	0.56236	11	3.1997644											3.762
9	V3A	V3A			VOLQUETA DE TRES EJES 10-14 m²	27	12,20	2,60	4,10	0	7	0.56236							20	2.9916					3.554

PT
SN

2.5
3

%veh pesados carril diseño
%ESALs carril de diseño

0.5
1

Periodo de Diseño
Confiabilidad (Zr)

20
1.0364

σ

0.05

$$N = TPD \times A\% \times F_D \times F_L \times 365 \times \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)} \times FCg$$

NOTA:
NO modificar el contenido de ninguna

$$N' = 10^{\sigma \cdot Zr} \times N$$

TIPO	FRECUENCIA	FACTOR CAMION	TASA DE CRECIMIENTO	FACTOR DE CRECIMIENTO	N. ESALs p/diseño	N. ESALs CORREGIDO p/diseño
AUTOS	352	0.001	0.0239	25.564	1,398	1,575
2DB	24	3.762	0.0147	23.225	378,869	426,885
3-A	9	3.554	0.0147	23.225	139,186	156,826
4-C	0	2.086	0.0147	23.225	0	0
4-0	0	3.435	0.0147	23.225	0	0
V3A	0	3.554	0.0147	23.225	0	0
V2S	0	3.554	0.0147	23.225	0	0
T3	0	3.554	0.0147	23.225	0	0
2S1	0	6.962	0.0147	23.225	0	0
2S2	0	6.754	0.0147	23.225	0	0
2S3	0	5.286	0.0147	23.225	0	0
3S1	0	6.754	0.0147	23.225	0	0
3S2	0	6.546	0.0147	23.225	0	0
3S3	0	5.078	0.0147	23.225	0	0
				TOTAL	519,453	585,286

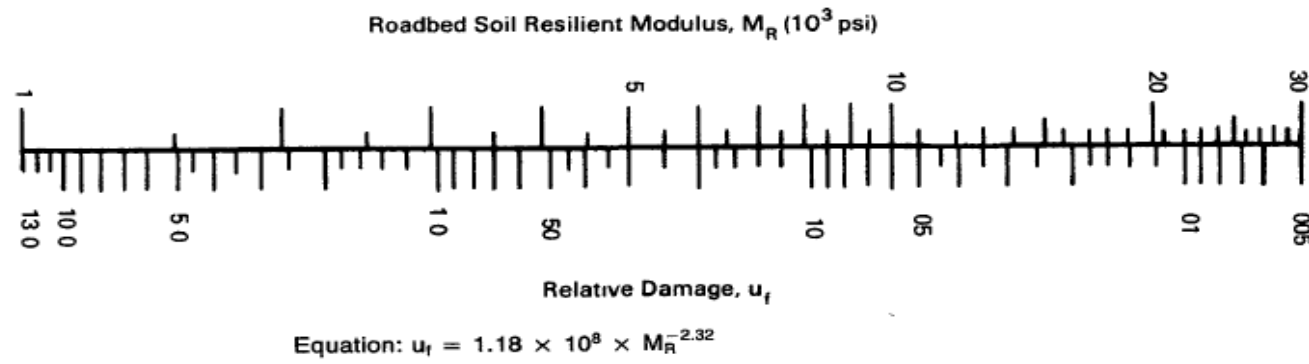
DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Modulo Resiliente de la Subrasante

	CBR al 95% para 0.10"
Calicata 1	4.06
Calicata 2	1.38
Calicata 3	2.26

Temperatura 17 c

Tramo 1		
1. SUBRASANTE IMPUESTA		
CBR al 95%		
CBR calicata 1	4.06 %	MR= 1500(CBR)
CBR calicata 2	1.38 %	MR= 3000(CBR) ^{0.65}
CBR calicata 3	2.26%	MR= 4326 x Ln(CBR)+241
Se necesita cambiar el material de subrasante		
CBR a usar	6 %	CBR <10%
MR	9000 psi	10%<CBR <20%
		Suelos granulares
Daño Relativo		
Uf	0.0791	



CBR calicata 1	6	ESALS	585286.1
CBR calicata 2	6	Percentil	75
CBR calicata 3	6	Trafico D.	386

Se puede usar el material de sitio

Calicata	CBR	MR	año Relativo Uf
1	6	9000	0.07908
2	6	9000	0.07908
3	6	9000	0.07908
		Zuf	0.237
		Uf Promedio	0.079
		Mr FINAL	9000.0

Número de ejes de 8.2 ton en el carril de diseño	Percentil a seleccionar para hallar la resistencia
< 10 ⁴	60
10 ⁴ – 10 ⁶	75
> 10 ⁶	87.5

Subrasante	
MR (PSI)	MR (MPa)
TRAMO 1	0.0791
	9000
	62.05

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Categoría de Drenaje

Tabla 20: Precipitación Media Anual en la Parroquia Cochabata

PRECIPITACIÓN (mm)	EXTENSION (ha)	%
200-500	1139	8.46%
500-750	3941.67	32.26%
750-1000	2724.97	28.87%
1000-1250	2793.49	29.92%

Fuente: PDSI 1980/2017 Elaboración: Equipo Técnico - PPD/CE

mi 1.1

Calidad de drenaje Bueno
% 9 %

pag 157 diseño de pavimentos

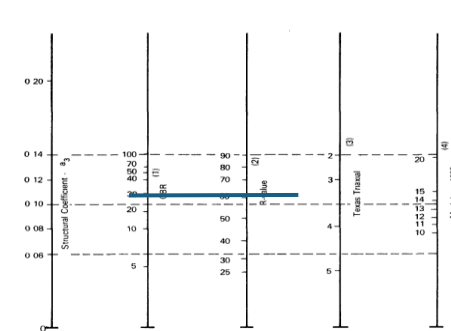
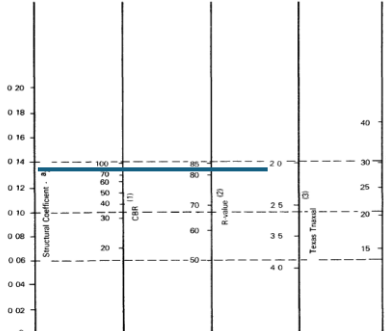
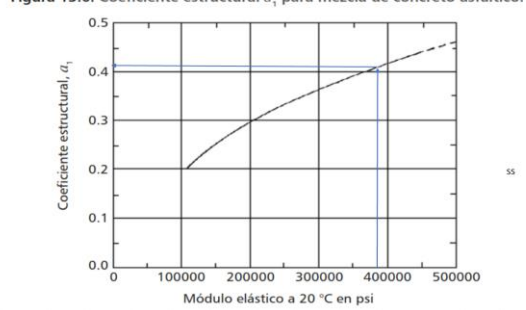
Calidad de drenaje	50% de saturación en:	85% de saturación en:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	Mas de 10 horas
Muy pobre	El agua no drena	Mucho mas de 10 horas

Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar Z _R
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

Calculo de espesores de base, subbase y carpeta asfáltica

Datos de ingreso a programa AASHTO 93			
	Mr		
Pavimento flexible	% CBR	E (psi)	ai tabla
Base	80	28550	0.134
SUB BASE	30	14690	0.107

Figura 13.6. Coeficiente estructural a_1 para mezcla de concreto asfáltico.



Confiabilidad R (colectora)	85 %
Zr	-1.037
Serviciabilidad inicial (Po)	4.2
Serviciabilidad final (Pf)	2.5
Perdida de Serviciosibilidad	1.7
Error normal conuinado	
So=	0.45

Cuadro 88. Niveles de confiabilidad, R.

Tipo de carretera	Nivel de confiabilidad, R (%)	
	Urbana	Interurbana
Autopistas y carreteras importantes	85.0 – 99.9	80.0 – 99.9
Arterias principales	80.0 – 99.0	75.0 – 95.0
Colectoras	80.0 – 95.0	75.0 – 95.0
Locales	50.0 – 80.0	50.0 – 80.0

Fuente: (AASHTO, 1990, p. 8-8)

$$A_1 = \frac{20}{100}$$

(13.11)

$$A_2 = \frac{20}{100} = \frac{20}{100}$$

(13.12)

$$A_3 = \frac{20}{100} = \frac{20}{100}$$

(13.13)

Figura 13.7. Niveles de Coeficiente Subbase Espec (Coefficient a_2) with Various Subbase Strength Parameters (%)

Número de ESALS	Concreto asfáltico	Base granular
Menos de 50,000	2.5 cm	10 cm
50,000 – 150,000	5.0 cm	10 cm
150,000 – 500,000	6.5 cm	10 cm
500,000 – 2,000,000	7.5 cm	15 cm
2,000,000 – 7,000,000	9.0 cm	15 cm
Más de 7,000,000	10.0 cm	15 cm

Cuadro 87. Error normal combinado, S_e	
Proyecto de pavimento	Desviación estándar, S_e
Flexible	Rápido
0.40 – 0.50	0.30 – 0.40
Construcción nueva	0.45
Subcapas	0.50

Fuente: (AASHTO, 1990, p. 4-62)

Cuadro 90. Serviciosibilidad inicial, P_i	
Tipo pavimento	Serviciabilidad inicial, P_i
Concreto	4.5
Asfalto	4.2

Fuente: (AASHTO, 1990, p. 8-10)

Cuadro 91. Serviciosibilidad final, P_f	
Tipo de vía	Serviciabilidad final, P_f
Autopistas	2.5 – 3.0
Carreteras	2.0 – 2.5
Zonas industriales	
Pavimento urbano principal	1.5 – 2.0
Pavimento urbano secundario	1.0 – 2.0

Fuente: (AASHTO, 1990, p. 8-10)

Calculo para el material de reposicion para la subrasante

SNr=	4.85
SN0=	2.82
m=	1.1
a=	0.061
D4=	30.25 cm

D4 = Espesor efectivo de la subrasante mejorada en plg.
SNr = Número Estructural requerido del pavimento con subrasante muy pobre a pobre
SN0 = Número Estructural requerido del pavimento con subrasante regular, buena o muy buena.
a4 = Coeficiente estructural de capa de la subrasante mejorada, se recomiendan los siguientes valores:
m4 = Coeficiente de drenaje de la capa 4.

a_4 = 0.061/plg para reemplazar la subrasante muy pobre y pobre, por una subrasante regular con CBR de 6 % – 10 %.

EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE METODO ASSHTO

QUE TIPO DE TRAFICO VA A UTILIZAR?

INDICE DE SERVICIABILIDAD (PSI)

- CALCULADO
- ARBITRARIO

GENERAR TRAFICO

585,286

NOTA: Cambiar UNICAMENTE celdas marcadas con:

1

TRAFICO ARBITRARIO

417242

TRAFICO UTILIZADO PARA EL DISEÑO 5.85E+05

1. SUBRASANTE IMPUESTA			CALCULADA
CBR DE SUBRASANTE	1.38	%	10843.72
Mr (psi)	2070.0	S	
Mr (kg/cm²)	138		
Mr (MPa)	13.8		
VALOR SUBRASANTE IMPUESTA	2070	PSI	

Correlaciones de
Heukelon y Klomp

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

2. CATEGORIA DE DRENAJE

BUENO CON TIEMPO DE EXPOSICION ENTRE 5 Y 25%

mi 1.075

3. DATOS DE INGRESO A PROGRAMA AASHTO 93

	E (psi)	ai
PAVIMENTO FLEXIBLE	800000	0.54
CBR BASE (%)	80	0.134
CBR SUB-BASE (%)	30	0.107

CONFIABILIDAD 90 % → ZR:-1.282
DESV. ESTANDAR 0.35

PERDIDA DE SERVICIABILIDAD
SERVICIABILIDAD INICIAL 4.2
SERVICIABILIDAD FINAL 2.5

Mr Subrasante Impuesto? Si VERDADERO
MODULO DE SUBRASANTE 2070.00
TRAFICO 585286

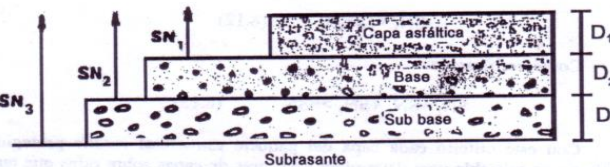
Para comprobación: LANZAR AASHTO 93

2. SELECCIONAR CRITERIOS DE DRENAJE

Calidad del drenaje	Término para remoción del agua
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Aceptable	1 semana
Pobre	1 mes
Muy Pobre	Agua no drena

Calidad del drenaje	% del tiempo de exposición de la estructura del pavimento a nivel de humedad próximos a la saturación
	< 1%1 – 5%5 – 25%> 25%
Excelente	1,40 – 1,351,35 – 1,301,30 – 1,201,20
Bueno	1,35 – 1,251,30 – 1,151,15 – 1,001,00
Aceptable	1,25 – 1,151,15 – 1,051,00 – 0,800,80
Pobre	1,15 – 1,051,05 – 0,950,80 – 0,600,60
Muy pobre	1,05 – 0,950,95 – 0,750,75 – 0,400,40

4. CALCULO DE NUMERO ESTRUCTURAL Y ESPESORES



SN = a1D1 + a2m2D2 + a3m3D3

CAPAS	mi	ai	MODULOS	SN	SN POR CAPA	ESPESOR (PULG)	ESPESOR * (PULG)	SN*	ESPESOR FINAL (PULG)	CM
SUPERFICIE	0.00	1	0.54	800000	1	1.799	1	1.799	1	1.799
BASE	1.075	2	0.134	28550	2	2.34	2	0.538	2	0.538
SUB-BASE	1.075	3	0.107	14690	3	2.518	3	2.518	3	2.518
SUBRASANTE				2070.00		4.85		4.85		4.85

NOTA IMPORTANTE: NO CONSIDERAR LA SIGUIENTE TABLA

CAPAS	mi	ai	MODULOS	SN	SN POR CAPA	ESPESOR	ESPESOR *	SN*	ESPESOR FINAL (PULG)	CM
SUPERFICIE	0.00	1	0.54	800000	1	1.799	1	1.799	1	1.799
BASE	1.075	2	0.134	28550	2	2.34	2	0.538	2	0.538
SUBRASANTE				2070.00		4.85		4.85		4.85

CON SUB-BASE

D1' ≥ SN1 / a1	CUMPLE
SN1' = a1D1 ≥ SN1	CUMPLE
D2' = SN2 / (a2m2)	CUMPLE
SN1' + SN2' ≥ SN2	CUMPLE
D1' ≥ SN2 / (a1m1 + a2m2)	CUMPLE

SIN SUB-BASE

D1' ≥ SN1 / a1	
SN1' = a1D1 ≥ SN1	
D2' = SN2 / (a2m2)	
SN1' + SN2' ≥ SN2	
D1' ≥ SN2 / (a1m1 + a2m2)	

log10(W18) = ZR x So + 9.36 x log10(SN + 1) - 0.20 + (log10(ΔPSI / (4.2 - 1.5))) / (0.40 + (SN + 1)^3.19) + 2.32 x log10(MR) - 8.07

EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE METODO ASSHTO

QUE TIPO DE TRAFICO VA A UTILIZAR? INDICE DE SERVICIABILIDAD (PSI)

• CALCULADO

• ARBITRARIO

GENERAR TRAFICO

585,286

NOTA: Cambiar UNICAMENTE celdas marcadas con:

TRAFICO ARBITRARIO 417242

TRAFICO UTILIZADO PARA EL DISEÑO 5.85E+05

1. SUBRASANTE IMPUESTA			CALCULADA
CBR DE SUBRASANTE	6	%	10843.72
Mr (psi)	9000.0	S	
Mr (kg/cm²)	600		
Mr (MPa)	60		
VALOR SUBRASANTE IMPUESTA	9000	PSI	

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

2. CATEGORIA DE DRENAJE	
BUENO CON TIEMPO DE EXPOSICION ENTRE 5 Y 25%	
mi	1.075

3. DATOS DE INGRESO A PROGRAMA AASHTO 93

PAVIMENTO FLEXIBLE

E (psi)

ai

800000

0.54

CBR BASE (%)

80

28550

0.134

CBR SUB-BASE (%)

30

14690

0.107

CONFIABILIDAD

90 %

→ ZR:-1.282

DESV. ESTANDAR

0.35

PERDIDA DE SERVICIABILIDAD

SERVICIABILIDAD INICIAL

4.2

SERVICIABILIDAD FINAL

2.5

Mr Subrasante Impuesto?

SI

VERDADERO

MODULO DE SUBRASANTE

9000.00

TRAFICO

585286

Para comprobación:

LANZAR AASHTO 93

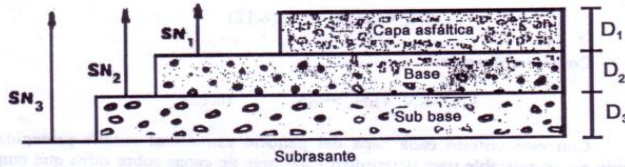
$$\log_{10}(R_{18}) = Z_R \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right]}{0.40 + \frac{1}{(SN + 1)^{3.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

2. SELECCIONAR CRITERIOS DE DRENAJE

Calidad del drenaje	Término para remoción del agua
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Aceptable	1 semana
Pobre	1 mes
Muy Pobre	Agua no drena

Calidad del drenaje	% del tiempo de exposición de la estructura del pavimento a nivel de humedad próximos a la saturación
	< 1%1 – 5%5 – 25%> 25%
Excelente	1,40 – 1,351,35 – 1,301,30 – 1,201,20
Bueno	1,35 – 1,251,30 – 1,151,15 – 1,001,00
Aceptable	1,25 – 1,151,15 – 1,051,00 – 0,800,80
Pobre	1,15 – 1,051,05 – 0,950,80 – 0,600,60
Muy pobre	1,05 – 0,950,95 – 0,750,75 – 0,400,40

4. CALCULO DE NUMERO ESTRUCTURAL Y ESPESORES



$$SN = a1D1 + a2m2D2 + a3m3D3$$

CAPAS	mi	ai		MODULOS	SN		SN POR CAPA		ESPESOR (PULG)		ESPESOR * (PULG)		SN*		ESPESOR FINAL (PULG)		CM
SUPERFICIE	0.00	1	0.54	800000	1	1.80	1	1.799	1	3.32	1	4.00	1	2.16	1	4.000	10
BASE	1.075	2	0.134	28550	2	2.34	2	0.538	2	1.20	2	1.57	2	0.23	2	5.906	15
SUB-BASE	1.075	3	0.107	14690	3	2.82	3	0.486	3	3.75	3	3.94	3	0.45	3	3.937	10
SUBRASANTE				9000.00				2.82						2.84		13.84	35

NOTA IMPORTANTE: NO CONSIDERAR LA SIGUIENTE TABLA

CAPAS	mi	ai		MODULOS	SN		SN POR CAPA		ESPESOR		ESPESOR *		SN*		ESPESOR FINAL (PULG)		CM
SUPERFICIE	0.00	1	0.54	800000	1	1.80	1	1.799	1	3.32	1	4.00	1	2.16	1	4	10
BASE	1.075	2	0.134	28550	2	2.82	2	1.024	2	4.57	2	4.72	2	0.66	2	5.91	15
SUBRASANTE				9000.00				2.82						2.82	3	0.00	0
																9.91	25

CON SUB-BASE	SIN SUB-BASE
$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$	$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$
$SN_1' = a_1 D_1 \geq SN_1$	$SN_1' = a_1 D_1 \geq SN_1$
$D_2' = \frac{SN_2 - SN_1'}{a_2 m_2}$	$D_2' = \frac{SN_2 - SN_1'}{a_2 m_2}$
$SN_1' + SN_2' \geq SN_2$	$SN_1' + SN_2' \geq SN_2$
$D_1' \geq \frac{SN_1 - (SN_1' + SN_2')}{a_1 m_1}$	$D_1' \geq \frac{SN_1 - (SN_1' + SN_2')}{a_1 m_1}$

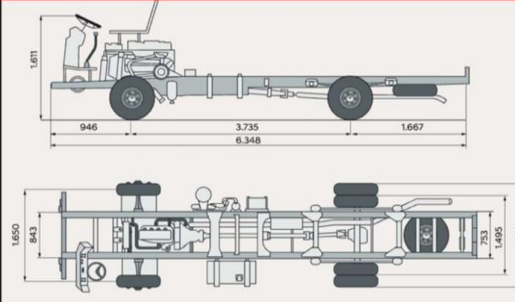
Sobreancho

$$S = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10 \sqrt{R}}$$

#de curva	Radio	Vel. Diseño	Dist. Entre frontal y eje	# carriles	sobreancho
1	45	40	7	2	1.7
5	64.28	40	7	2	1.3
7	45	40	7	2	1.7
9	83.78	40	7	2	1.0
14	52.07	40	7	2	1.5
15	25.43	30	7	2	2.6
16	13.74	20	7	2	4.4
17	30.67	30	7	2	2.2
18	63.44	40	7	2	1.3
21	25.05	30	7	2	2.6
24	45	40	7	2	1.7
25	45	40	7	2	1.7
27	35.06	30	7	2	1.9
28	15.65	20	7	2	3.8
30	64.23	40	7	2	1.3
31	45	40	7	2	1.7
33	36	30	7	2	1.9
34	45	40	7	2	1.7
35	46.95	40	7	2	1.6
36	45	40	7	2	1.7
37	34.19	30	7	2	2.0
38	128.88	40	7	2	0.7
39	22.66	20	7	2	2.6
40	10.74	20	7	2	5.8
41	20.69	20	7	2	2.9
42	45	30	7	2	1.5
45	54.02	40	7	2	1.5
46	45	40	7	2	1.7
48	45	40	7	2	1.7
49	76.86	40	7	2	1.1

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO [Ton.]	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS [metros]		
				largo	Ancho	Alto
2 D		 CAMIÓN DE 2 EJES PEQUEÑOS	7	5,00	2,60	3,00
2D A		 CAMIÓN DE 2 EJES MEDIANOS	10	7,50	2,60	3,50
2DB		 CAMIÓN DE 2 EJES GRANDES	18	12,20	2,60	4,10

IMAGEN GUIA PARA MEDIDAS



Distancia considerada del camion = 7 m

PERALTE

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

Coe. Friccion	0.221
---------------	-------

#de curva	Radio	Vel. Diseño	Max Peralte	Ancho de carril	sobreancho
1	11.25	40	12%	3	0.90
5	64.28	40	12%	3	0.50
7	45	40	12%	3	0.60
9	83.78	40	12%	3	0.44
14	52.07	40	12%	3	0.55
15	25.43	30	12%	3	0.60
16	13.74	20	12%	3	0.54
17	30.67	30	12%	3	0.54
18	63.44	40	12%	3	0.50
21	25.05	30	12%	3	0.60
24	45	40	12%	3	0.60
25	45	40	12%	3	0.60
27	35.06	30	12%	3	0.51
28	15.65	20	12%	3	0.51
30	64.23	40	12%	3	0.50
31	45	40	12%	3	0.60
33	36	30	12%	3	0.50
34	45	40	12%	3	0.60
35	46.95	40	12%	3	0.58
36	45	40	12%	3	0.60
37	34.19	30	12%	3	0.51
38	128.88	40	12%	3	0.35
39	22.66	20	12%	3	0.42
40	10.74	20	12%	3	0.61
41	20.69	20	12%	3	0.44
42	45	30	12%	3	0.45
45	54.02	40	12%	3	0.54
46	45	40	12%	3	0.60
48	45	40	12%	3	0.60
49	76.86	40	12%	3	0.46

Finalmente se tiene la ecuación de intensidad válida para la cuenca:

C=0.63383

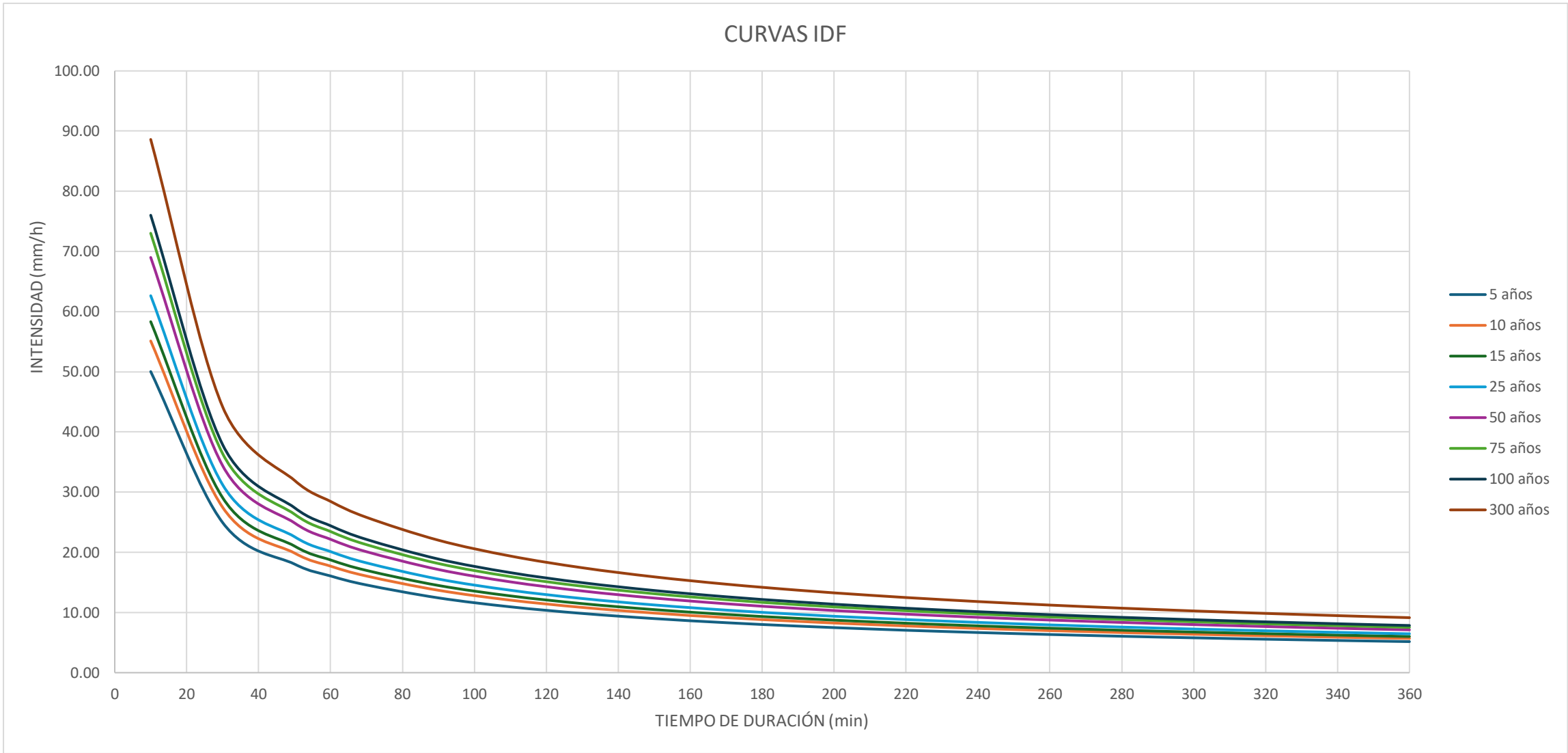
$$I = \frac{772.8866 \cdot T^{0.203795}}{0.63383}$$

Donde:

- I = intensidad de precipitación (mm/hr)
- T = Período de Retorno (años)
- t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Intensidad - Tiempo de duración - Período de retorno

Tabla de intensidad - Tiempo de duración - Período de retorno																				
Frecuencia	Duración en minutos																			
años	10	30	50	60	70	90	110	130	150	170	190	210	230	250	270	290	310	330	350	360
5	249.31	124.26	89.89	80.08	72.63	61.93	54.53	49.06	44.80	41.39	38.57	36.20	34.17	32.41	30.87	29.50	28.28	27.18	26.19	25.72
10	287.13	143.11	103.53	92.23	83.64	71.33	62.81	56.50	51.60	47.66	44.42	41.69	39.35	37.33	35.55	33.98	32.57	31.30	30.16	29.62
15	311.87	155.44	112.45	100.17	90.85	77.47	68.22	61.37	56.04	51.77	48.25	45.28	42.74	40.54	38.61	36.90	35.38	34.00	32.76	32.18
25	346.08	172.49	124.78	111.17	100.82	85.97	75.70	68.10	62.19	57.45	53.54	50.25	47.43	44.99	42.85	40.95	39.26	37.73	36.35	35.71
50	398.59	198.66	143.72	128.03	116.11	99.02	87.19	78.43	71.63	66.17	61.66	57.87	54.63	51.82	49.35	47.17	45.21	43.46	41.87	41.12
75	432.93	215.78	156.10	139.06	126.12	107.55	94.70	85.19	77.80	71.87	66.97	62.86	59.34	56.28	53.60	51.23	49.11	47.20	45.47	44.67
100	459.07	228.81	165.52	147.46	133.73	114.04	100.42	90.33	82.50	76.21	71.02	66.65	62.92	59.68	56.84	54.32	52.07	50.05	48.22	47.36
300	574.27	286.22	207.06	184.46	167.29	142.66	125.62	113.00	103.20	95.33	88.84	83.38	78.71	74.66	71.10	67.95	65.14	62.61	60.32	59.25



Determinación de parámetros físicos de la seccion mas critica

Cota mas alta	2489	msnm
Cota mas baja	2479.42	msnm
Longitud del cauce principal	2722	m
So	0.003519471	m/m
Tc	1.26	horas

Determinación del tiempo de concentración

Kirpich

$$t_c = \frac{0.000325 L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde

L es la longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, en m.

S es la pendiente del cauce principal, en m/m.

t_c se expresa en horas.

tc (horas) = 1.26 horas

76 min

Desarrollada en siete cuencas rurales en Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3 a 10%).

Intensidades maximas en 24 horas para varios periodos de retorno	
Periodo de retorno=	25 años
I=	85.97 mm/h

Intensidad

Periodo de retorno 25 años
Tiempo de concentracion 18.91 horas
Tiempo de concentracion 1134.81 min i= 39.95 mm/h

Coefficentes de escorrentia		
Asfalto	0.7	0.95
Suelo pesado (arenoso), 2 a 7 % pendiente	0.18	0.22
Suelo pesado (arenoso), >7 % pendiente	0.25	0.35

TABLE 5.5: Normal Range of Runoff Coefficients*

Character of Surface (1)	Runoff Coefficients (2)
Pavement	
Asphalt and Concrete	0.70 to 0.95
Brick	0.70 to 0.85
Roofs	0.75 to 0.95
Lawns, Sandy Soil	
Flat (2 percent)	0.05 to 0.10
Average (2 to 7 percent)	0.10 to 0.15
Steep (>7 percent)	0.15 to 0.20
Lawns, Heavy Soil	
Flat (2 percent)	0.13 to 0.17
Average (2 to 7 percent)	0.18 to 0.22
Steep (>7 percent)	0.25 to 0.35

*The range of "C" values presented are typical for return periods of 2-10 years. Higher values are appropriate for larger design storms.

Superficie	Condiciones			
	Perfectas	Buenas	Regulares	Malas
Canales y Zanjas				
Canales revestidos con concreto	0.012	0.014*	0.016*	0.018
En tierra, alineados y uniformes	0.017	0.020	0.0225	0.025*
En roca, lisos y uniformes	0.025	0.030	0.033*	0.035
En roca, con salientes y sinuosos	0.035	0.040	0.045	
Sinuosos y de escurrimiento lento	0.0225	0.025*	0.0275	0.030
Dragados en tierra	0.025	0.0275*	0.030	0.033
Con lecho pedregoso y bordos de tierra, enhiervados	0.025	0.030	0.035*	0.040
Plantilla de tierra, taludes ásperos	0.028	0.030	0.033	0.035
Corrientes naturales				
1. Limpios, bordos rectos, llanos, sin hendiduras ni charcos profundos	0.025	0.0275	0.030	0.033
2. Igual a 1, pero con algo de hierbas y piedra	0.030	0.033	0.035	0.040
3. Sinuoso, algunos charcos y escollos limpios	0.033	0.035	0.040	0.045
4. Igual a 3, de poco tirante con pendiente y sección menos eficientes	0.040	0.045	0.050	0.055
5. Igual a 3, alon de hierba y piedras	0.035	0.040	0.045	0.050

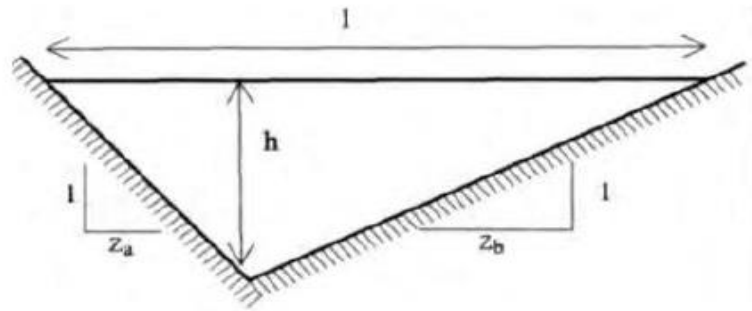
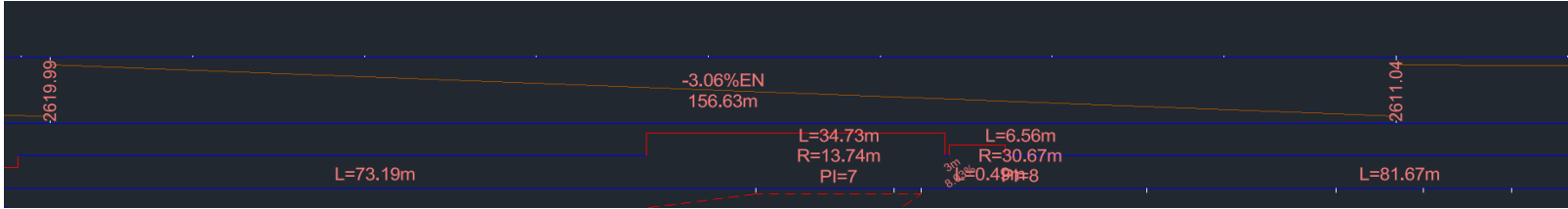
COEFICIENTE DE MANNING (HORMIGON) 0.015

Calculo de Coeficientes de Escorrentia					
Carril Izquierdo			Carril Derecho		
Tramo	Area (carril)	C	Tramo	Area (carril)	C
Tramo 1	388.458	0.70	1	388.458	0.70
Tramo 2	316.428	0.70	2	316.428	0.70
Tramo 3	757.701	0.70	3	757.701	0.70
Tramo 4	328.923	0.70	4	328.923	0.70
Tramo 5	1385.16	0.70	5	1385.16	0.70
Tramo 6	939.204	0.70	6	939.204	0.70
Tramo 7	289.002	0.70	7	289.002	0.70
Tramo 8	453.516	0.70	8	453.516	0.70
Tramo 9	903.987	0.70	9	903.987	0.70

Dimensiones de cunetas				
Caril Izquierdo				
Tramo	i	h	Za	Zb
1	1.05	0.25	0.2	4
2	1.05	0.25	0.2	4
3	1.05	0.25	0.2	4
4	1.05	0.25	0.2	4
5	1.05	0.25	0.2	4
6	1.05	0.25	0.2	4
7	1.05	0.25	0.2	4
8	1.05	0.25	0.2	4
9	1.05	0.25	0.2	4

Dimensiones de cunetas				
Caril Derecho				
Tramo	i	h	Za	Zb
1	1.05	0.25	0.2	4
2	1.05	0.25	0.2	4
3	1.05	0.25	0.2	4
4	1.05	0.25	0.2	4
5	1.05	0.25	0.2	4
6	1.05	0.25	0.2	4
7	1.05	0.25	0.2	4
8	1.05	0.25	0.2	4
9	1.05	0.25	0.2	4

Tramo 4					
Cuneta izquierda			Cuneta derecha		
Abscisa Inicial	0	703.37	Abscisa Inicial	0	703.37
Abscisa Final	0	860.00	Abscisa Final	0	860
Cota mas alta	2619.99 msnm		Cota mas alta	2619.99 msnm	
Cota mas baja	2611.04 msnm		Cota mas baja	2611.04 msnm	
So	0.04		So	0.06	
Ancho de carril			Ancho de carril		
3.00 m			3.00 m		
Longitud			Longitud		
156.63 m			156.63 m		
Coeficiente de escorrentia			Coeficiente de escorrentia		
0.70			0.70		
Area de aporte (calzada)			Area de aporte (calzada)		
469.89 m2			469.89 m2		
Area de aporte total			Area de aporte total		
0.046989 Ha			0.046989 Ha		
Q por el metodo racional			Q por el metodo racional		
$Q = \frac{C * I * A}{360}$			$Q = \frac{C * I * A}{360}$		
Q= 0.00786 m3/s			Q= 0.00786 m3/s		
Dimensiones propuestas de la cuneta			Dimensiones propuestas de la cuneta		
Za	0.2		Za	0.2	
Zb	4		Zb	4	
h	0.25 m		h	0.25 m	
$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$			$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$		
Area 0.13125 m2			Area 0.13125 m2		
$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$			$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$		
P mojado 1.285727382			P mojado 1.285727382		
$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$			$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$		
Q maning 0.3822 m3/s			Q maning 0.4569 m3/s		
Velocidad 0.0502 m/s			Velocidad 0.0600 m/s		
Verificacion Cumple			Verificacion Cumple		
Utilizacion de la cuneta 2.05 %			Utilizacion de la 1.72 %		
Dimensiones de la cuneta			Dimensiones de la cuneta		
$I = (za + zb) * h$			$I = (za + zb) * h$		
Ancho superficial (I)			Ancho superficial:		
1.05 m			1.05 m		
h 0.25 m			h 0.25 m		
y 0.17 m			y 0.17 m		



Datos:			
Caudal (Q):	0.0079	m3/s	
Ancho de solera (b):	0	m	
Talud (Z):	4		
Rugosidad (n):	0.70		
Pendiente (S):	0.04	m/m	

Resultados:			
Tirante normal (y):	0.1855	m	
Area hidraulica (A):	0.1377	m2	
Espejo de agua (T):	1.4842	m	
Número de Froude (F):	0.0601		
Tipo de flujo:	Subcrítico		
Perimetro (p):	1.5299	m	
Radio hidraulico (R):	0.0900	m	
Velocidad (v):	0.0574	m/s	
Energía específica (E):	0.1857	m-Kg/Kg	

Limpia la pantalla para realizar nuevos cálculos
9:48 PM
15/01/2025

Velocidad de diseño

TPDA = 560

Tipo de carretera
Colectora IV

Relieve
Monta;oso

velocidad de diseño
40 km/h

VELOCIDAD DE DISEÑO													
CUADRO IV-1 VELOCIDADES DE DISEÑO (KM/h)													
CATEGORIA DE LA VIA	TPDA ESPERADO	VELOCIDAD DE DISEÑO KM/h											
		BÁSICA						PERMISIBLE EN TRAMOS DIFÍCILES					
		(RELIEVE LLANO)			(RELIEVE ONDULADO)			(RELIEVE MONTAÑOSO)			(RELIEVE MONTAÑOSO)		
		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal			Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal			Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal			Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		
		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad			Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad			Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad			Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		
Recom.		Absoluta	Recom.	Absoluta	Recom.	Absoluta	Recom.	Absoluta	Recom.	Absoluta	Recom.	Absoluta	
R-1 y R-2 (Tipo)	> 8000	120	110	100	95	110	90	95	85	90	80	90	80
I	Todos	3000-8000	110	100	100	90	100	80	90	80	60	80	60
II	Todos	1000-8000	100	90	90	85	90	80	85	80	70	60	70
III	Todos	300-1000	90	80	85	80	80	80	60	60	40	60	40
IV	Todos	100-300	80	60	80	60	35	60	35	50	25	50	25
V	4 y 4E	< 100	60	50	60	50	35	50	35	40	25	40	25

RADIO MINIMO DE CURVATURA

		República del Ecuador MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS		VALORES DE DISEÑO RECOMENDADOS PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES Y CAMINOS VECINALES DE CONSTRUCCIÓN																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
NORMAS	CLASE I	CLASE II					CLASE III					CLASE IV					CLASE V																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
	3 000 – 8 000 TPDA ⁽¹⁾					1 000 – 3 000 TPDA ⁽¹⁾					500 – 1 000 TPDA ⁽¹⁾					100 – 500 TPDA ⁽¹⁾					MENOS DE 100 TPDA ⁽¹⁾																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	RECOMENDABLE					RECOMENDABLE					RECOMENDABLE					RECOMENDABLE					RECOMENDABLE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	U	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O	M	L	O

Tabla 36 Coeficiente de fricción en función de velocidad de diseño

Velocidad de Diseño km/h	μ ⁽¹⁾ máximo	RADIO MINIMO CALCULADO				RADIO MINIMO RECOMENDADO		
		e=0.10	e=0.08	e=0.06	e=0.04	e=0.10	e=0.08	e=0.04
20	0.350	7.32	7.58	8.08		18	20	20
25	0.315	12.48	13.12	13.66		20	25	25
30	0.284	19.47	20.50	21.67		25	30	30
35	0.255	26.79	30.02	32.7		30	35	35
40	0.221	41.86	44.83	48.27		42	40	50
45	0.200	55.75	59.94	64.82		58	60	65
50	0.185	72.91	78.74	86.69		75	80	90
60	0.185	105.97	115.70	125.98	138.28	110	120	140
70	0.150	154.35	187.75	189.73	203.07	160	170	205
80	0.140	209.97	229.95	251.97	279.97	210	230	255
90	0.134	272.55	298.94	328.70	366.55	275	300	320
100	0.130	342.35	374.95	414.42	465.16	350	375	415
110	0.124	425.34	467.94	517.80	550.95	430	470	520
120	0.120	515.39	588.93	629.92	708.85	520	570	630

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

COEFICIENTE DE FRICCION LATERAL

e= 6.0%
f= 0.221

RADIO MINIMO A USAR

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

Rmin= 44.83 m

DISTANCIA DE FRENADO

$$D.frenado = \frac{Vc^2}{254 * (f \pm G)}$$

D.frenado de subida= 18.89 m
D.frenado de bajada= 58.06 m

PENDIENTE MAS CRITICA= 11.25%

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE CURVAS HORIZONTALES

$$m = Rc * \left(1 - \cos\left(\frac{28,65 * Dp}{Rc}\right)\right)$$

m= 17.11 m

Radio crito segun Topografia= 10.74

DISTANCIA DE VISIBILIDAD LATERAL

$$dL = \frac{Vt}{Vv} * d$$

dL= 14.51 m

Valor dado por la MTOP

Velocidad promedio de un peaton= 10 km/h

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASAMIENTO

Nuestra carretera no esta considerada una carretera principal,
tomaremos el valor minimo recomendando

Tabla 37 Distancia mínima de visibilidad para rebasamiento

DISTANCIA MINIMA DE VISIBILIDAD PARA EL REBASAMIENTO DE UN VEHICULO				
V ₀ , Km/h	VELOCIDADES DE LOS VEHICULOS, Km/h.		DISTANCIA MINIMA DE REBASAMIENTO, METROS	
	REBASADO	REBASANTE	CALCULADA	RECOMENDADA
25	24	40	----	(80)
30	28	44	----	(110)
35	33	49	----	(130)
40	35	51	268	270 (150)
45	39	55	307	310 (180)
50	43	59	345	345 (210)
60	50	66	412	415 (290)
70	58	74	488	490 (380)
80	66	82	563	565 (480)
90	73	89	631	640
100	79	95	688	690
110	87	103	764	830 *
120	94	110	831	830

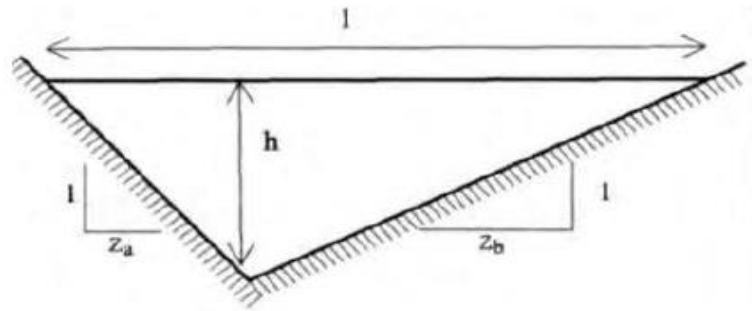
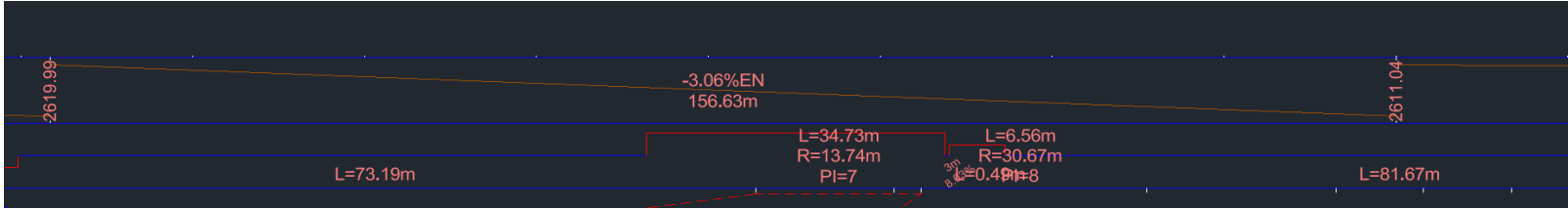
Fuente: (MTO, Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003)

Curva 1			Curva 5			Curva 7		
Δ=	68.99 gados c	1.204102651 Rad	Δ=	46.34 gados c	0.80878558 Rad	Δ=	9.99 gados c	0.17435839 Rad
PI=	89.52		PI=	257.87		PI=	365.02	
R=	45 m		R=	64.28 m		R=	45 m	
V=	40 Km/h		V=	40 Km/h		V=	40 Km/h	
L Cuerda			L Cuerda			L Cuerda		
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	50.97 m	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	50.58 m	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	7.84 m
Tangente $T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	30.92	Tangente $T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	27.51	Tangente $T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	3.93
G. Curvatura $Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	64.90 grados	G. Curvatura $Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	45.09 grados	G. Curvatura $Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	9.98 grados
L. Curvatura Circular $L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	54.185 m	L. Curvatura Circular $L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	51.989 m	L. Curvatura Circular $L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	7.85 m
Externa $E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} \right) - 1$	E=	9.60 m	Externa $E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} \right) - 1$	E=	5.64 m	Externa $E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} \right) - 1$	E=	0.17 m
Ordenada media $M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	7.91 m	Ordenada media $M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	5.18 m	Ordenada media $M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	0.17 m
Deflexion por metro $D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.64 l/m	Deflexion por metro $D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.45 l/m	Deflexion por metro $D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.64 l/m
Deflexion por unidad de cuerda $D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	32.45 l/cuerda	Deflexion por unidad de cuerda $D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	22.54 l/cuerda	Deflexion por unidad de cuerda $D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	4.99 l/cuerda
Longitud de replanteo L replanteo=		1.50 m	Longitud de replanteo L replanteo=		1.50 m	Longitud de replanteo L replanteo=		1.50 m
Principio de curva $PC = PI - T$	PC=	58.60	Principio de curva $PC = PI - T$	PC=	230.36	Principio de curva $PC = PI - T$	PC=	361.09
Principio de tangente $PT = PC + L$	PT=	112.78	Principio de tangente $PT = PC + L$	PT=	282.35	Principio de tangente $PT = PC + L$	PT=	368.93
Punto medio de curva $PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	114.99	Punto medio de curva $PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	371.53	Punto medio de curva $PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	545.55

Curva 9			Curva 14			Curva 15		
Δ=	83.93 gados c	1.464854841 Rad	Δ=	74.03 gados c	1.29206725 Rad	Δ=	107.18 gados c	1.87064389 Rad
PI=	469.43		PI=	602.07		PI=	691.52	
R=	83.78 m		R=	52.07 m		R=	25.43 m	
V=	40 Km/h		V=	40 Km/h		V=	40 Km/h	
L Cuerda			L Cuerda			L Cuerda		
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	112.04 m	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	62.69 m	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	40.93 m
Tangente			Tangente			Tangente		
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	75.34	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	39.26	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	34.48
G. Curvatura			G. Curvatura			G. Curvatura		
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	76.62 grados	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	68.99 grados	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	92.22 grados
L. Curvatura Circular			L. Curvatura Circular			L. Curvatura Circular		
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	122.726 m	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	67.278 m	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	47.570 m
Externa			Externa			Externa		
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	28.90 m	$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	13.14 m	$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	17.41 m
Ordenada media			Ordenada media			Ordenada media		
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	21.49 m	$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	10.49 m	$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	10.34 m
Deflexion por metro			Deflexion por metro			Deflexion por metro		
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.34 l/m	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.55 l/m	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	1.13 l/m
Deflexion por unidad de cuerda			Deflexion por unidad de cuerda			Deflexion por unidad de cuerda		
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	38.31 l/cuerda	$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	34.49 l/cuerda	$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	46.11 l/cuerda
Longitud de replanteo	L replanteo=	1.50 m	Longitud de replanteo	L replanteo=	1.50 m	Longitud de replanteo	L replanteo=	1.50 m
Principio de curva			Principio de curva			Principio de curva		
$PC = PI - T$	PC=	394.09	$PC = PI - T$	PC=	562.81	$PC = PI - T$	PC=	657.04
Principio de tangente			Principio de tangente			Principio de tangente		
$PT = PC + L$	PT=	516.81	$PT = PC + L$	PT=	630.09	$PT = PC + L$	PT=	704.61
Punto medio de curva			Punto medio de curva			Punto medio de curva		
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	652.49	$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	877.86	$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	1009.35

Curva 16			Curva 17			Curva 18		
Δ=	144.87 gados c	2.528458487 Rad	Δ=	12.25 gados c	0.21380283 Rad	Δ=	31.18 gados c	0.54419366 Rad
PI=	821.2		PI=	816.31		PI=	918.95	
R=	13.74 m		R=	30.67 m		R=	63.44 m	
V=	40 Km/h		V=	40 Km/h		V=	40 Km/h	
L Cuerda			L Cuerda			L Cuerda		
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	26.20 m	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	6.54 m	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	34.10 m
Tangente			Tangente			Tangente		
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	43.41	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	3.29	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	17.70
G. Curvatura			G. Curvatura			G. Curvatura		
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	109.25 grados	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	12.23 grados	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	30.80 grados
L. Curvatura Circular			L. Curvatura Circular			L. Curvatura Circular		
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	34.741 m	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	6.557 m	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	34.524 m
Externa			Externa			Externa		
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	31.79 m	$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	0.18 m	$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	2.42 m
Ordenada media			Ordenada media			Ordenada media		
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	9.59 m	$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	0.18 m	$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	2.33 m
Deflexion por metro			Deflexion por metro			Deflexion por metro		
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	2.08 l/m	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.93 l/m	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.45 l/m
Deflexion por unidad de cuerda			Deflexion por unidad de cuerda			Deflexion por unidad de cuerda		
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	54.62 l/cuerda	$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	6.11 l/cuerda	$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	15.40 l/cuerda
Longitud de replanteo	L replanteo=	1.50 m	Longitud de replanteo	L replanteo=	1.50 m	Longitud de replanteo	L replanteo=	1.50 m
Principio de curva			Principio de curva			Principio de curva		
$PC = PI - T$	PC=	777.79	$PC = PI - T$	PC=	813.02	$PC = PI - T$	PC=	901.25
Principio de tangente			Principio de tangente			Principio de tangente		
$PT = PC + L$	PT=	812.54	$PT = PC + L$	PT=	819.58	$PT = PC + L$	PT=	935.77
Punto medio de curva			Punto medio de curva			Punto medio de curva		
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	1184.06	$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	1222.81	$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	1369.14

Tramo 4					
Cuneta izquierda			Cuneta derecha		
Abscisa Inicial	0	703.37	Abscisa Inicial	0	703.37
Abscisa Final	0	860.00	Abscisa Final	0	860
Cota mas alta	2619.99 msnm		Cota mas alta	2619.99 msnm	
Cota mas baja	2611.04 msnm		Cota mas baja	2611.04 msnm	
So	0.04		So	0.06	
Ancho de carril	3.00 m		Ancho de carril	3.00 m	
Longitud	156.63 m		Longitud	156.63 m	
Coeficiente de escorrentia	0.70		Coeficiente de escorrentia	0.70	
Area de aporte (calzada)	469.89 m2		Area de aporte (calzada)	469.89 m2	
Area de aporte total	0.046989 Ha		Area de aporte total	0.046989 Ha	
Q por el metodo racional			Q por el metodo racional		
$Q = \frac{C * I * A}{360}$			$Q = \frac{C * I * A}{360}$		
Q= 0.00786 m3/s			Q= 0.00786 m3/s		
Dimensiones propuestas de la cuneta			Dimensiones propuestas de la cuneta		
Za	0.2		Za	0.2	
Zb	4		Zb	4	
h	0.25 m		h	0.25 m	
$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$			$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$		
Area	0.13125 m2		Area	0.13125 m2	
$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$			$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$		
P mojado	1.285727382		P mojado	1.285727382	
$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$			$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$		
Q maning	0.3822 m3/s		Q maning	0.4569 m3/s	
Velocidad	0.0502 m/s		Velocidad	0.0600 m/s	
Verificacion	Cumple		Verificacion	Cumple	
Utilizacion de la cuneta	2.05 %		Utilizacion de la	1.72 %	
Dimensiones de la cuneta			Dimensiones de la cuneta		
$I = (za + zb) * h$			$I = (za + zb) * h$		
Ancho superficial (I)	1.05 m		Ancho superficial:	1.05 m	
h	0.25 m		h	0.25 m	
y	0.17 m		y	0.17 m	



Datos:
Caudal (Q): m3/s
Ancho de solera (b): m
Talud (Z):
Rugosidad (n):
Pendiente (S): m/m

Resultados:

Tirante normal (y): m
Area hidraulica (A): m2
Espejo de agua (T): m
Número de Froude (F):
Tipo de flujo:

Perimetro (p): m
Radio hidraulico (R): m
Velocidad (v): m/s
Energía específica (E): m-Kg/Kg

Calcular

Limpiar Pantalla

Imprimir

Menú Principal

Calculadora

Limpia la pantalla para realizar nuevos cálculos

9:48 PM

15/01/2025

Curva 27			Curva 28			Curva 30		
Δ=	76.11 gados c	1.328370094 Rad	Δ=	129.84 gados c	2.2661355 Rad	Δ=	54.72 gados c	0.95504417 Rad
PI=	1208.96		PI=	1286.92		PI=	1378.47	
R=	35.06 m		R=	15.65 m		R=	64.23 m	
V=	40 Km/h		V=	40 Km/h		V=	40 Km/h	
L Cuerda			L Cuerda			L Cuerda		
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	43.22 m	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	28.35 m	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	59.04 m
Tangente			Tangente			Tangente		
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	27.45	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	33.44	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	33.24
G. Curvatura			G. Curvatura			G. Curvatura		
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	70.64 grados	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	103.79 grados	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	52.66 grados
L. Curvatura Circular			L. Curvatura Circular			L. Curvatura Circular		
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	46.57 m	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	35.465 m	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	61.342 m
Externa			Externa			Externa		
$E = R * \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	9.47 m	$E = R * \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	21.27 m	$E = R * \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	8.09 m
Ordenada media			Ordenada media			Ordenada media		
$M = R * \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	7.45 m	$M = R * \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	9.02 m	$M = R * \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	7.18 m
Deflexion por metro			Deflexion por metro			Deflexion por metro		
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.82 l/m	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	1.83 l/m	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.45 l/m
Deflexion por unidad de cuerda			Deflexion por unidad de cuerda			Deflexion por unidad de cuerda		
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	35.32 l/cuerda	$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	51.89 l/cuerda	$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	26.33 l/cuerda
Longitud de replanteo	L replanteo=	1.50 m	Longitud de replanteo	L replanteo=	1.50 m	Longitud de replanteo	L replanteo=	1.50 m
Principio de curva			Principio de curva			Principio de curva		
$PC = PI - T$	PC=	1181.51	$PC = PI - T$	PC=	1253.48	$PC = PI - T$	PC=	1345.23
Principio de tangente			Principio de tangente			Principio de tangente		
$PT = PC + L$	PT=	1228.09	$PT = PC + L$	PT=	1288.95	$PT = PC + L$	PT=	1406.58
Punto medio de curva			Punto medio de curva			Punto medio de curva		
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	1795.56	$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	1897.95	$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	2048.52

Curva 31			Curva 33			Curva 34		
Δ=	38.39 gados c	0.6700319 Rad	Δ=	74.32 gados c	1.2971287 Rad	Δ=	39.63 gados c	0.69167398 Rad
PI=	1460.76		PI=	1574.6		PI=	1726.9	
R=	45 m		R=	36 m		R=	45 m	
V=	40 Km/h		V=	40 Km/h		V=	40 Km/h	
L Cuerda			L Cuerda			L Cuerda		
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	29.59 m	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	43.49 m	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	30.51 m
Tangente			Tangente			Tangente		
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	15.67	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	27.29	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	16.21
G. Curvatura			G. Curvatura			G. Curvatura		
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	37.68 grados	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	69.22 grados	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	38.84 grados
L. Curvatura Circular			L. Curvatura Circular			L. Curvatura Circular		
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	30.15 m	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	46.70 m	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	31.125 m
Externa			Externa			Externa		
$E = R * \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} \right) - 1$	E=	2.65 m	$E = R * \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} \right) - 1$	E=	9.17 m	$E = R * \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} \right) - 1$	E=	2.83 m
Ordenada media			Ordenada media			Ordenada media		
$M = R * \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	2.50 m	$M = R * \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	7.31 m	$M = R * \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	2.66 m
Deflexion por metro			Deflexion por metro			Deflexion por metro		
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.64 l/m	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.80 l/m	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.64 l/m
Deflexion por unidad de cuerda			Deflexion por unidad de cuerda			Deflexion por unidad de cuerda		
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	18.84 l/cuerda	$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	34.61 l/cuerda	$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	19.42 l/cuerda
Longitud de replanteo	L replanteo=	1.50 m	Longitud de replanteo	L replanteo=	1.50 m	Longitud de replanteo	L replanteo=	1.50 m
Principio de curva			Principio de curva			Principio de curva		
$PC = PI - T$	PC=	1445.09	$PC = PI - T$	PC=	1547.31	$PC = PI - T$	PC=	1710.69
Principio de tangente			Principio de tangente			Principio de tangente		
$PT = PC + L$	PT=	1475.25	$PT = PC + L$	PT=	1594.01	$PT = PC + L$	PT=	1741.81
Punto medio de curva			Punto medio de curva			Punto medio de curva		
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	2182.72	$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	2344.32	$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	2581.59

Curva 35			Curva 36			Curva 37		
Δ=	89.95 gados c	1.569923662 Rad	Δ=	28.81 gados c	0.50282936 Rad	Δ=	60.47 gados c	1.0554006 Rad
PI=	1790.56		PI=	1903.79		PI=	1955.24	
R=	46.96 m		R=	45 m		R=	34.19 m	
V=	40 Km/h		V=	40 Km/h		V=	40 Km/h	
L Cuerda			L Cuerda			L Cuerda		
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	66.38 m	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	22.39 m	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	34.43 m
Tangente			Tangente			Tangente		
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	46.92	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	11.56	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	19.93
G. Curvatura			G. Curvatura			G. Curvatura		
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	80.99 grados	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	28.51 grados	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	57.70 grados
L. Curvatura Circular			L. Curvatura Circular			L. Curvatura Circular		
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	73.72 m	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	22.627 m	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	36.084 m
Externa			Externa			Externa		
$E = R * \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	19.42 m	$E = R * \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	1.46 m	$E = R * \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	5.38 m
Ordenada media			Ordenada media			Ordenada media		
$M = R * \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	13.74 m	$M = R * \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	1.41 m	$M = R * \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	4.65 m
Deflexion por metro			Deflexion por metro			Deflexion por metro		
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.61 l/m	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.64 l/m	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.84 l/m
Deflexion por unidad de cuerda			Deflexion por unidad de cuerda			Deflexion por unidad de cuerda		
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	40.50 l/cuerda	$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	14.25 l/cuerda	$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	28.85 l/cuerda
Longitud de replanteo	L replanteo=	1.50 m	Longitud de replanteo	L replanteo=	1.50 m	Longitud de replanteo	L replanteo=	1.50 m
Principio de curva			Principio de curva			Principio de curva		
$PC = PI - T$	PC=	1743.64	$PC = PI - T$	PC=	1892.23	$PC = PI - T$	PC=	1935.31
Principio de tangente			Principio de tangente			Principio de tangente		
$PT = PC + L$	PT=	1817.36	$PT = PC + L$	PT=	1914.86	$PT = PC + L$	PT=	1971.40
Punto medio de curva			Punto medio de curva			Punto medio de curva		
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	2652.32	$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	2849.66	$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	2921.01

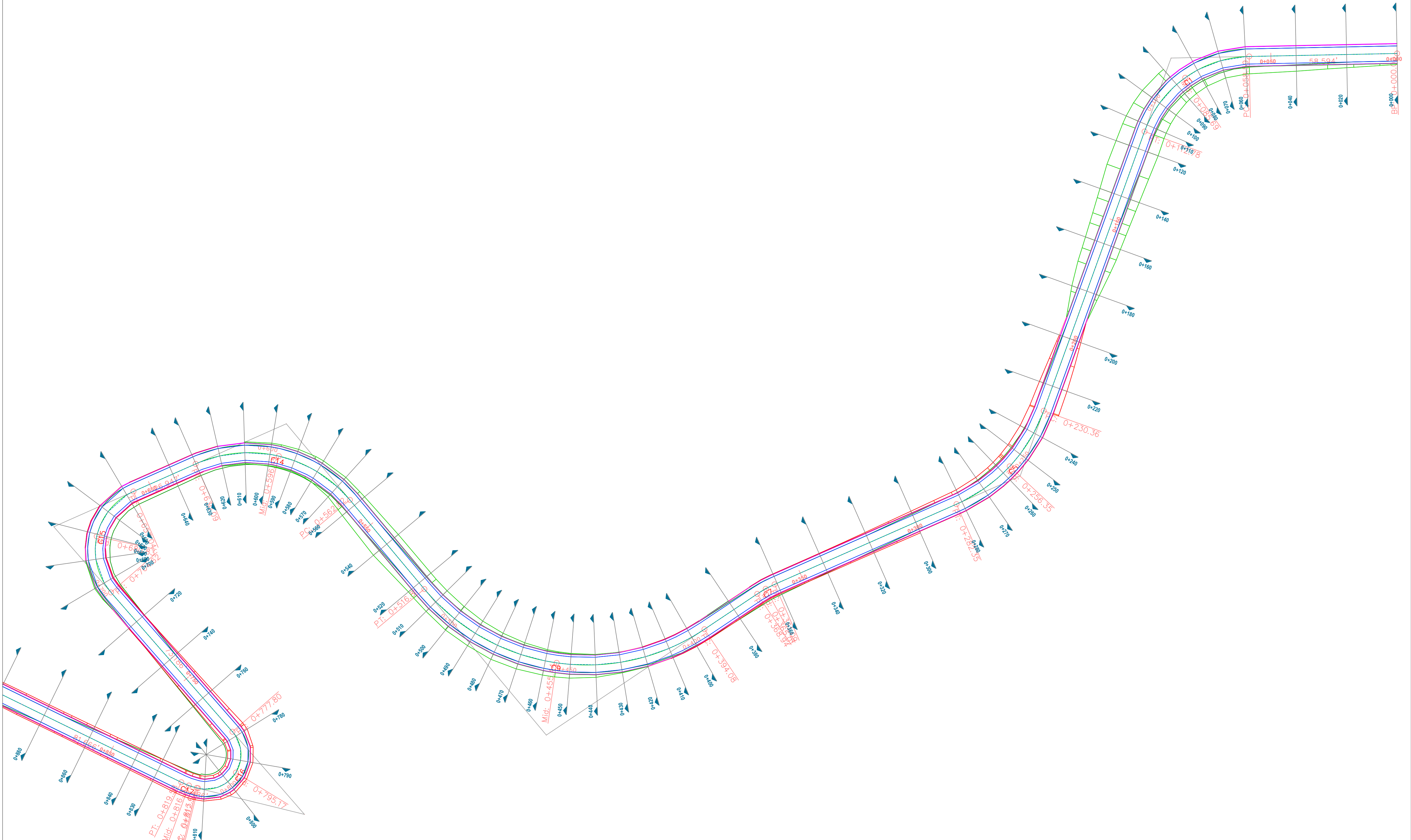
Curva 38			Curva 39			Curva 40		
Δ=	24.78 gados c	0.432492589 Rad	Δ=	87.24 gados c	1.52262524 Rad	Δ=	116.66 gados c	2.03610111 Rad
PI=	2038.3		PI=	2095.07		PI=	2129.89	
R=	128.88 m		R=	22.66 m		R=	10.74 m	
V=	40 Km/h		V=	40 Km/h		V=	40 Km/h	
L Cuerda			L Cuerda			L Cuerda		
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	55.31 m	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	31.27 m	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	18.28 m
Tangente			Tangente			Tangente		
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	28.31	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	21.59	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	17.41
G. Curvatura			G. Curvatura			G. Curvatura		
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	24.59 grados	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	79.05 grados	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	97.53 grados
L. Curvatura Circular			L. Curvatura Circular			L. Curvatura Circular		
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	55.74 m	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	34.503 m	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	21.87 m
Externa			Externa			Externa		
$E = R * \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} \right) - 1$	E=	3.07 m	$E = R * \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} \right) - 1$	E=	8.64 m	$E = R * \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} \right) - 1$	E=	9.72 m
Ordenada media			Ordenada media			Ordenada media		
$M = R * \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	3.00 m	$M = R * \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	6.26 m	$M = R * \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	5.10 m
Deflexion por metro			Deflexion por metro			Deflexion por metro		
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.22 l/m	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	1.26 l/m	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	2.67 l/m
Deflexion por unidad de cuerda			Deflexion por unidad de cuerda			Deflexion por unidad de cuerda		
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	12.29 l/cuerda	$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	39.53 l/cuerda	$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	48.76 l/cuerda
Longitud de replanteo	L replanteo=	1.50 m	Longitud de replanteo	L replanteo=	1.50 m	Longitud de replanteo	L replanteo=	1.50 m
Principio de curva			Principio de curva			Principio de curva		
$PC = PI - T$	PC=	2009.99	$PC = PI - T$	PC=	2073.48	$PC = PI - T$	PC=	2112.48
Principio de tangente			Principio de tangente			Principio de tangente		
$PT = PC + L$	PT=	2065.73	$PT = PC + L$	PT=	2107.98	$PT = PC + L$	PT=	2134.35
Punto medio de curva			Punto medio de curva			Punto medio de curva		
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	3042.85	$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	3127.47	$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	3179.65

Curva 41			Curva 42			Curva 45		
Δ=	75.19 gados c	1.312313065 Rad	Δ=	52.3 gados c	0.9128072 Rad	Δ=	45.28 gados c	0.79028509 Rad
PI=	2150.51		PI=	2224.59		PI=	2296.72	
R=	20.69 m		R=	45 m		R=	54.02 m	
V=	40 Km/h		V=	40 Km/h		V=	40 Km/h	
L Cuerda			L Cuerda			L Cuerda		
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	25.24 m	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	39.67 m	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	41.59 m
Tangente			Tangente			Tangente		
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	15.93	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	22.09	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	22.53
G. Curvatura			G. Curvatura			G. Curvatura		
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	69.91 grados	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	50.50 grados	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	44.11 grados
L. Curvatura Circular			L. Curvatura Circular			L. Curvatura Circular		
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	27.15 m	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	41.076 m	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	42.691 m
Externa			Externa			Externa		
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	5.42 m	$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	5.13 m	$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	4.51 m
Ordenada media			Ordenada media			Ordenada media		
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	4.30 m	$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	4.61 m	$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	4.16 m
Deflexion por metro			Deflexion por metro			Deflexion por metro		
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	1.38 l/m	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.64 l/m	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.53 l/m
Deflexion por unidad de cuerda			Deflexion por unidad de cuerda			Deflexion por unidad de cuerda		
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	34.95 l/cuerda	$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	25.25 l/cuerda	$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	22.06 l/cuerda
Longitud de replanteo	L replanteo=	1.50 m	Longitud de replanteo	L replanteo=	1.50 m	Longitud de replanteo	L replanteo=	1.50 m
Principio de curva			Principio de curva			Principio de curva		
$PC = PI - T$	PC=	2134.58	$PC = PI - T$	PC=	2202.50	$PC = PI - T$	PC=	2274.19
Principio de tangente			Principio de tangente			Principio de tangente		
$PT = PC + L$	PT=	2161.73	$PT = PC + L$	PT=	2243.57	$PT = PC + L$	PT=	2316.88
Punto medio de curva			Punto medio de curva			Punto medio de curva		
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	3215.45	$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	3324.28	$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	3432.63

Curva 46			Curva 48			Curva 48		
Δ=	36.88 gados c	0.643677428 Rad	Δ=	34.24 gados c	0.59760074 Rad	Δ=	34.24 gados c	0.59760074 Rad
PI=	2411.81		PI=	2563.21		PI=	2563.21	
R=	45 m		R=	45 m		R=	45 m	
V=	40 Km/h		V=	40 Km/h		V=	40 Km/h	
L Cuerda			L Cuerda			L Cuerda		
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	28.47 m	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	26.49 m	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	26.49 m
Tangente			Tangente			Tangente		
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	15.00	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	13.86	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	13.86
G. Curvatura			G. Curvatura			G. Curvatura		
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	36.25 grados	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	33.73 grados	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	33.73 grados
L. Curvatura Circular			L. Curvatura Circular			L. Curvatura Circular		
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	28.97 m	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	26.89 m	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	26.892 m
Externa			Externa			Externa		
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	2.44 m	$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	2.09 m	$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	2.09 m
Ordenada media			Ordenada media			Ordenada media		
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	2.31 m	$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	1.99 m	$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	1.99 m
Deflexion por metro			Deflexion por metro			Deflexion por metro		
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.64 l/m	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.64 l/m	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.64 l/m
Deflexion por unidad de cuerda			Deflexion por unidad de cuerda			Deflexion por unidad de cuerda		
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	18.12 l/cuerda	$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	16.87 l/cuerda	$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	16.87 l/cuerda
Longitud de replanteo	L replanteo=	1.50 m	Longitud de replanteo	L replanteo=	1.50 m	Longitud de replanteo	L replanteo=	1.50 m
Principio de curva			Principio de curva			Principio de curva		
$PC = PI - T$	PC=	2396.81	$PC = PI - T$	PC=	2549.35	$PC = PI - T$	PC=	2549.35
Principio de tangente			Principio de tangente			Principio de tangente		
$PT = PC + L$	PT=	2425.77	$PT = PC + L$	PT=	2576.24	$PT = PC + L$	PT=	2576.24
Punto medio de curva			Punto medio de curva			Punto medio de curva		
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	3609.69	$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	3837.47	$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	3837.47

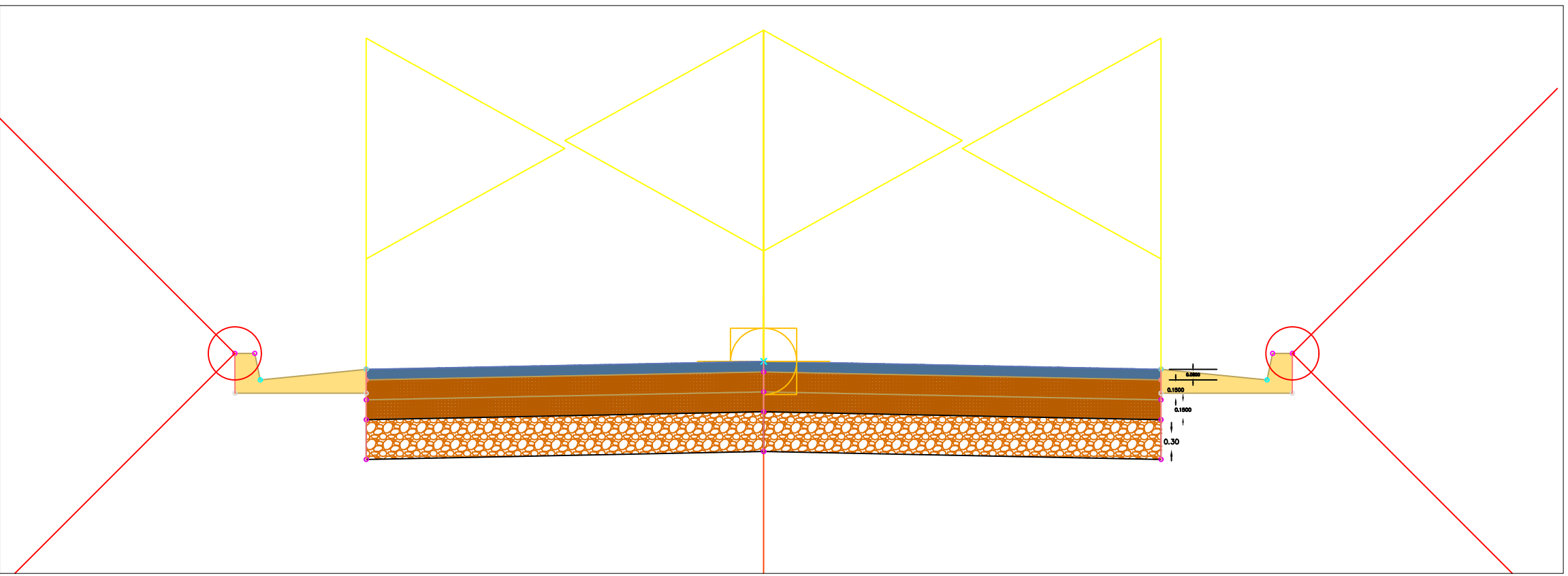
Curva 49		
Δ=	38.27 gados c	0.667937505 Rad
PI=	2643.91	
R=	76.86 m	
V=	40 Km/h	
L Cuerda		
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	50.39 m
Tangente		
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	26.67
G. Curvatura		
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	37.56 grados
L. Curvatura Circular		
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	51.34 m
Externa		
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} \right) - 1$	E=	4.49 m
Ordenada media		
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	4.25 m
Deflexion por metro		
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.37 l/m
Deflexion por unidad de cuerda		
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	18.78 l/cuerda
Longitud de replanteo	L replanteo=	1.50 m
Principio de curva		
$PC = PI - T$	PC=	2617.24
Principio de tangente		
$PT = PC + L$	PT=	2668.58
Punto medio de curva		
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PM=	3951.53

PRESUPUESTO						
Item	Codigo	Descripcion	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1		BORDILLOS, CUNETA Y ACCESOS				
1.1	500259	Excavacion para cunetas y encauzamiento a mano	m3	272.2	16.26	4425.972
1.2	500255	Excavacion con retroexcavadora	m3	12242.26	1.69	20689.4194
1.3	555003	Desalojo con volqueta hasta 3km con material cargado a maquina	m3-km	12242.26	0.22	2693.2972
2		ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO				
2.1		Base- sub-base- Mejoramiento				
2.1.1	503073	Mejoramiento de la subrasante con suelo seleccionado	m3	4899.6	15.07	73836.97
2.1.2	500342	Sub-base Clase 1	m3	2449.8	22.59	55340.98
2.1.3	500430	Base, Clase 1	m3	2449.8	25.69	62935.36
2.1.4	500250	Asfalto MC para imprimacion	m2	16332	1.09	17801.88
2.1.5	548011	Carpeta asfaltica (e=3") Ho.Asf.mezclado en planta	m2	16332	25	408300
2.2		TRANSPORTE DE MATERIALES SUELTOS				
2.2.1	515014	Transporte de sub-base	m3-km	2449.8	0.22	538.956
2.2.2	515015	Transporte de base	m3-km	2449.8	0.22	538.956
2.2.3	515016	Transporte de mezcla asfaltica	m3-km	16332	0.26	4246.32
2.2.4	500148	Transporte de material de excavacion	m3-km	12242.26	0.22	2693.2972
2.2.5	503086	Transporte de suelo selccionado para mejoramiento de la subrasante	m3-km		0.22	0
3		DRENAJE				
3.1		Estructuras de alivio hidraulico				
3.1.1	500298	Hormigon estructural clase "C" f'c=210 kg/cm2, Bordillos y cunetas	m3	1633.2	120	195984
3.1.2	502062	Alcantarillas impermeables Armico D=900mm	m	30	152.00	4560
3.1.3	500298	Hormigon estructuralde cemento portland Clase B (f'c=280 kg/cm2)	m3	10	110	1100
3.1.4	500300	Acero de refuerzo en barras, fy=4200 kg/cm2	kg	256	2.23	570.88
3.2		SUBDRENAJE				0
3.2.1	500432	Replanteo y nivelacion	m	2722	0.95	2585.9
3.2.2	504279	Excavacion a maquina con retroexcavadora	m3	1633.2	1.99	3250.068
3.2.3	502012	Material filtrante	m3	280	8.61	2410.8
3.2.4	515029	Transporte de material filtrante	m3-km	280	0.22	61.6
3.2.5	515020	Cargado de material a maquina	m3	1913.2	2.08	3979.456
3.2.7	500148	Desalojo con volqueta hasta 3km con material cargado a maquina	m3-km	1913.2	0.22	420.904
4		SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL				
4.1		SEÑALIZACION HORIZONTAL				
4.1.1	515038	Marcas de pavimento (Pintura amarilla reflectiva) acrilica a=10cm	m	5444	1.39	7567.16
4.1.2	515039	Marcas de pavimento (Pintura blanca reflectiva) acrilica a=10cm	m	2722	1.39	3783.58
4.2		SEÑALIZACION VERTICAL				
4.2.1	515049	Señales a lado de la carretera (075x0.75m) Limite maximo de velocidad	u	20	171.9	3438
4.2.2	515052	Señales a lado de la carretera (075x0.75m) Curva y contracurva	u	7	171.9	1203.3
4.2.3	515066	Guardacaminos doble metalico	m	283	79.14	22396.62
4.2.4	515069	Señales a lado de la carretera (075x0.75m) Curva derecha cerrada	u	7	171.9	1203.3
4.2.5	515070	Señales a lado de la carretera (075x0.75m) Curva izquierda cerrada	u	7	171.9	1203.3
5		IMPACTO AMBIENTAL				
5.1	515077	Bateria sanitaria movil	u	2	1504.11	3008.22
5.2	515078	Trampa de grasas y aceite	u	2	326.32	652.64
5.3	515079	Tanque de almacenamiento de grasas y aceite	u	5	31.76	158.8
5.4	515081	Agua para control de polvo	miles de litro	10	3.85	38.5
5.5	515082	Cobertura de plastico	m2	100	1.25	125
5.6	515083	Charlas de concientizacion	u	1	250.37	250.37
5.7	515084	Comunicados Radiales	min	100	4.17	417
5.8	515085	Intructivos o tripticos	u	200	0.53	106
5.9	515087	Cinta plastica reflectiva (a=0.12m)	m	500	0.72	360
5.10	515088	Charlas de Adiestramiento	u	1	136.24	136.24
SUBTOTAL					\$	915,013.05
IVA					15% \$	137,251.96
TOTAL					\$	1,052,265.01
TOTAL:		Un millon cincuenta y dos mil dosientos sesenta y cinco dolares americanos				
TOTAL:		Un millon cincuenta y dos mil dosientos sesenta y cinco dolares americanos				

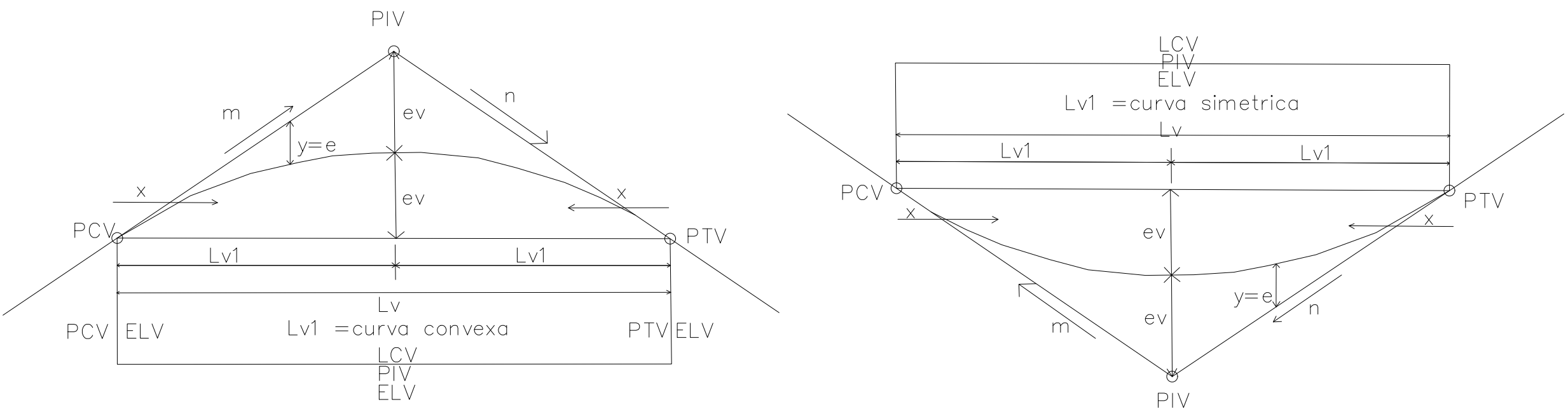


CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL												
NÚMERO	DIRECCIÓN	DELTA (A)	RADIO	T	L	LC	E	M	PC	PI	PT	PI NORTE
C1	S54° 20' 58"W	68.99	45.00	30.92	54.18	50.97	9.60	7.91	0+058.59	0+089.92	0+112.78	9625373.51
C5	S43° 01' 28"W	46.34	64.28	27.51	51.99	50.59	5.84	5.19	0+230.36	0+257.87	0+282.35	9625307.86
C7	S61° 12' 00"W	9.99	45.00	3.93	7.85	7.84	0.17	0.17	0+381.09	0+385.02	0+388.94	9625163.48
C9	N81° 49' 47"W	83.93	83.78	75.34	122.72	112.04	28.90	21.48	0+384.08	0+469.43	0+516.81	9625105.41
C14	N76° 52' 41"W	74.03	52.07	39.26	67.28	62.69	13.14	10.49	0+562.82	0+602.07	0+630.09	9625226.68
C15	S12° 31' 10"W	107.18	25.43	34.48	47.56	40.94	17.41	10.34	0+657.04	0+691.52	0+704.62	9625187.91
C16	S31° 22' 04"W	144.87	13.74	43.40	34.73	26.19	31.78	9.59	0+777.80	0+821.20	0+812.53	9625074.01
C17	N70° 04' 17"W	12.25	30.67	3.29	6.56	6.54	0.18	0.18	0+813.02	0+816.31	0+819.58	9625085.27
C18	N79° 32' 20"W	31.18	63.44	17.70	34.53	34.10	2.42	2.33	0+901.24	0+918.95	0+935.77	9625130.36
C21	S33° 57' 28"W	101.82	25.05	30.84	44.52	38.89	14.68	9.26	0+961.70	0+992.04	1+006.22	9625123.70
C24	S2° 22' 20"E	29.16	45.00	11.71	22.90	22.66	1.50	1.45	1+064.07	1+075.77	1+086.97	9625027.67
C25	S25° 00' 20"W	25.59	45.00	10.22	20.10	19.93	1.15	1.12	1+125.85	1+135.88	1+145.75	9624968.43
C27	S0° 15' 16"E	76.11	35.06	27.45	46.58	43.23	9.47	7.45	1+181.51	1+208.96	1+226.09	9624910.41
C28	S28° 36' 35"W	129.84	15.95	33.45	35.47	29.35	21.28	9.02	1+253.48	1+286.92	1+288.95	9624862.71
C30	S84° 10' 16"W	54.72	84.23	33.23	61.54	59.03	8.99	7.18	1+455.24	1+576.87	1+698.58	9624845.96
C31	S17° 38' 59"W	38.36	45.00	15.67	30.15	29.93	2.65	2.50	1+445.09	1+460.75	1+475.25	9624776.01
C33	S26° 34' 52"W	74.32	36.00	27.29	46.70	43.49	9.17	7.31	1+547.32	1+574.60	1+594.01	9624687.03
C34	S52° 59' 46"W	39.63	45.00	16.21	31.12	30.51	2.83	2.68	1+710.89	1+726.90	1+743.81	9624613.51
C35	S76° 05' 25"W	89.85	46.96	46.92	73.73	66.39	19.42	13.74	1+743.84	1+790.56	1+817.37	9624559.10
C36	N42° 31' 44"W	28.81	45.00	11.56	22.63	22.39	1.46	1.42	1+892.23	1+903.79	1+914.86	9624631.84
C37	N58° 21' 29"W	60.47	34.19	19.93	36.08	34.43	5.38	4.65	1+935.32	1+955.24	1+971.40	9624677.66
C38	N76° 12' 17"W	24.78	128.88	28.31	55.73	55.30	3.07	3.00	2+009.99	2+038.30	2+065.72	9624679.79
C39	N20° 11' 46"W	87.24	22.66	21.59	34.50	31.26	8.84	6.26	2+073.48	2+095.07	2+107.88	9624705.23

ESTRUCTURA DE VIA



ELEMENTOS DE CURVAS VERTICALES



LCV LONGITUD DE CURVA VERTICAL
PIV PROGRESIVA DE INTERSECCIÓN VERTICAL
PCV PROGRESIVA DE PRINCIPIO DE LA CURVA VERTICAL
PTV PROGRESIVA DE PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
ELV COTA DE ELEVACION
L1 (m) LONGITUD DEL PRIMER TRAMO
g1 (%) PENDIENTE LONGITUDINAL DEL TRAMO 1
g2 (%) PENDIENTE LONGITUDINAL DEL TRAMO 2
A (m/m) DIFERENCIA ALGEBRAICA ENTRE LAS PENDIENTES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO VÍA COCHAPATA - MORASLOMA

PLANO:
VISTA EN PLANTA DE 0+000 A 1+000

AUTOR:
SEBASTIAN CAJAS - ERICK AREVALO

RESPONSABLE:
ING. DANIEL CARDENAS

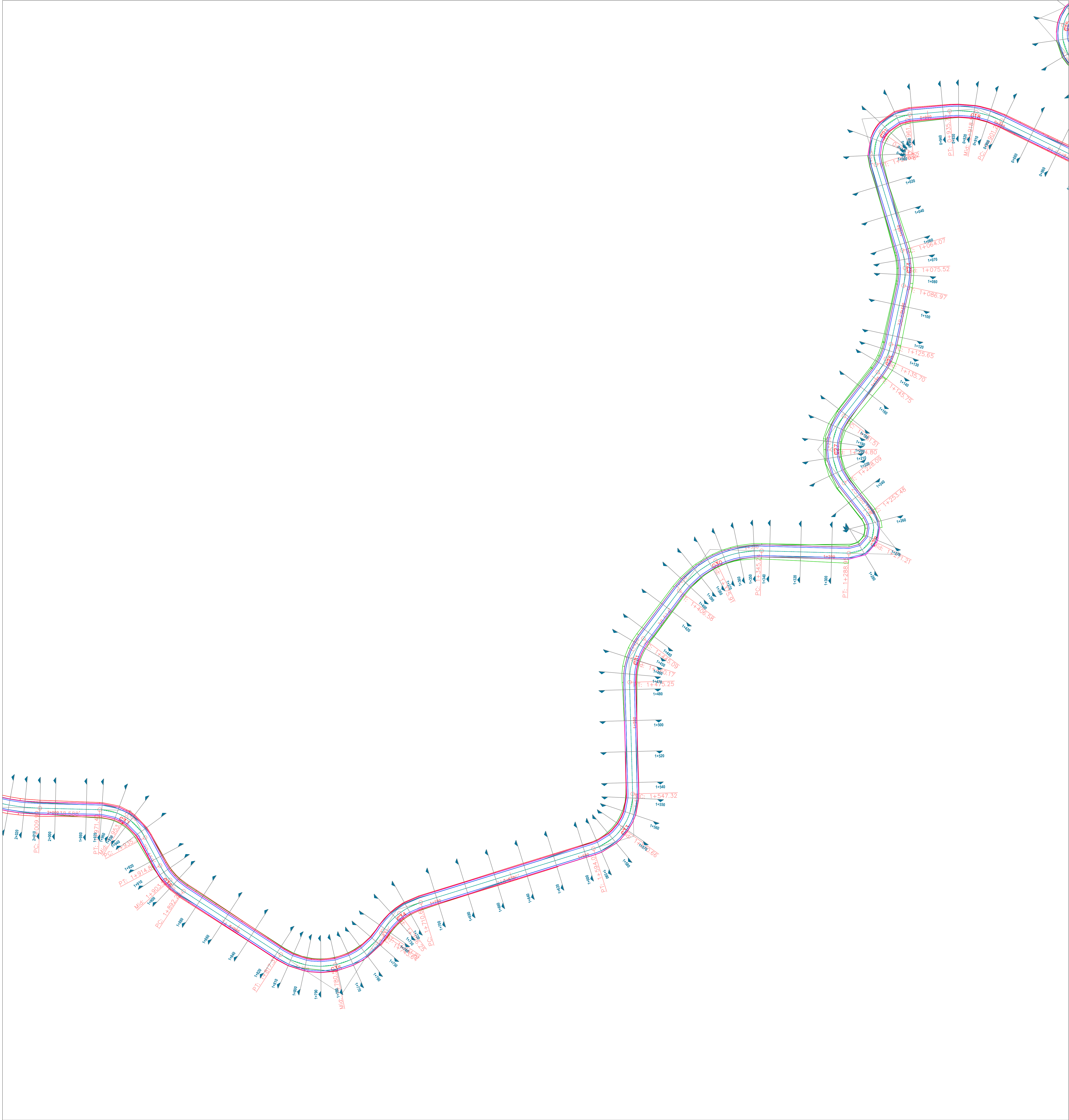
ASIGNATURA:
TRABAJO DE TITULACION

PROVINCIA: AZUAY
CANTON: NABON
PARROQUIA: COCHAPATA Y MORASLOMA

FECHA: 12-ENERO-2025
ESCALA: 1:1000

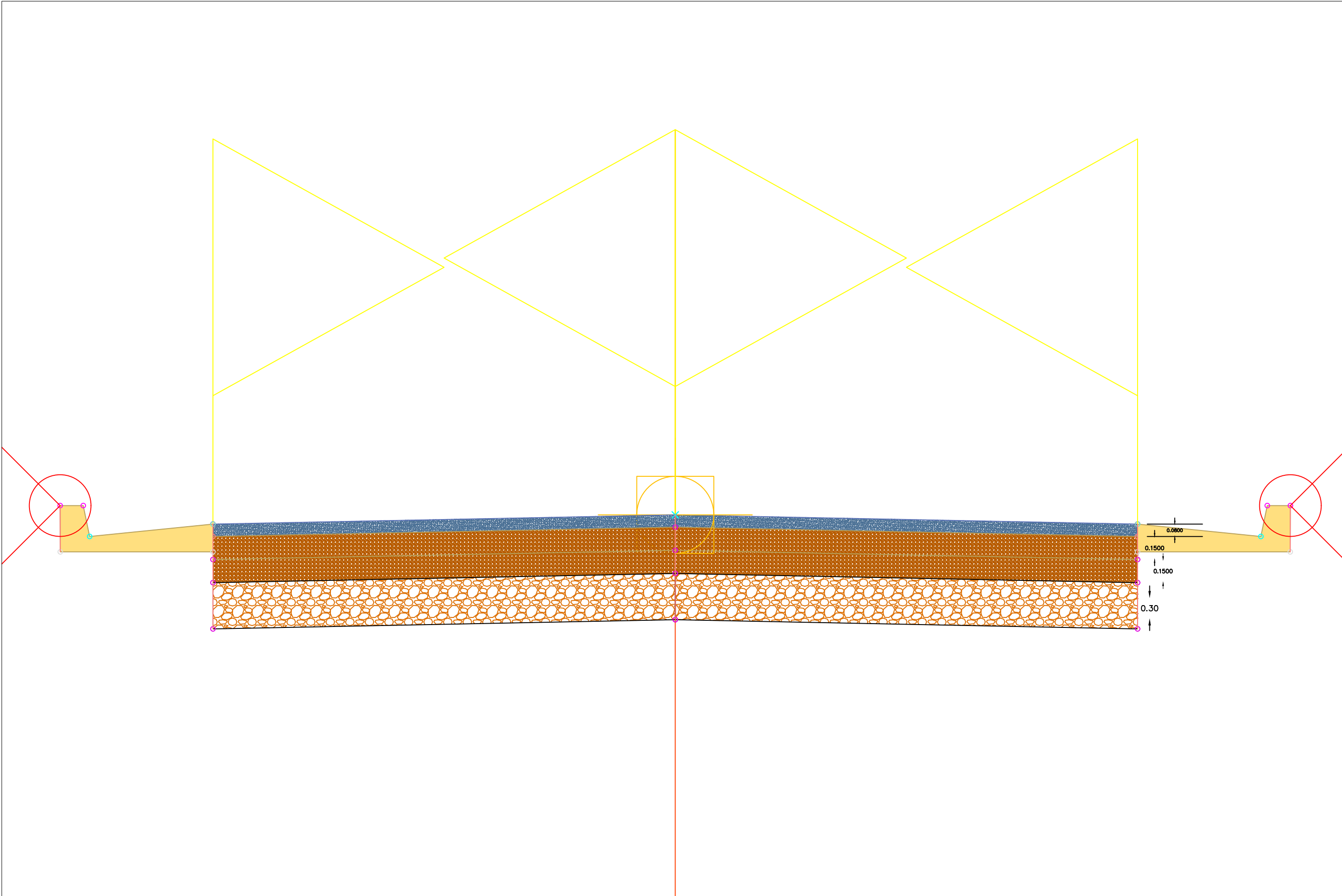
LÁMINA NÚMERO:

1/7



CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL													
NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA (Δ)	RADIO	T	L	LC	E	M	PC	PI	PT	PI NORTE	PI ESTE
C1	S64° 20' 56\"W	68.99	45.00	30.92	54.19	50.97	9.60	7.91	0+058.59	0+089.52	0+112.78	9625373.51	712656.99
C5	S43° 01' 28\"W	46.34	64.28	27.51	51.99	50.59	5.64	5.19	0+230.36	0+257.87	0+282.35	9625207.96	712597.21
C7	S61° 12' 00\"W	9.99	45.00	3.93	7.85	7.84	0.17	0.17	0+361.09	0+365.02	0+368.94	9625163.49	712496.40
C9	N81° 48' 47\"W	83.93	83.78	75.34	122.72	112.04	28.90	21.48	0+394.08	0+469.43	0+516.81	9625105.41	712409.62
C14	N76° 52' 41\"W	74.03	52.07	39.26	67.28	62.69	13.14	10.49	0+562.82	0+602.07	0+630.09	9625228.69	712306.67
C15	S12° 31' 10\"W	107.18	25.43	34.48	47.58	40.94	17.41	10.34	0+657.04	0+691.52	0+704.62	9625187.91	712214.61
C16	S31° 22' 04\"W	144.87	13.74	43.40	34.73	26.19	31.78	9.59	0+777.80	0+821.20	0+812.53	9625074.01	712313.86
C17	N70° 04' 17\"W	12.25	30.67	3.29	6.56	6.54	0.18	0.18	0+813.02	0+816.31	0+819.58	9625085.27	712268.05
C18	N79° 32' 20\"W	31.18	63.44	17.70	34.53	34.10	2.42	2.33	0+901.24	0+918.95	0+935.77	9625130.36	712175.82
C21	S33° 57' 28\"W	101.82	25.05	30.84	44.52	38.89	14.68	9.26	0+961.70	0+992.54	1+006.22	9625123.70	712101.65
C24	S2° 22' 20\"E	29.16	45.00	11.71	22.90	22.66	1.50	1.45	1+064.07	1+075.77	1+086.97	9625027.67	712130.92
C25	S25° 00' 20\"W	25.59	45.00	10.22	20.10	19.93	1.15	1.12	1+125.65	1+135.88	1+145.75	9624968.43	712118.10
C27	S0° 15' 16\"E	76.11	35.06	27.45	46.58	43.23	9.47	7.45	1+181.51	1+228.09	1+228.09	9624910.41	712073.10
C28	S26° 36' 35\"W	129.84	15.65	33.45	35.47	28.35	21.28	9.02	1+253.48	1+286.92	1+288.95	9624842.71	712126.59
C30	S64° 10' 16\"W	54.72	64.23	33.23	61.34	59.03	8.09	7.18	1+345.24	1+378.47	1+406.58	9624845.99	712003.66
C31	S17° 36' 59\"W	38.39	45.00	15.67	30.15	29.59	2.65	2.50	1+445.09	1+460.76	1+475.25	9624776.01	711951.28
C33	S35° 34' 52\"W	74.32	36.00	27.29	46.70	43.49	9.17	7.31	1+547.32	1+574.60	1+594.01	9624661.03	711954.45
C34	S52° 56' 46\"W	39.63	45.00	16.21	31.12	30.51	2.83	2.66	1+710.69	1+726.90	1+741.81	9624613.51	711801.49
C35	S78° 05' 25\"W	89.95	46.96	46.92	73.73	66.39	19.42	13.74	1+743.64	1+790.56	1+817.37	9624559.10	711765.99
C36	N42° 31' 44\"W	28.81	45.00	11.56	22.63	22.39	1.46	1.42	1+892.23	1+903.79	1+914.86	9624631.84	711654.25
C37	N58° 21' 25\"W	60.47	34.19	19.93	36.08	34.43	5.38	4.65	1+935.32	1+955.24	1+971.40	9624677.66	711629.76
C38	N76° 12' 17\"W	24.78	128.88	28.31	55.73	55.30	3.07	3.00	2+009.99	2+038.30	2+065.72	9624679.79	711542.97
C39	N20° 11' 46\"W	87.24	22.66	21.59	34.50	31.26	8.64	6.26	2+073.48	2+095.07	2+107.98	9624705.23	711491.22
C40	N34° 54' 15\"W	116.66	10.74	17.41	21.87	18.29	9.72	5.10	2+112.48	2+129.89	2+134.35	9624745.15	711508.52
C41	S49° 10' 21\"W	75.19	20.69	15.93	27.15	25.25	5.42	4.30	2+134.58	2+150.51	2+161.73	9624743.26	711475.01

ESTRUC TURA DE VIA



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMETRICO VIA COCHAPATA - MORASLOMA

PLANO:
VISTA EN PLANTA DE 0+000 A 1+000

AUTOR:
SEBASTIAN CAJAS - ERICK AREVALO

RESPONSABLE:
ING. DANIEL CARDENAS

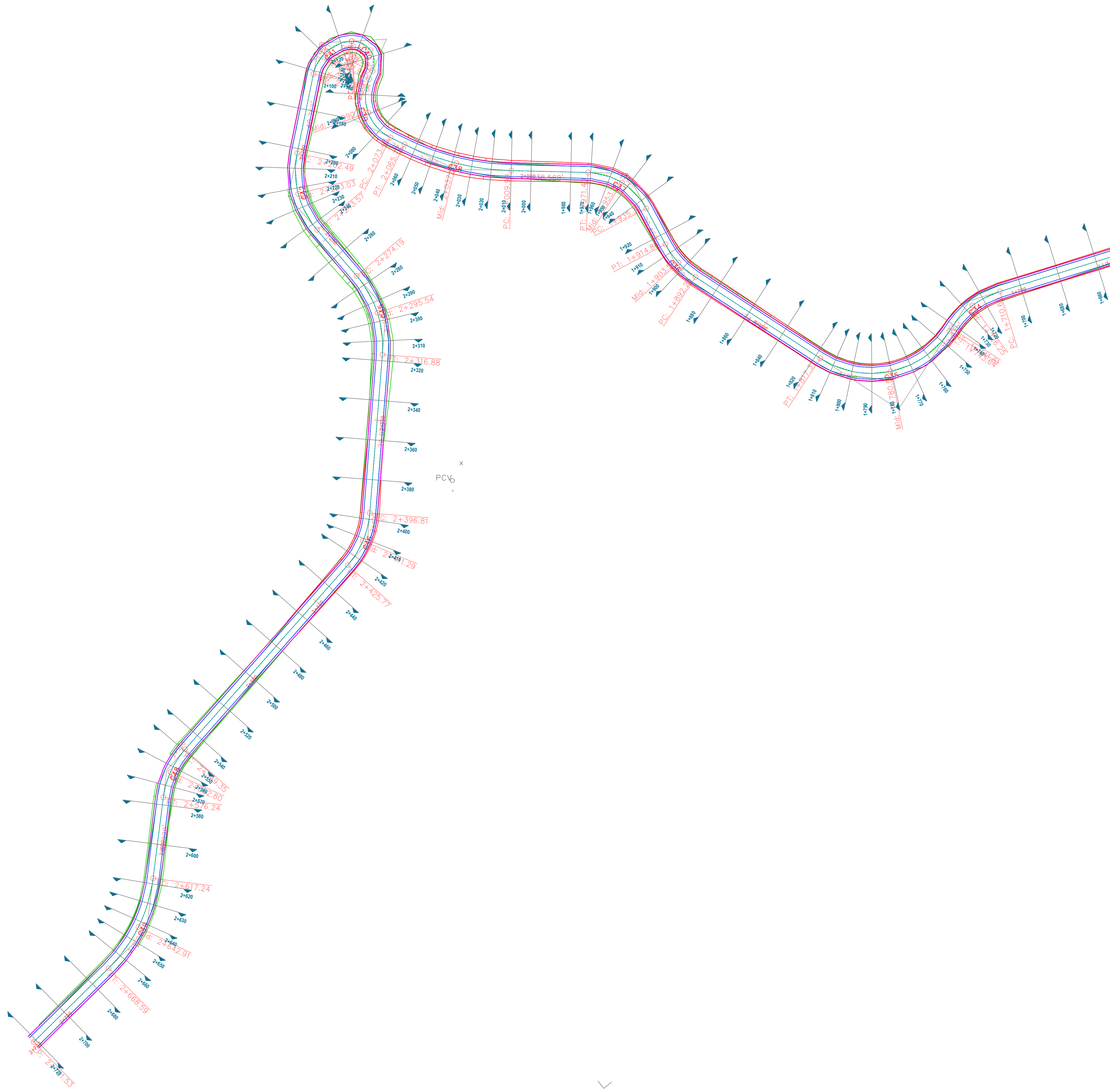
ASIGNATURA:
TRABAJO DE TITULACION

PROVINCIA: AZUAY
CANTON: NABON
PARROQUIA: COCHAPATA Y MORASLOMA

FECHA: 12-ENERO-2025
ESCALA: 1:1000

LAMINA NUMERO:

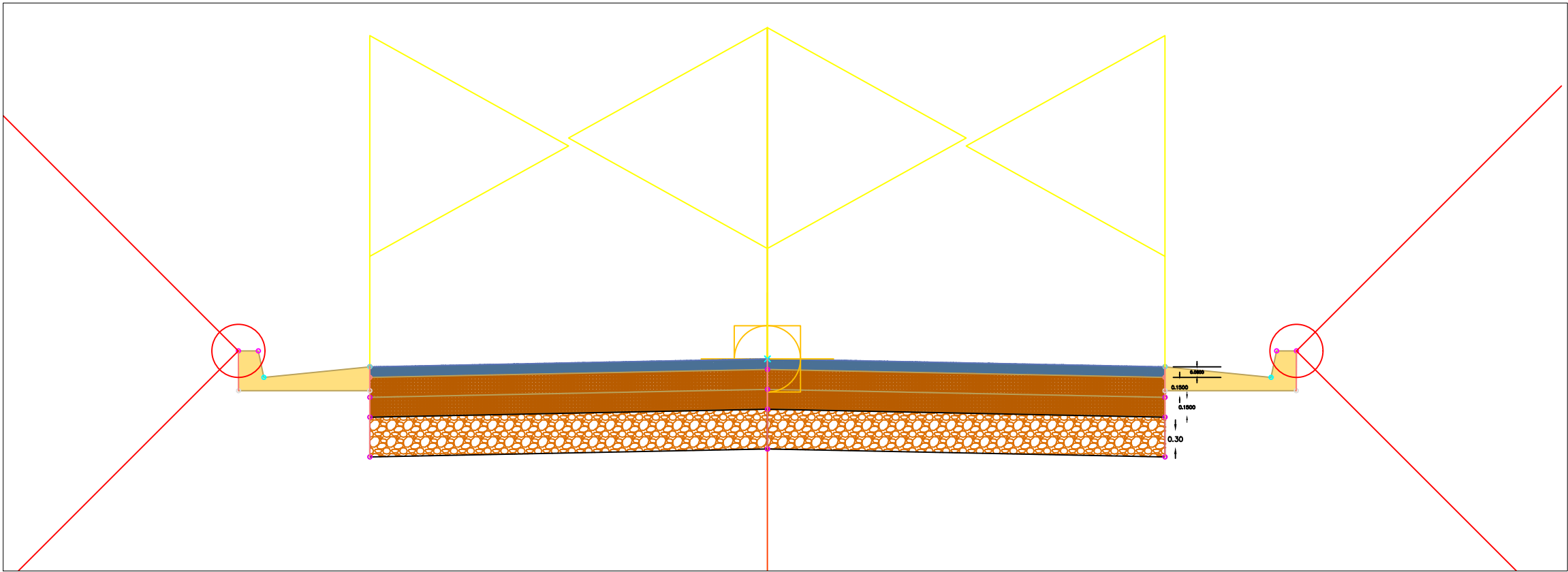
2/7



CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL.													
NÚMERO	DIRECCIÓN	DELTA (A)	RADIO	T	L	LC	E	M	PC	PI	PT	PI NORTE	PIESTE
C1	S54° 27' 56"W	88.99	45.00	30.82	54.19	50.97	8.80	7.91	0+058.88	0+089.82	0+112.78	9623373.51	712866.6
C5	S43° 01' 28"W	46.34	54.26	27.51	51.99	50.59	5.84	5.19	0+230.38	0+257.87	0+282.35	9623207.96	712997.2
C7	S61° 12' 02"W	9.99	45.00	3.93	7.85	7.84	0.17	0.17	0+361.08	0+365.02	0+368.94	9625163.48	712496.4
C9	N81° 49' 47"W	83.93	83.78	75.34	122.72	112.04	28.90	21.48	0+384.08	0+469.43	0+516.81	9625105.41	712409.6
C14	N78° 52' 41"W	74.03	52.07	39.26	67.28	62.69	13.14	10.49	0+562.82	0+602.07	0+630.09	9625228.69	712306.6
C15	S12° 31' 10"W	107.18	25.43	34.48	47.58	40.94	17.41	10.34	0+657.04	0+691.52	0+704.82	9625187.91	712214.6
C16	S31° 22' 04"W	144.87	13.74	43.40	34.73	26.19	31.78	9.59	0+777.60	0+821.20	0+872.53	9625074.01	712313.6
C17	N70° 04' 17"W	12.25	30.67	3.29	6.56	6.54	0.18	0.18	0+813.02	0+816.31	0+819.58	9625085.27	712288.6
C18	N70° 32' 20"W	31.18	63.44	17.70	34.53	34.10	2.42	2.33	0+901.24	0+918.85	0+935.77	9625130.36	712175.6
C21	S33° 57' 28"W	101.82	25.05	30.84	44.52	38.89	14.68	9.26	0+961.70	0+992.54	1+006.22	9625123.70	712101.6
C24	S2° 22' 20"E	29.16	45.00	11.71	22.80	22.66	1.50	1.45	1+064.07	1+075.77	1+086.97	9625027.67	712130.6
C25	S25° 00' 20"W	25.59	45.00	10.22	20.10	19.93	1.15	1.12	1+125.65	1+135.88	1+145.75	9624968.43	712118.1
C27	S0° 15' 16"E	76.11	35.06	27.45	46.58	43.23	9.47	7.45	1+181.51	1+208.96	1+228.09	9624910.41	712073.1
C28	S28° 36' 35"W	129.84	15.65	33.45	35.47	28.35	21.28	9.02	1+253.46	1+289.92	1+289.95	9624842.71	712126.6
C30	S64° 10' 16"W	54.72	64.23	33.23	61.34	59.03	8.09	7.18	1+345.24	1+378.47	1+406.58	9624845.99	712003.6
C31	S17° 36' 59"W	38.39	45.00	15.67	30.15	28.59	2.65	2.50	1+445.09	1+480.76	1+475.25	9624776.01	711951.2
C33	S35° 34' 52"W	74.32	36.00	27.29	46.70	43.49	9.17	7.31	1+547.32	1+574.60	1+594.01	9624691.03	711954.4
C34	S52° 58' 46"W	39.63	45.00	16.21	31.12	30.51	2.83	2.86	1+710.69	1+720.90	1+741.81	9624613.51	711801.4
C35	S78° 09' 25"W	89.95	46.96	46.92	73.73	66.39	19.42	15.74	1+763.84	1+790.96	1+817.37	9624599.10	711705.5
C36	N42° 31' 44"W	28.81	45.00	11.56	22.63	22.59	1.46	1.42	1+892.23	1+903.79	1+914.86	9624631.84	711654.2
C37	N89° 21' 25"W	80.47	34.19	19.93	36.09	34.43	5.38	4.85	1+936.32	1+965.24	1+971.40	9624677.68	711629.3
C38	N76° 12' 17"W	34.78	128.88	28.31	55.73	55.50	3.07	3.00	2+009.98	2+038.30	2+065.72	9624679.79	711542.6
C39	N20° 11' 46"W	87.24	22.66	21.59	34.50	31.26	8.84	6.26	2+073.46	2+095.07	2+107.98	9624705.23	711491.2
C40	N34° 54' 15"W	116.66	10.74	17.41	21.67	18.29	6.72	5.10	2+112.48	2+129.89	2+134.35	9624745.15	711508.6
C41	S45° 46' 58"W	32.46	36.00	12.65	25.24	25.06	2.45	2.40	2+224.49	2+243.57	2+243.57	9624668.07	711459.19

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL.													
NÚMERO	DIRECCIÓN	DELTA (A)	RADIO	T	L	LC	E	M	PC	PI	PT	PI NORTE	PIESTE
C42	S14° 34' 23"E	52.30	45.00	22.09	41.08	39.67	5.13	4.61	2+202.40	2+224.59	2+243.57	9624668.07	711459.19
C45	S18° 05' 02"E	45.28	54.02	22.53	42.69	41.59	4.51	4.16	2+274.19	2+296.72	2+316.86	9624609.05	711508.29
C46	S22° 59' 43"W	36.88	45.00	15.00	28.96	28.47	2.44	2.31	2+386.81	2+411.81	2+425.77	9624491.96	711468.96
C48	S24° 19' 48"W	34.24	45.00	13.86	26.90	26.50	2.09	1.99	2+548.35	2+563.21	2+578.24	9624377.57	711398.07
C49	S26° 19' 37"W	38.27	76.86	26.67	51.34	50.39	4.50	4.25	2+617.24	2+643.91	2+668.59	9624296.78	711387.87

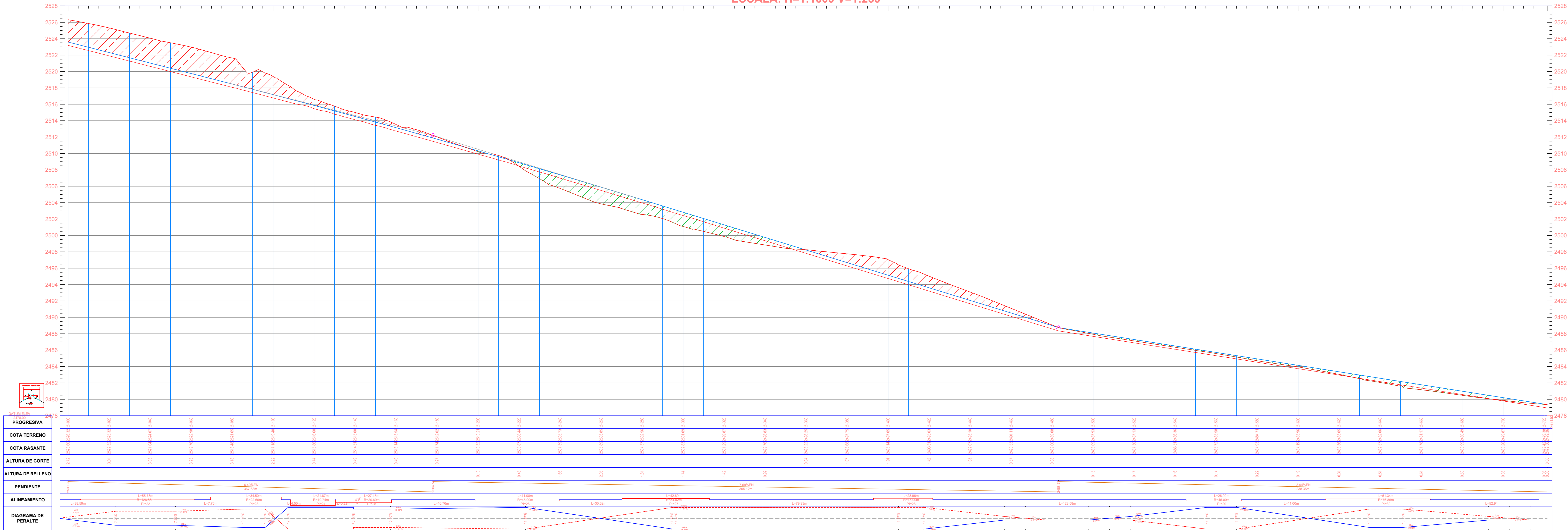
ESTRUC TURA DE VIA



PERFIL LONGITUDINAL 0+000.00 - 1+000.00
ESCALA: H=1:1000 V=1:250



PERFIL LONGITUDINAL 2+000.00 - 2+721.53
ESCALA: H=1:1000 V=1:250



TRAMO 1 DE LA ABSCISA
0+000.0 A 1+006.22

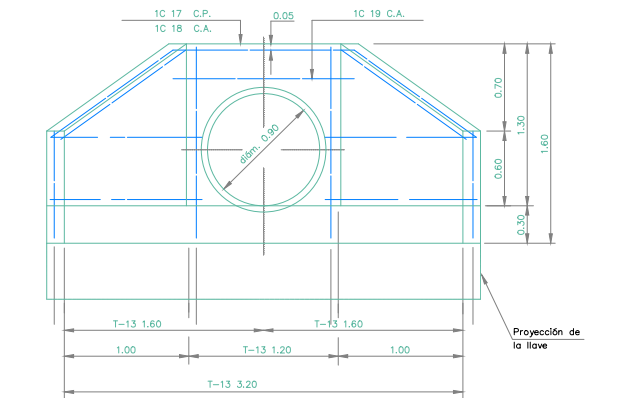
	DECISIÓN DE DESTINO
	DECISIÓN DE DESTINO
	DOBLE VÍA
	LÍMITE MÁXIMO DE VELOCIDAD
	LÍMITE MÁXIMO DE VELOCIDAD
	LÍMITE MÁXIMO DE VELOCIDAD
	CURVA CERRADA IZQUIERDA
	CURVA CERRADA DERECHA
	CURVA Y CONTRA CURVA IZQUIERDA – DERECHA
	CURVA Y CONTRA CURVA DERECHA – IZQUIERDA

[illegible]

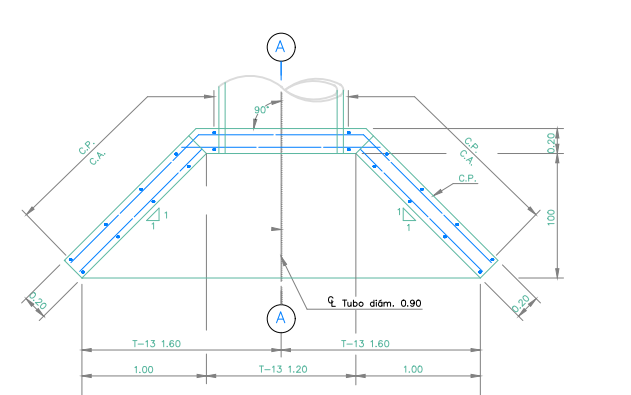
DECISIÓN DE DESTINO



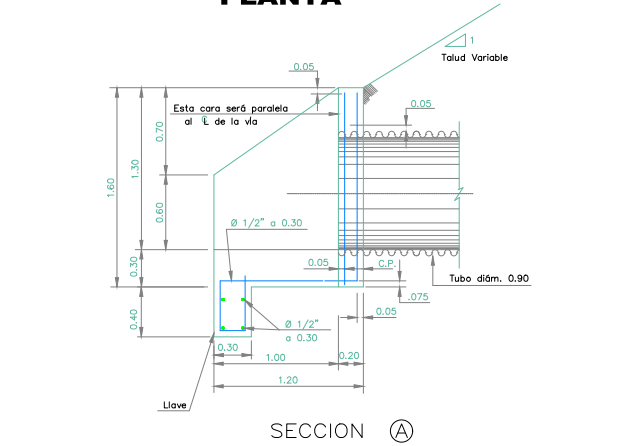
ALCANTARILLA CON
CABEZALES
EN 1+490 Y 2+000



ELEVACION



PLANTA



SECCION (A)

CANTIDADES		
CARBÓN	CONCRETO F _{ck} =280 kg/cm ²	ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm ²
as 3	as 3	kg
CARBÓN 1000 Kg	1.4	43.1

ABREVIATURAS

C.A. = Cera Anterior
C.P. = Cera Posterior
C.C. = Cera Central
A.C. = Arroz Cereza
J.C. = Jato de Cereza



ASIGNATURA:	TRABAJO DE TITULACION
-------------	-----------------------

AMINA NUMERO:

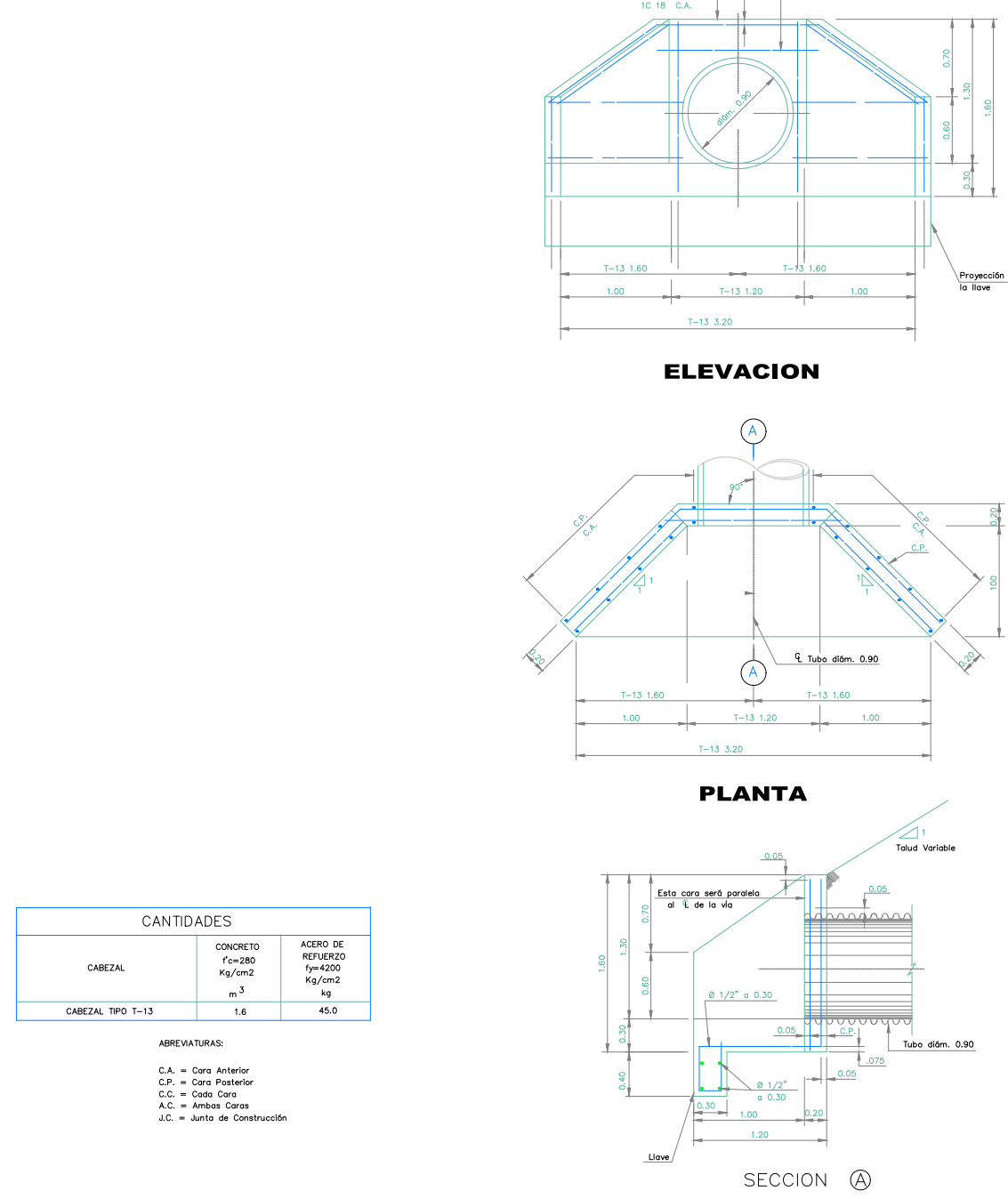
TERCER TRAMO DE LA
ABSCISA 2+307 A
2+721



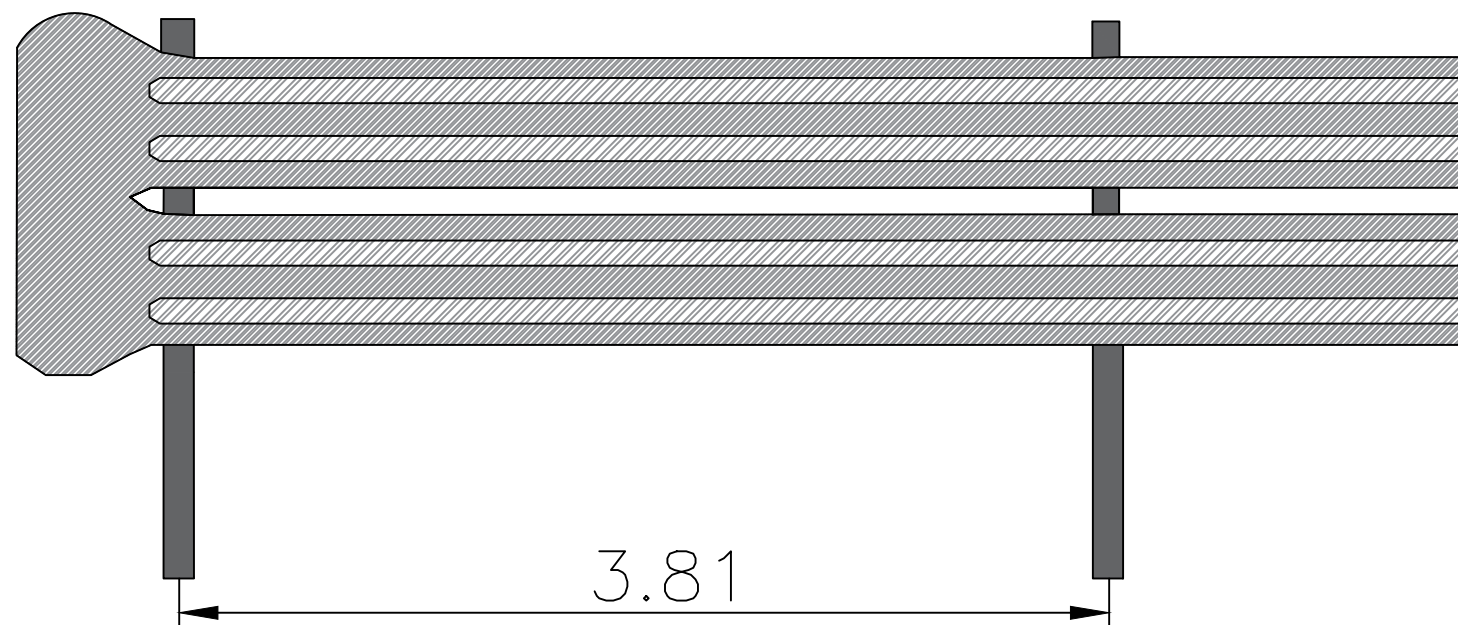
SEÑALIZACION VERTICAL DE LA VIA

	DECISIÓN DE DESTINO
	DECISIÓN DE DESTINO
	DOBLE VÍA
	LÍMITE MÁXIMO DE VELOCIDAD
	LÍMITE MÁXIMO DE VELOCIDAD
	LÍMITE MÁXIMO DE VELOCIDAD
	CURVA CERRADA IZQUIERDA
	CURVA CERRADA DERECHA
	CURVA Y CONTRA CURVA IZQUIERDA - DERECHA
	CURVA Y CONTRA CURVA DERECHA - IZQUIERDA

ALCANTARILLA CON
CABEZALES
EN 0+510 Y 1+007



GUARDAVÍAS DE ACERO DE
2+100 a 2+180



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

PROYECTO:
DISEÑO DE SEÑALIZACIÓN VIA COCHAPATA - MORASLOMA

PLANO:
SEÑALIZACIÓN Y ESTRUCTURAS DE 0+000 A 1+000



AUTOR:
SEBASTIAN CAJAS - ERICK AREVALO

RESPONSABLE:
ING. DANIEL CARDENAS

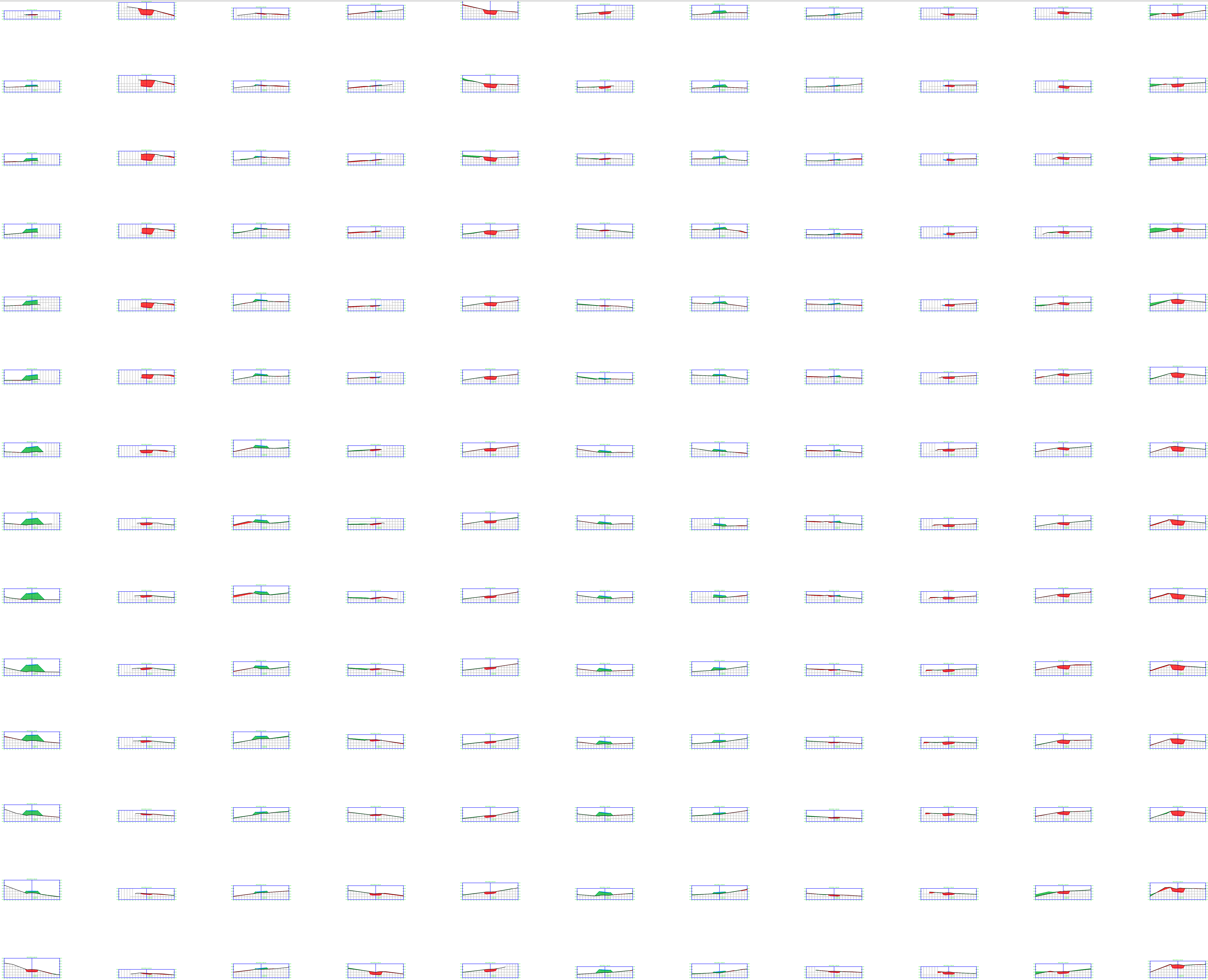
ASIGNATURA:
TRABAJO DE TITULACION

PROVINCIAL: AZUAY
CANTON: NABON
PARROQUIA: COCHAPATA-MORASLOMA

FECHA:
13 / 01 / 2025

LAMINA NUMERO:

3/3



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMETRICO VIA COCHAPATA - MORASLOMA

PLANO:
VISTA EN PLANTA DE 0+000 A 1+000

AUTOR:
SEBASTIAN CAJAS - ERICK AREVALO

RESPONSABLE:
ING. DANIEL CARDENAS

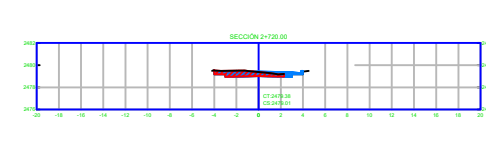
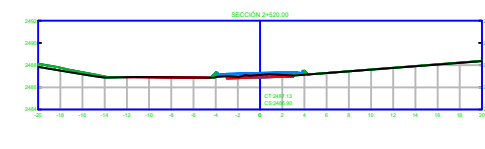
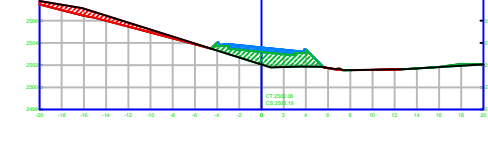
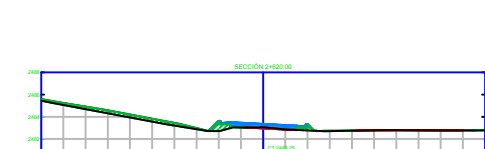
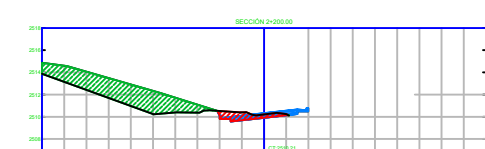
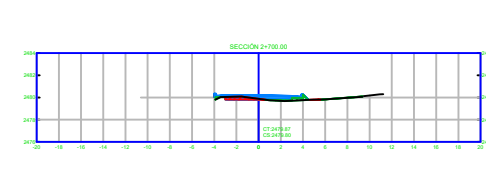
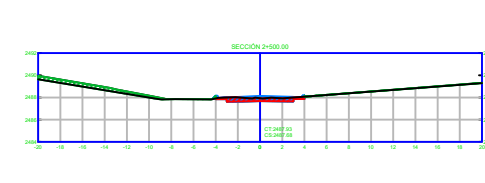
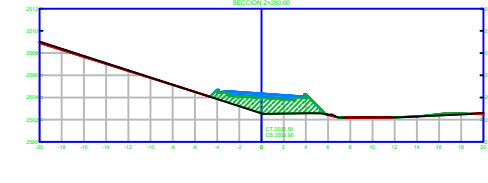
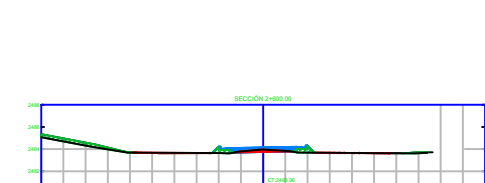
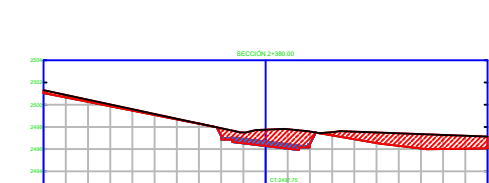
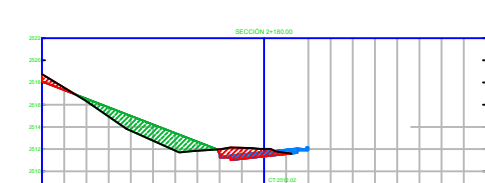
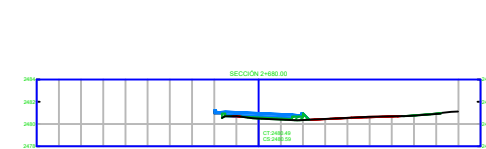
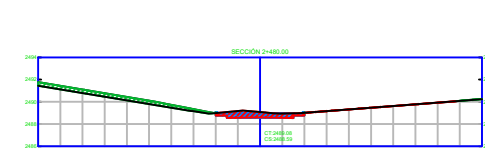
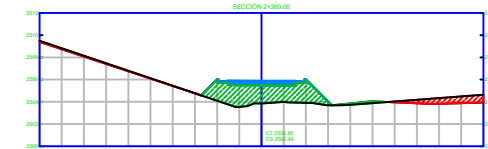
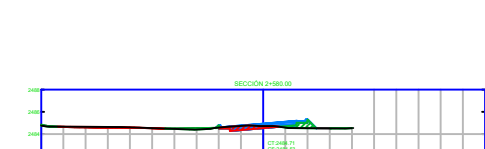
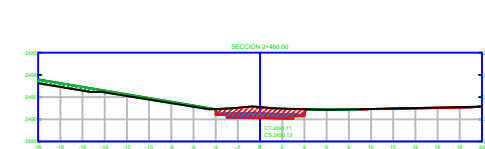
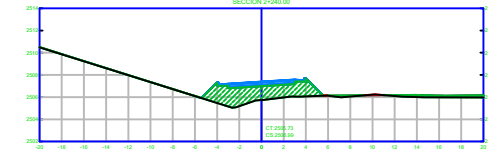
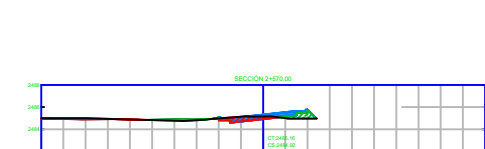
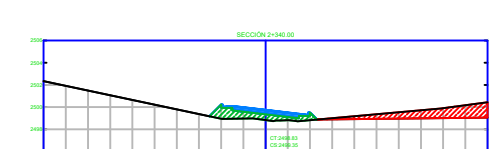
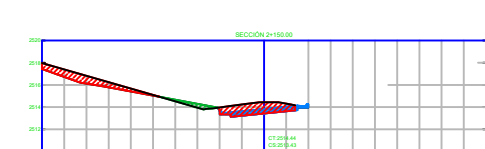
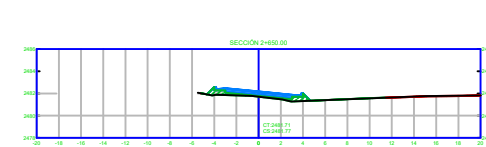
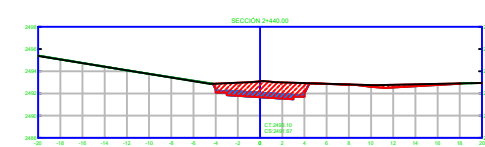
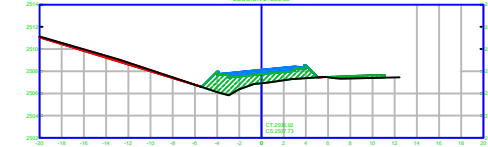
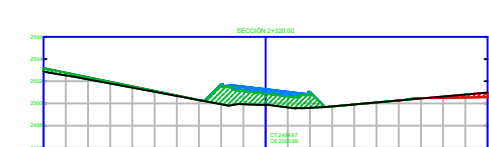
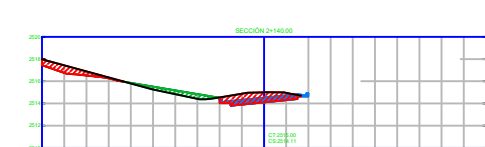
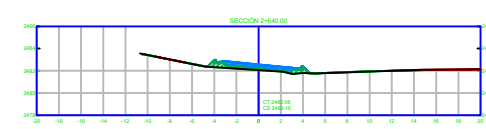
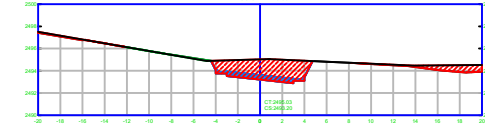
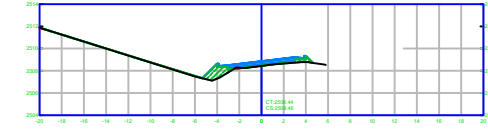
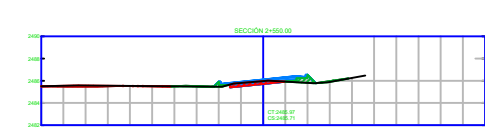
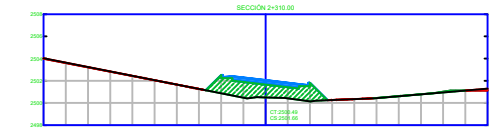
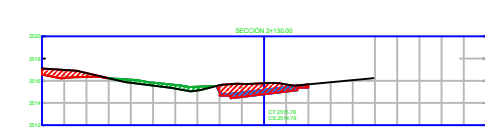
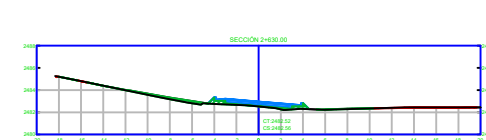
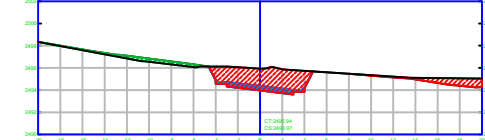
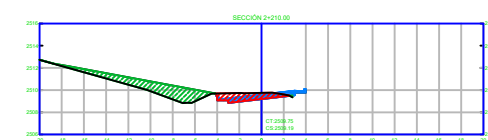
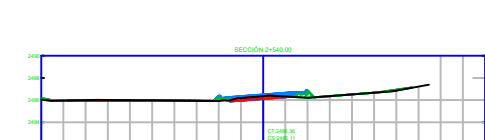
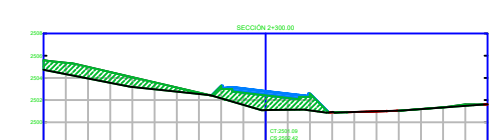
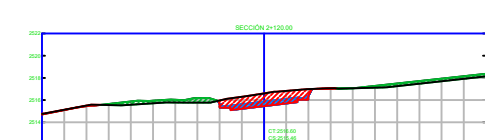
ASIGNATURA:
TRABAJO DE TITULACION

PROVINCIA: AZUAY
CANTON: NABON
PARROQUIA: COCHAPATA Y MORASLOMA

FECHA: 12-ENERO-2025
ESCALA: 1:1000

LAMINA NUMERO:

6/7



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA		AUTOR: SEBASTIAN CAJAS - ERICK AREVALO		PROVINCIA: AZUAY CANTON: NABON		LAMINA NUMERO: 7/7
PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO VIA COCHAPATA - MORASLOMA		RESPONSABLE: ING. DANIEL CARDENAS		PARROQUIA: COCHAPATA Y MORASLOMA		
PLANO: VISTA EN PLANTA DE 0+000 A 1+000		ASIGNATURA: TRABAJO DE TITULACION		FECHA: 12-ENERO-2025 ESCALA: 1:1000		