UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA COCHAPATA – MORASLOMA DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+000 KM, PERTENECIENTE AL CANTÓN NABÓN, PROVINCIA DEL AZUAY

Trabajo de titulación previo a la obtención del

título de Ingeniero Civil

AUTORES: CARLOS EDUARDO VEGA HUIRACOCHA
VÍCTOR JHOE REDROBÁN GUANIN

TUTOR: ING. DANIEL LEONIDAS CÁRDENAS JARAMILLO, MSc.

Cuenca - Ecuador

2024
I

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Carlos Eduardo Vega Huiracocha con documento de identificación N° 0106085970 y Víctor Jhoe Redrobán Guanin con documento de identificación N° 0107201006; 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, 15 de julio del 2024

Atentamente,

Carlos Eduardo Vega Huiracocha	Víctor Jhoe Redrobán Guanin
0106085970	0107201006

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

Nosotros, Carlos Eduardo Vega Huiracocha con documento de identificación N°0106085970 y Víctor Jhoe Redrobán Guanin con documento de identificación N°0107201006, 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 de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 3+000 km, perteneciente al 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, 15 de julio del 2024

Atentamente,

Carlos Eduardo Vega Huiracocha	Víctor Jhoe Redrobán Guanin
0106085970	0107201006

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 DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+000 KM, PERTENECIENTE AL CANTÓN NABÓN, PROVINCIA DEL AZUAY, realizado por Carlos Eduardo Vega Huiracocha con documento de identificación N° 0106085970 y por Víctor Jhoe Redrobán Guanin con documento de identificación N° 0107201006, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 15 de julio del 2024

Atentamente,

Ing. Daniel Leonidas Cárdenas Jaramillo, Msc.

0104031232

DEDICATORIA

Cuando miro todo el camino que eh avanzado doy gracias a Dios por siempre tener a mis padres, quienes han estado presentes en las situaciones más difíciles de mi vida, las personas que me demostraron que no hay que temer a equivocarse sin embargo hay que temer a no intentarlo, no todo sale como lo planeas pero que para cada equivocación hay una solución, que nuestra vida no la vamos a hacer de lamentos si no que la hacemos con logros. Este pequeño logro es muy especial en mi vida, porque demuestra toda la valentía y carácter que obtuve gracias a su apoyo incondicional y a la formación que me han brindado.

Puedo mirarlos a los ojos y decirlos papi, mami, lo logramos.

Este trabajo va dedicado para mi madre Andrea Elizabeth Guanin Moreno y a mi padre Víctor Hugo Redrobán Jácome.

Siempre anhelamos que llegue un momento importante en nuestra vida y queremos compartirlo con nuestros seres amados, en estos instantes la distancia es un impedimento para poder reunirnos, pero nunca para seguir demostrando el cariño y amor de una verdadera familia.

Víctor Jhoe Redrobán Guanin.

Han sido varias las personas que han sido un pilar fundamental en el transcurso de mi vida personal como académica, tengan o no mi sangre, tienen mi corazón y es por eso que son considerados como mi familia, por eso mi dedicatoria es dirigido para cada uno de ellos, principalmente a mi abuela Esperanza Amaya, que a pesar de no estar presente, nunca me ha dejado solo y ha sido mi luz en cada día de mi vida, a mi madre Ma. Caridad Huiracocha, la mujer a la que le he dedicado y dedicaré toda mi vida, la persona por la que jamás me rendiré, a mi padre Pablo Arévalo, quien ha estado para mi incondicionalmente en todas y cada una de las etapas de mi vida, mi ejemplo más puro de hombre que tengo a seguir, así mismo a mi hermano David Arévalo, quien es mi motivación para cada día ser mejor, a mi abuelo Carlos Huiracocha, quien ha sido el mentor de mi camino académico, a mi hermana Paulina Arévalo, mi tía Priscila Huiracocha y mi tía Lorena Arévalo, las mujeres que han sido como mi segunda madre en el transcurso de mi vida, a mis primos, a mis tíos, a mis tías, a mis abuelos y demás familiares que con su ejemplo han sido un apoyo incondicional para mi persona y a Sebastián Sarmiento, persona que durante varios años de mi vida ha hecho el papel de hermano mayor, por estar para mí en los momentos más alegres y tristes de mi vida. Son mi templo.

Carlos Eduardo Vega Huiracocha

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestra gratitud a Dios, quien ha sido nuestra guía y fortaleza para superar cada desafío a lo largo de estos años de estudios universitarios.

Extendemos nuestro agradecimiento a nuestras familias, especialmente a nuestros padres, cuyo apoyo incondicional y motivación han sido fundamentales para alcanzar esta nueva meta en nuestras vidas.

A todos y cada uno de nuestros profesores, maestros e ingenieros de la Universidad Politécnica Salesiana, agradecemos profundamente por ser nuestros mentores y por compartir sus valiosos conocimientos y experiencias profesionales. Gracias a ustedes, hemos crecido como personas y estamos preparados para dar nuestros primeros pasos en el ámbito profesional.

Finalmente, queremos agradecer a nuestros hermanos, compañeros y futuros colegas por su constante apoyo en las aulas y por compartir sus conocimientos, lo cual ha sido de gran ayuda durante toda nuestra formación universitaria.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1 PROBLEMA DE ESTUDIO 4

1.1 Planteamiento del problema 4

1.2 Antecedentes 4

1.2.1 Ubicación del Proyecto 6

1.2.2 Población 6

1.2.3 Economía 7

1.2.4 Educación 8

1.2.5 Estudio del área 8

1.3 Justificación 10

1.4 Objetivo General 11

1.5 Objetivos Específicos 11

1.6 Estado del Arte 12

2. MARCO TEÓRICO 14

2.1 Topografía 14

2.2 Tráfico 15

2.2.1 Tráfico promedio anual (TPDA) 15

2.2.2 Tránsito actual 16

2.2.3 Tránsito futuro 16

2.2.4 Variaciones del tráfico 19

2.2.4.1 Factor horario-FH 19

2.2.4.2 Factor diario-FD 19

2.2.4.3 Factor semanal-FS 19

2.2.4.4 Factor mensual-FM 19

2.2.5 TPDA 19

2.2.6 Tráfico proyectado 20

2.2.7 Volúmen de tránsito 20

2.2.8 Tránsito producido 21

2.2.9 Transito por desarrollo 22

2.2.10 Determinación de cantidad de ejes quivalentes 22

2.3 Carreteras 24

2.3.1 Tipos de carreteras según TPDA 25

2.3.2 Clasificación de carreteras por jerarquía vial 26

2.3.2.1 Carreteras de primer orden 26

2.3.2.2 Carreteras de segundo orden 27

2.3.2.3 Carreteras de tercer orden 27

2.3.3 Clasificación de carreteras según su tipo de terreno 28

2.3.4 Clasificación de carreteras según el tráfico proyectado 30

2.4 Diseño Geométrico 30

2.4.1 Velocidad de diseño 30

2.4.2 Velocidad de circulación 31

2.4.3 Alineamiento horizontal 32

2.4.3.1 Radio mínimo de curvatura horizontal 33

2.4.3.2 Curvas simples 34

2.4.3.3 Relaciones de los elementos geométricos 35

2.4.3.4 Curvas circulares compuestas 37

2.4.3.5 Peralte 39

2.4.3.6 Transición del peralte 40

2.4.3.7 Sobreancho 41

2.4.4 Distancia de visibilidad 42

2.4.4.1 Visibilidad de parada 43

2.4.4.2 Distancia de visibilidad de adelantamiento 45

2.4.5 Alineamiento vertical 46

2.4.5.1 Pendientes 47

2.4.5.2 Gradiente 47

2.4.5.3 Curvas verticales 48

2.4.5.4 Curva vertical convexas 49

2.4.5.5 Curvas cóncavas 51

2.5 Pavimento 53

2.5.1 Tipos de pavimentos 54

2.5.1.1 Pavimentos flexibles 54

2.5.1.2 Pavimentos rígidos 55

2.5.1.3 Pavimentos semirrígidos 55

2.5.1.4 Pavimentos articulados 55

2.5.2 Procedimiento para diseñar pavimentos flexibles 56

2.5.2.1 Serviciabilidad 57

2.5.2.2 Factor Confiabilidad R 57

2.5.2.3 Factores de perdida o disminución de índice de serviciabilidad 58

2.5.2.4 Modulo resiliente de subrasante 59

2.5.2.5 Número estructural 60

2.5.2.5.1 Modulo resiliente de la capa asfáltica (a1) 60

2.5.2.5.2 Modulo de resiliencia de la capa base (a2) 62

2.5.2.5.3 Modulo de resiliencia de capa subase (a3) 62

2.6 Drenaje 63

2.6.1 Drenaje superficial 63

2.6.2 Drenaje subterráneo 64

2.6.3 Alcantarillado 64

2.7 Suelo de Fundación y Subrasante 66

2.7.1 Definición de suelo y roca 66

2.7.2 Etapas del estudio de los suelos 67

2.7.3 Trabajo de campo 68

2.7.4 Ensayos de laboratorio 69

2.7.4.1 ENSAYO CBR 71

2.8 Señalización 72

2.8.1 Señalización vertical 72

2.8.2 Señales regulatorias-R 73

2.8.2.1 Señales Preventivas (P): 78

2.8.2.2Señales de Información (I): 78

2.8.2.3Señales Especiales Delineadoras (D): 79

2.8.3 Señalización horizontal 79

2.8.3.1 Líneas de Separación de Flujos Contrarios 80

3. Metodología 82

3.1 Equipamiento y materiales utilizados. 82

3.1.1 Estación Total 82

3.1.2 Intercomunicadores 83

3.1.3 GPS 84

3.1.4 Flexómetro 84

3.1.5 Hitos 85

3.1.6 Ordenador 85

3.2 Recopilación de datos 86

3.2.1 Ubicación del proyecto 86

3.2.2 Determinación de TPDA 86

3.2.2.1 Ubicación de estaciones de conteo 86

3.2.2.2 Conteo de vehículos 87

3.2.2.3 Análisis de datos 88

4. CÁLCULOS 88

4.1 Conteo vehicular 88

4.1.1 Factor horario 89

4.1.2 Factor diario 90

4.1.3 Factor semanal 90

4.1.4 Factor mensual 91

4.2 Cálculo de TPDA 92

4.3 Proyecciones de tráfico 92

4.3.1 Clasificación de tipo de vía 95

4.4 Calculo de ESALs 95

4.5 Diseño de pavimento flexible 98

4.5.1 Datos iniciales 98

4.5.2 Determinación de parámetros de confiabilidad 99

4.5.3 Calculo de modulo resiliente y modulo de elasticidad 101

4.5.4 Calculo de módulos resilientes y coeficientes estructurales 102

4.5.5 Calculo de coeficientes de drenaje 104

4.6 Reporte de diseños 108

4.7 Diseño geométrico 113

4.7.1 Velocidad de diseño 113

4.7.2 Velocidad de circulación 113

4.7.3 Diseño horizontal 113

4.7.3.1 Peralte 113

4.7.3.2 Radio mínimo 113

4.7.3.3 Sobreancho 114

4.7.3.4 Distancia de parada, visibilidad y rebasamiento 115

4.7.4 Diseño vertical 116

4.7.4.1 Curvas verticales convexas 116

4.8 Evaluación de alcantarillas para paso de agua y atajeas 116

4.8.1 Renovación o implementación de puente 117

4.9 Presupuesto del Proyecto 120

5. Conclusiones 125

6. Recomendaciones 125

7. REFERENCIAS BILIOGRÁFICAS 128

8. ANEXOS 137

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Ubicación del proyecto 6

Ilustración 2. Área de Nabón 9

Ilustración 3. Curva simple 34

Ilustración 4. Curvas circulares compuestas 38

Ilustración 5. Peralte 40

Ilustración 6. Transición de peralte 41

Ilustración 7. Sobreancho 42

Ilustración 8. Distancia de visibilidad de adelantamiento 46

Ilustración 9: curva vertical 48

Ilustración 10: Curvas verticales convexas 50

Ilustración 11. Curvas verticales cóncavas 51

Ilustración 12: Determinación de coeficiente estructural 61

Ilustración. 13 Modulo de resiliencia de la capa base 62

Ilustración 14. Abaco de coeficiente estructural (a3) de Subbase granular 63

Ilustración 15. Canal circular 65

Ilustración 16. Señalización no entre (R2-7) 73

Ilustración 17. Señalización pare (R1-1) 74

Ilustración 18. Señalización no estacionarse ni a la derecha ni a la izquierda (R5-1c) 74

Ilustración 19. Señalización parada de autobuses (R5-6) 75

Ilustración 20. Señalización doble vía (R2-2) 75

Ilustración 21. Señalización ceda el paso (R1-2) 76

Ilustración 22. Velocidad máxima (R4-1) 76

Ilustración 23. Señalización reducir velocidad (R4-4) 77

Ilustración 24. Prohibido adelantar (R2-13) 77

Ilustración 25. Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta 80

Ilustración 26. Doble línea continua (línea de barrera) 81

Ilustración 27. Doble línea mixta: continua y segmentada 81

Ilustración 28. Estación Total 83

Ilustración 29. Estación Total 83

Ilustración 30. GPS 84

Ilustración 31. Flexómetro 85

Ilustración 32. Ubicación de la cámara y estaciones de conteo 87

Ilustración 33. Valores escogidos, parámetro de serviciabilidad 100

Ilustración 34. Valores escogidos, parámetro de serviciabilidad 100

Ilustración 35. modulo resiliente y módulo de elasticidad 0+500 101

Ilustración 36. modulo resiliente y módulo de elasticidad 1+500 101

Ilustración 37. modulo resiliente y módulo de elasticidad 2+500 102

Ilustración 38. Desarrollo de modulo resiliente y módulo de elasticidad 0+500 102

Ilustración 39. Desarrollo de modulo resiliente y módulo de elasticidad 1+500 103

Ilustración 40. Desarrollo de modulo resiliente y módulo de elasticidad 2+500 103

Ilustración 41. Parámetros de calidad de drenaje 104

Ilustración 42. Factores y porcentajes de calidad de drenaje 104

Ilustración 43. Desarrollo de valores de calidad de drenaje..... 106

Ilustración 44. Variación de Calidad..... 107

Ilustración 45. REPORTE 0+500 110

Ilustración 46. REPORTE 1+500 111

Ilustración 47. REPORTE 2+500 112

Ilustración 48. Coordenadas y referencia de Puente TIPO..... 117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado 25

Tabla 2. Clasificación de carreteras por jerarquía vial 26

Tabla 3. Clasificación de carreteras según el tráfico proyectado 30

Tabla 4. Velocidad de circulación 32

Tabla 5. Elementos de una curva simple 34

Tabla 6. Elementos curvas circulares compuestas 38

Tabla 7. Elementos del peralte 41

Tabla 8. Valores de las gradientes para longitudes máximas 47

Tabla 9: Curvas verticales convexas mínimas 50

Tabla 10. Curvas verticales cóncavas mínimas 53

Tabla 11. Índice de serviciabilidad 57

Tabla 12. Confiabilidad (R) 58

Tabla 13. Disminución del índice de Serviciabilidad 58

Tabla 14. Calificación del suelo en función de subrasante 71

Tabla 15. Formato de conteo vehicular 87

Tabla 16. Conteo total de vehículos en una semana 88

Tabla 17. Resumen de giros en un día 89

Tabla 18. Factor semanal 90

Tabla 19. Consumo de combustible provincia del Azuay año 2022 91

Tabla 20. Corrección de tráfico observado: 92

Tabla 21. Porcentaje de crecimiento vehicular en el Azuay 2023 93

Tabla 22. TPDA FUTURO 94

Tabla 23. Clasificación de Vías 95

Tabla 24. Factor carril de diseño 96

Tabla 25. Factor carril de diseño 97

Tabla 26. Datos iniciales 98

Tabla 27. Niveles de confiabilidad R según AASHTO 99

Tabla 28. Desviación estándar, Zr 99

Tabla 29: Sobreancho de las curvas horizontales 115

Tabla 30. Distancia de parada, visibilidad y rebasamiento 115

Tabla 31. Presupuesto 121

Tabla 32. Cronograma 122

Tabla 33. Cuadro polinómico 124

Tabla 34. Presupuesto de cuadrillla tipo 124

CAPÍTULO 1

RESUMEN

Una buena vialidad contribuye al desarrollo local, previniendo principalmente siniestros de tráfico, y beneficiando a múltiples comunidades conectadas por dicha infraestructura. El objetivo de este proyecto es diseñar la estructura y geometría de la carretera Cochapata – Morasloma, situada en el cantón Nabón, Provincia del Azuay.

Para la elaboración de este proyecto, se realizaron visitas clave para reconocer la vía. Esto incluyó la selección de puntos clave o también llamados "hitos" cuyos elementos nos proporciona la referencia estratégica de cada 500 metros de la totalidad de la vía, se realizaron los correspondientes levantamientos topográficos para evaluar el relieve del terreno, además se colocó una cámara en los primeros metros de la vía para realizar el TPDA, el cálculo de ESALs para el diseño estructural. Por otro lado, se realizaron ensayos Proctor para la recolección de información enfocado en la compactación del suelo, verificación de CBRs a través de un estudio del suelo, siguiendo normativas ecuatorianas como la MTOP para el diseño horizontal y vertical de la carretera, y la ASSHTO 93 para el diseño de pavimentos.En el resultado del diseño del pavimento una capa de asfalto de 8 cm de espesor, una base granular de 10 cm y una subbase granular de 7 cm. Finalmente, con los diseños obtenidos, se realizó el cálculo de cantidades de obra , resultando en un presupuesto de 648,685.7882.

Palabras Clave: APUS, Diseño, estructura, geometría, hidráulico, MTOP, Proctor, suelo.

ABSTRACT

A well-designed road contributes to local development, primarily preventing traffic accidents and benefiting multiple communities connected by such infrastructure. The objective of this project is to design the structure and geometry of the Cochapata – Morasloma road, located in the Nabón canton, Azuay Province. The aim is to provide a comprehensive project with studies and designs that enhance the existing road.

To properly structure the project, key site visits were conducted to survey the route. This included selecting key points, also known as 'milestones', providing strategic references every 500 meters along the entire road. Topographic surveys were carried out to assess the terrain relief. Additionally, a camera was installed in the initial meters of the road for TPDA analysis and ESALs calculation for structural design.

Furthermore, Proctor tests were performed to gather soil compaction information, and CBR verification was conducted through a soil study, following Ecuadorian standards such as MTOP for horizontal and vertical road design, and ASSHTO 93 for pavement design. Hydraulic design was also conducted, volumes were calculated, and APUs (Unit Price Analysis) were prepared, which were crucial in estimating the budget.

Keywords: APUS, Design, geometry, hydraulic, MTOP, Proctor, structure, soil.

INTRODUCCIÓN

La planificación y construcción de vías y carreteras juega un papel fundamental en la interconexión de comunidades, promoviendo la movilidad de vehículos y contribuyendo al progreso económico y social local. Cada vía debe diseñarse considerando sus características específicas para garantizar funcionalidad, seguridad y comodidad a los usuarios, así como minimizar costos de construcción y mantenimiento y mitigar impactos ambientales (Smith, 2020).

Desde una perspectiva funcional, las vías deben ser diseñadas para manejar volúmenes de tráfico adecuados, minimizar curvas peligrosas y optimizar las intersecciones para asegurar un flujo continuo de vehículos. La seguridad vial es otro aspecto crucial, donde el diseño debe incluir medidas como señalización clara, iluminación adecuada y barreras de protección para reducir accidentes y lesiones.

En el caso de la vía Cochapata – Morasloma, situada en el cantón Nabón, Provincia del Azuay, la vía no cuenta con un diseño adecuado, estando al nivel de lastre, señalización y un correcto sistema de descarga y evacuación de agua, por lo que es evidente el riesgo de catástrofes y siniestros, situación que se debe corregir urgentemente.

Desde una perspectiva económica, es esencial que la construcción y el mantenimiento de las vías sean eficientes en términos de costos, utilizando materiales duraderos y técnicas de construcción que minimicen los impactos ambientales y maximicen la vida útil de la infraestructura.

1 PROBLEMA DE ESTUDIO

1.1 Planteamiento del problema

La Provincia del Azuay, ubicada en la región montañosa de la Sierra ecuatoriana, enfrenta desafíos significativos en términos de conectividad y transporte debido a su topografía accidentada. La vía Cochapata – Morasloma, que abarca desde la abscisa 0+000 hasta la abscisa 3+000 km, es esencial para la conexión entre comunidades y el acceso a servicios básicos, lo cual afecta directamente la calidad de vida de sus habitantes.

Actualmente, la infraestructura vial en esta área es deficiente, lo que impide un desarrollo económico óptimo, restringe el acceso a mercados locales y regionales, y limita la capacidad de respuesta ante desastres naturales. A pesar de las inversiones realizadas en otras partes de la provincia, la vía Cochapata – Morasloma sigue presentando problemas críticos que necesitan ser abordados.

La falta de una vía en buenas condiciones dificulta el transporte de productos agrícolas, artesanías y bienes manufacturados, afecta la seguridad vial y reduce las oportunidades económicas, especialmente en el sector turístico, al dificultar el acceso a los destinos turísticos de la región. Además, una infraestructura vial inadecuada aumenta la vulnerabilidad de las comunidades ante eventos naturales adversos.

1.2 Antecedentes

La necesidad de una vía completa, segura y productiva en el Azuay y todo el Ecuador se puede desglosar en estos puntos indispensables.

- Conexión entre comunidades: Las vías de comunicación permiten la conexión entre comunidades dispersas en el territorio montañoso de Azuay, facilitando la interacción social,

el intercambio cultural y el apoyo mutuo entre los habitantes de la provincia. (Secretaría Nacional de planificación, 2024).

- Acceso a servicios básicos: Las vías de comunicación son fundamentales para garantizar el acceso a servicios básicos como salud y educación. Permiten el transporte de personal médico, suministros médicos y equipos educativos a áreas remotas, mejorando así la calidad de vida de la población (Secretaría Nacional de planificación, 2024).
- Desarrollo económico: Las vías de comunicación promueven el desarrollo económico al facilitar el transporte de productos agrícolas, artesanías y bienes manufacturados hacia los mercados locales y regionales. Además, al conectar la provincia con centros urbanos y puertos de exportación, fomentan el comercio y la inversión extranjera, generando ingresos y empleo para la población local. (MTOP, 2003).
- Turismo: Azuay cuenta con una riqueza natural y cultural que atrae a turistas nacionales e internacionales. Las vías de comunicación son necesarias para facilitar el acceso a destinos turísticos, promoviendo así el desarrollo del turismo sostenible y generando oportunidades económicas para las comunidades locales (Vive Ecuador, 2004).
- Resiliencia ante desastres naturales: En una región propensa a desastres naturales como terremotos e inundaciones, las vías de comunicación son fundamentales para facilitar la respuesta y la reconstrucción en caso de emergencia. Además, infraestructuras viales adecuadas pueden contribuir a reducir el riesgo y la vulnerabilidad de las comunidades ante estos eventos (Secretaría de gestión de riesgos, 2018).

En el Azuay se encuentra diversos trabajos, proyectos, construcciones y renovaciones

relacionadas directamente con el tema vial, el estar en una región montañosa como es la sierra, en el cual se exige un trabajo distinto a la mayoría de las obras referentes a otras regiones del país, en el siguiente apartado se demuestra ejemplos claros del Azuay, así como sus similitudes y diferencias (Secretaría Nacional de planificación, 2024).

1.2.1 Ubicación del Proyecto

El proyecto se encuentra ubicado en la vía Cochapata – Morasloma, perteneciente al cantón Nabón, provincia del Azuay, aproximadamente a 66 km de la ciudad de Cuenca. El cantón Nabón cuenta con una parroquia urbana (Nabón) y cuatro parroquias rurales (El Progreso, Las Nieves, Cochapata y Sagrario). Limita al norte con los cantones Cuenca y Girón, al este con el cantón Oña, al oeste con el cantón Girón y al sur con los cantones Oña y Santa Isabel, representando el 5.7% del territorio de la provincia del Azuay (PDOT Nabón, 2022).

Ilustración 1: Ubicación del proyecto

Fuente: Elaboración Propia

1.2.2 Población

La población de la parroquia Nabón, según el último censo de población y vivienda del INEC (2022), es de 11,586 habitantes en total. La distribución de la población es de 5,736

hombres (49.5%) y 5,850 mujeres (50.5%). Nabón se caracteriza por una distribución demográfica predominantemente rural. De la población total, aproximadamente el 75% reside en áreas rurales y el 25% en áreas urbanas. Alrededor de 8,689 personas viven en zonas rurales y aproximadamente 2,897 personas en zonas urbanas (INEC, 2022).

1.2.3 Economía

En el cantón Nabón, el sector primario de la economía se basa en la agricultura y ganadería, abarcando el 52.3% de la población total, debido a que estas actividades ocupan la mayor cantidad de mano de obra. La economía agrícola es variada, con cultivos de maíz, papas, y otros productos de la región andina, mientras que la ganadería incluye principalmente la crianza de bovinos y porcinos (PDOT Nabón, 2022).

El sector secundario de la economía, que representa el 30.7% de la población activa, se concentra en la construcción y la manufactura. La construcción, en particular, ha crecido significativamente debido a las remesas enviadas por migrantes, permitiendo la construcción de viviendas y otras infraestructuras. La manufactura incluye actividades como la producción de textiles y artículos artesanales, los cuales son importantes para la economía local (PDOT Nabón, 2022).

El sector terciario de la economía, que incluye el comercio al por mayor y menor, representa el 17% de la población activa. En este sector se identifican alrededor de 120 emprendimientos productivos, comerciales, artesanales y de servicios. Estos emprendimientos abarcan desde tiendas de comestibles hasta pequeños talleres artesanales, contribuyendo a la diversificación y dinamización de la economía local (PDOT Nabón,

2022).

1.2.4 Educación

En Cochapata – Morasloma, perteneciente al cantón Nabón, Provincia del Azuay, los establecimientos educativos atienden a una diversidad de estudiantes:

- Educación inicial: 11 establecimientos, con aproximadamente 330 estudiantes.
- Educación básica: 19 establecimientos, con alrededor de 1,520 estudiantes.
- Educación básica superior: 19 establecimientos, con aproximadamente 1,520 estudiantes.
- Bachillerato: 8 establecimientos, con cerca de 640 estudiantes.
- Educación superior: 1 institución, con unos 282 estudiantes.

Estos números representan la distribución de estudiantes en cada nivel educativo en el cantón Nabón (PDOT Nabón, 2022).

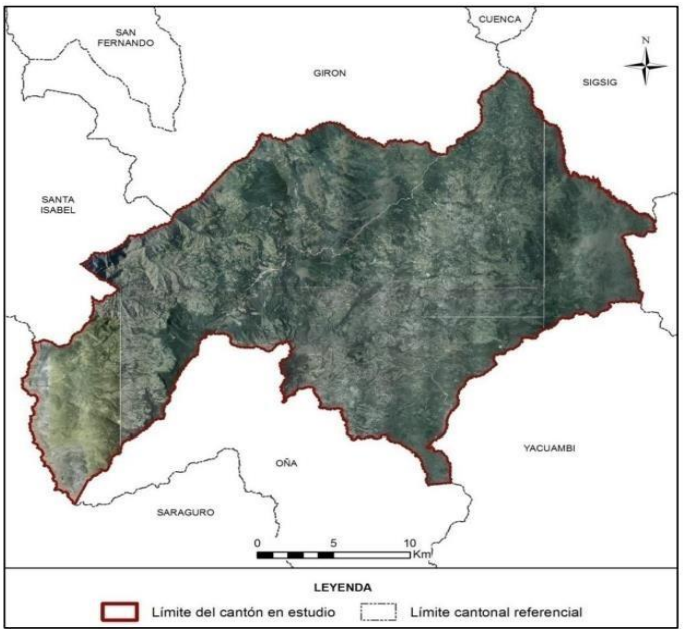
1.2.5 Estudio del área

"Nabón es un cantón de la provincia del Azuay, Ecuador, con una extensión territorial de 668,2 km², ubicado al sudeste de la provincia" (PDOT Nabón, 2022).

Una de las características geográficas más destacadas de Nabón es la dispersión de su territorio, lo que dificulta el acceso fácil a las diversas comunidades y complica la comunicación entre ellas. Esta dispersión geográfica también afecta la infraestructura vial, con muchas redes viales actuales siendo de lastre o tierra y susceptibles a las variaciones climáticas locales. En Vía Cochapata – Morasloma, situada dentro del cantón Nabón, se está planificando desarrollar una nueva vía en una zona rural específica (PDOT Nabón, 2022).

Esta área enfrenta desafíos similares debido a su ubicación geográfica dispersa y las condiciones climáticas variables. Nabón experimenta dos estaciones bien definidas: el invierno, que va de enero a mayo, y el verano, que se extiende de junio a diciembre. El proyecto tiene como objetivo principal crear una vía resistente a las condiciones climáticas cambiantes, asegurando un tránsito seguro y accesible durante todo el año en Vía Cochapata – Morasloma. Esto no solo mejorará la conectividad local, sino que también promoverá un desarrollo más equitativo y sostenible en esta zona rural del cantón Nabón (PDOT Nabón, 2022).

Ilustración 2. Área de Nabón



Fuente: SIGTIERRAS, 2010.

1.3 Justificación

Ecuador se enfrenta a una alarmante situación de seguridad vial, ubicándose como el tercer país con las tasas más altas de siniestralidad en vías en América Latina. Según datos de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT), cada cuatro horas ocurre un fallecimiento debido a siniestros viales, con un significativo número de heridos y víctimas mortales registradas anualmente.

"Esta realidad no solo impacta negativamente en la calidad de vida de los ecuatorianos, sino que también representa un obstáculo para el desarrollo socioeconómico del país" (El Universo, 2024).

En el contexto específico de Vía Cochapata – Morasloma, situada en el cantón Nabón, la infraestructura vial actual, predominantemente de lastre o tierra, contribuye a las condiciones inseguras de tránsito. Esta vía rural conecta comunidades agrícolas y ganaderas vitales para la economía local, pero enfrenta desafíos significativos debido a su diseño geométrico y pavimento inadecuado. El presente estudio se centra en la mejora del diseño geométrico y estructural de Vía Cochapata – Morasloma, conforme a las normativas vigentes del Ecuador (MTOP 2003).

Se espera que esta intervención no solo mejore la seguridad vial y reduzca la incidencia de siniestros, sino que también optimice la conectividad entre áreas urbanas y rurales dentro del cantón Nabón. Esto podría resultar en una disminución considerable de los accidentes causados por factores como el exceso de velocidad, la falta de señalización adecuada y el

manejo distraído, como el uso de dispositivos móviles durante la conducción. Además, el proyecto busca fortalecer la integración económica y social entre Nabón y sus cantones vecinos, creando un entorno más seguro y propicio para el desarrollo sostenible de la región. Mediante la implementación de estas mejoras viales, se aspira a mitigar los impactos negativos de la siniestralidad vial, promoviendo así un entorno más seguro y próspero para todos los habitantes de Vía Cochapata – Morasloma y sus alrededores. En base a estos datos, se establece una base sólida para investigar cómo la mejora de la infraestructura vial puede contribuir significativamente a la reducción de accidentes y mejorar la calidad de vida en comunidades rurales como Vía Cochapata – Morasloma, dentro del contexto específico del cantón Nabón en la Provincia del Azuay.

1.4 Objetivo General

- Realizar el Diseño Geométrico y Estructural de Pavimento de la Vía Cochapata – Morasloma de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 3+000 km, perteneciente al cantón Nabón, Provincia del Azuay.

1.5 Objetivos Específicos

- Establecer las condiciones iniciales para el Diseño Geométrico y Estructural de Pavimento de la Vía Cochapata – Morasloma de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 3+000 km, perteneciente al cantón Nabón, Provincia del Azuay.
- Definir parámetros para el Diseño Geométrico y Estructural de Pavimento de la Vía Cochapata – Morasloma de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 3+000 km, perteneciente al cantón Nabón, Provincia del Azuay.

1.6 Estado del Arte

Las redes viales y la infraestructura de transporte desempeñan roles cada vez más cruciales en la configuración de estructuras territoriales y modelos de desarrollo futuro. Su influencia es fundamental, ya que no solo facilitan la conectividad entre diversas regiones y poblaciones, sino que también actúan como catalizadores de transformaciones profundas en la organización territorial.

"La calidad, extensión y eficiencia de estas infraestructuras no solo determinan la accesibilidad y la integración económica y social, sino que también son determinantes para la capacidad de las áreas geográficas de desarrollarse de manera sostenible y equitativa" (Patiño y Salazar, 2016)

La configuración del terreno es el segundo factor crucial que influye en el diseño geométrico de las carreteras. En áreas planas, la construcción sigue de manera directa las normativas establecidas. Sin embargo, conforme aumenta la complejidad del relieve y las pendientes, los costos de construcción se incrementan, especialmente al mantener una velocidad de diseño específica. Por consiguiente, las normas geométricas deben adaptarse según las características del terreno, lo que implica ajustar las pendientes más pronunciadas y las curvas más cerradas para mantener controlados el costo y el tiempo de construcción (Hernangu, 2022).

El tráfico vehicular, un componente fundamental en la planificación de infraestructuras viales, abarca el movimiento y la interacción de vehículos en diversas vías. Este aspecto examina cómo los vehículos se desplazan y operan en calles, carreteras y autopistas,

considerando variables como la velocidad, densidad y composición del flujo vehicular. El estudio del tráfico implica la anticipación de patrones de desplazamiento, la identificación de puntos críticos de congestión y el diseño de medidas que mejoren la seguridad, eficiencia y capacidad de las vías, asegurando así un sistema de transporte efectivo y sustentable (Correa, 2024).

La geotecnia vial se centra en resolver los retos específicos relacionados con el suelo y las rocas en la infraestructura de carreteras. Este campo es crucial para evaluar cómo el suelo y las rocas sostienen y afectan estructuras como puentes, pavimentos, túneles y taludes. Ingenieros geotécnicos utilizan técnicas avanzadas para estudiar la resistencia, compresibilidad y estabilidad del suelo, asegurando que las carreteras sean seguras y duraderas en diversas condiciones geológicas y topográficas (Vargas, 2010).

El diseño del sistema de drenaje y subdrenaje en las carreteras debe ser meticuloso para gestionar eficazmente las aguas superficiales, longitudinales y transversales, así como las infiltraciones. Estas medidas son críticas para preservar la estabilidad de las estructuras viales, las cuales siempre están asentadas en terrenos y suelos naturales. Es fundamental delimitar adecuadamente la cuenca hidrográfica que afectará al tipo de carretera estudiada, asegurando que los análisis de precipitación pluviométrica conduzcan a conclusiones precisas sobre los caudales acumulados (Ortiz, 1991).

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Topografía

La topografía es el evento principal de la construcción o renovación de cualquier tipo de proyecto, esto debido a la diversidad de localidades de un país o ciudad, esto varía según el tipo de región. Al tratar un proyecto geométrico vial se reconoce las características topográficas del terreno: llano, ondulado y montañoso (UTW, 2015).

Llano: En el trazado del camino no gobiernan las pendientes.

Ondulada: Las pendientes del terreno son identificables, con las pendientes de longitud que se dan el trazado.

Montaña: "Las pendientes del proyecto son las gobernantes del trazado" (MTOP,2003).

Reconocimientos: cuando se ha culminado el proceso topográfico, se necesita de un reconocimiento de terreno, esto para determinar correcta y completamente problemáticas del terreno.

Aéreo: Es el mejor de entre todos los métodos, esto debido al gran abarcamiento de terreno desde la altura, obteniendo mayor detalle en el campo, esto trabajando con documentos cartográficos y fotográficos en el gabinete (UTW, 2015).

Terrestre: Este es utilizado mayormente cuando no es posible realizar el aéreo, siendo menos productivo que el anterior, debido a la reducción de terreno, además de dificultades de estudio, debido a conceptos geológicos, donde el tiempo y cantidad de trabajo se expande notablemente (UTW, 2015).

Combinado: Este se realiza cuando se necesita de complementos en el estudio, como por ejemplo cuando un terreno ha sido estudiado de manera aérea y existe una zona donde no es posible el reconocimiento aéreo, por lo que se accede a continuar el trabajo de manera terrestre o viceversa, se complementan entre sí; documentos cartográficos, documentos geotécnicos y geológicos (MTOP,2003).

2.2 Tráfico

Una vía o carretera, además de ser diseñado en base a conceptos geométricos, es fundamental realizar su diseño en apoyo a estudios de tráfico, con el objetivo de analizarlo con la capacidad o con el volumen máximo de vehículos (población) que la carretera puede mantener. El tráfico se estudia con objetivos de proyección, donde el inicio es la población presente, y su desarrollo la expansión, como posibles problemáticas y poblaciones futuras, variaciones en el proyecto y las situaciones extremas previsibles (MTOP,2003).

2.2.1 Tráfico promedio anual (TPDA)

El Tráfico Promedio Anual (TPDA) representa la cantidad total de vehículos que pasan por una carretera en un año completo, calculado dividiendo el tráfico anual entre los 365 días del año. Este dato es fundamental para la planificación, diseño y mantenimiento de infraestructuras viales, ya que proporciona información vital sobre la carga y la capacidad de las vías. Según el Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Ecuador (MTOP, 2003), el TPDA se calcula mediante estudios de tráfico que incluyen conteos vehiculares realizados a lo largo de un período representativo. Estos estudios no solo determinan el volumen de tráfico actual, sino que también proyectan tendencias futuras basadas en factores como el

crecimiento urbano, cambios demográficos y desarrollo económico.

Es necesario medir el flujo de vehículos en ambos sentidos de la carretera, o en caso de vías de un solo sentido, se cuenta solo en esa dirección. El Tráfico Promedio Anual (TPDA) se calcula inicialmente semanalmente, con muestras tomadas las 24 horas del día durante al menos 4 días, incluyendo fines de semana. Estos datos se ajustan luego para obtener el flujo mensual promedio (Rey, 2016).

El Tráfico Promedio Anual es un parámetro esencial en la gestión de infraestructuras viales, proporcionando datos cruciales para la toma de decisiones en la planificación y desarrollo del transporte terrestre (MTOP, 2003).

2.2.2 Tránsito actual

Se refiere al volumen de tráfico actualmente presente en una carretera, determinado mediante el conteo de vehículos que circulan por ella antes de cualquier mejora vial.

2.2.3 Tránsito futuro

La previsión del tráfico se fundamenta en el estado actual del tráfico y se emplea para anticipar el volumen y la composición del tráfico futuro. Estas predicciones son esenciales para clasificar las carreteras y establecer la velocidad de diseño, así como otras características geométricas del proyecto. El análisis del tráfico futuro también señala cuándo es necesario mejorar la superficie de rodadura de una vía o aumentar su capacidad. Tránsito Futuro se refiere a la proyección del volumen y la composición del tráfico en una vía en el futuro. Esta proyección se basa en el análisis de datos actuales y tendencias para anticipar cuántos vehículos y de qué tipo utilizarán la carretera en los próximos años. La información sobre el

tránsito futuro es crucial para planificar adecuadamente el diseño, mantenimiento y mejoras de la infraestructura vial, asegurando que las carreteras puedan manejar la demanda de tráfico esperada y mantener un flujo eficiente y seguro (MTOP,2003).

El aumento del tráfico (IT) es la cantidad de tráfico que se prevé utilizará la nueva carretera en el año futuro determinado para el proyecto. Se determinan varios factores, en este caso, este aumento incluye el crecimiento natural del tráfico (CNT), el tráfico generado (TG) y el tráfico inducido (TD) (Navarro, 2008).

La tasa de motorización (Tm) tiende a incrementarse con el crecimiento de la población, lo que indica que a medida que aumenta la población, también lo hace el número de vehículos en circulación. Sin embargo, la velocidad a la que se motorizan las personas permanece constante, sin variaciones significativas. Al aumentar la tasa de saturación (Ts), se logra un mejor ajuste en la ecuación que describe esta relación (MTOP, 2003):

$$Tm = \frac{Ts}{1 + e^{a+bt}}$$

Donde:

Tm= Tasa de motorización para un año k (vehículos/1000 habitantes)

Ts= Tasa de saturación (vehículos/1000 habitantes)

e= Base del logaritmo natural

t= Tiempo

Ejemplificación de ecuación en línea directa:

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

Dado que Ts es constante y los valores de Tm se recopilan anualmente, la ecuación generalmente forma una línea recta. Por esta razón, se puede emplear una regresión lineal para determinar (a) como el intercepto y (b) como la pendiente (MTOP, 2003).

$$Y = a + bt$$

$$Y = 2.539 - 0.094t$$

Podremos estimar la tasa de crecimiento del tráfico vehicular esperada para los próximos cinco años utilizando la siguiente ecuación. Esta fórmula nos permite proyectar cómo aumentará el volumen de tráfico en un período de cinco años, considerando el tráfico actual y la tasa de crecimiento anual. Con esta ecuación, podemos calcular el incremento en la cantidad de vehículos que se espera circulen en la vía en ese futuro cercano, lo que es esencial para planificar adecuadamente mejoras y expansiones en la infraestructura vial (MTOP, 2003).

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

Donde:

TF= Tráfico Futuro para el año n+5

TA= Tráfico Actual para el año n

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

i= Tasa de crecimiento para los 5 años

2.2.4 Variaciones del tráfico

Las variaciones de tráfico son factores que ayudan a establecer la relación entre los datos de tráfico obtenidos en el presente y los datos históricos. Estos factores permiten determinar el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) del año en que se realiza el estudio (MTOP, 2003).

Los factores incluyen los siguientes:

2.2.4.1 Factor horario-FH

Este factor convierte el volumen de tráfico registrado durante un cierto número de horas en un Volumen Diario Promedio (MTOP, 2003).

2.2.4.2 Factor diario-FD

Este factor transforma el Volumen Diario Promedio en un Volumen Semanal Promedio (MTOP, 2003).

2.2.4.3 Factor semanal-FS

Este factor convierte el Volumen Semanal Promedio de tráfico en un Volumen Mensual Promedio (MTOP, 2003).

2.2.4.4 Factor mensual-FM

Este factor transforma el Volumen Mensual Promedio de tráfico en el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) (MTOP, 2003).

2.2.5 TPDA

La ecuación para calcular el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) según el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP, 2003).

$$TPDA = T^0 * FH * FD * FS * FM$$

Donde:

$T0$ = Tráfico observado

FH= Factor Horario

FD= Factor Diario

FS= Factor Semanal

FM= Factor Mensual

2.2.6 Tráfico proyectado

El tráfico estimado se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$TPDA(proyectado) = TPDA * (1 + r)^t$$

2.2.7 Volúmen de tránsito

Para estudiar el volumen de tráfico, es esencial considerar varios conceptos fundamentales. El TPDA, o Tráfico Promedio Diario Anual, representa la cantidad promedio de tráfico que utiliza una vía en un año, dividido por 365 días. Este valor proporciona una medida estándar del uso habitual de la vía a lo largo del tiempo.

El volumen de hora pico se refiere al máximo volumen de tráfico que circula por una vía durante la hora del día con la mayor intensidad de tráfico. Este dato es crucial para entender los momentos de mayor demanda y planificar adecuadamente las capacidades de la vía (NEVI-12-MTOP, 2013).

El Volumen Horario de Diseño (VHD) es el volumen de tráfico que se utiliza como referencia para el diseño de la vía. Se emplea para comparar con la capacidad estimada de la vía en estudio, asegurando que pueda manejar la demanda esperada sin congestión excesiva.

La proyección de tránsito implica diseñar o mejorar una carretera basándose en las proyecciones de tráfico futuro. Esto incluye anticipar cuántos vehículos podrían utilizar la vía en el futuro, ya sea una nueva construcción o una vía existente que requiera mejoras. Esta proyección es fundamental para garantizar que la infraestructura vial sea capaz de manejar el aumento esperado en el volumen de tráfico de manera eficiente y segura (NEVI-12-MTOP, 2013).

2.2.8 Tránsito producido

La mejora de una vía puede generar un aumento en los viajes realizados por diversos vehículos de transporte público. Este incremento se divide en tres categorías:

Nuevos viajes:

"Son aquellos desplazamientos que no se habrían realizado en absoluto antes de la mejora de la vía" (NEVI-12-MTOP, 2013).

Viajes que se realizaban en transporte público:

"Incluyen los viajes que anteriormente se hacían utilizando transporte público, pero que ahora se realizan de manera más conveniente gracias a las mejoras viales" (NEVI-12-MTOP, 2013).

Redistribución de viajes: Se refiere a los viajes que anteriormente se realizaban hacia otros destinos, pero que ahora se redirigen hacia la nueva vía debido a su mayor comodidad y accesibilidad. Este cambio no se debe a una modificación en el uso del terreno, sino a la mejora de la infraestructura vial (NEVI-12-MTOP, 2013).

Estos cambios en los patrones de viaje son importantes para evaluar el impacto completo

de las mejoras viales, asegurando que se consideren todas las formas en que la comunidad se beneficia y utiliza la infraestructura mejorada.

2.2.9 Transito por desarrollo

El pronóstico del tráfico futuro se basa en la expansión potencial de áreas para desarrollo o en el aumento de la actividad productiva agrícola influenciada por la construcción de nuevas vías. Este tipo de tráfico tiende a aumentar gradualmente durante el periodo de estudio. Para calcular el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), se utilizan datos de recuentos de tráfico y análisis detallados de movimientos de origen y destino. Es esencial evitar basar las proyecciones de tráfico únicamente en patrones históricos, ya que cambios abruptos en las condiciones pueden alterar significativamente estas estimaciones. Por lo tanto, se recomienda realizar previsiones considerando planes de desarrollo regional y proyecciones económicas específicas para las áreas impactadas (MTOP, 2003).

El tráfico inducido representa los desplazamientos que no se realizarían en las zonas cercanas a una vía mejorada si no fuera por dicha mejora. Este tipo de tráfico se manifiesta años después de la modernización vial, a diferencia del tráfico generado directamente por la infraestructura. El estudio del desarrollo regional puede ser corroborado mediante la interpretación de mapas que muestran los usos actuales del suelo y posibles transformaciones futuras. Este análisis permite estimar de manera razonable el número de viajes y la distribución de destinos y orígenes diversos (MTOP, 2003).

2.2.10 Determinación de cantidad de ejes equivalentes

Una vez determinado el volumen de vehículos que se espera que transiten por el carril

diseñado durante su vida útil, se procede a realizar una conversión esencial: transformar los vehículos pesados en equivalentes de ejes simples de 8,2 toneladas (ESALs), siguiendo las directrices del método AASHTO 93 (RE-20-EIS-MTOP,2012).

Este método establece una fórmula específica para calcular los ESALs, que se expresa de la siguiente manera:

$$LEF = \frac{Número\ de\ ESALs\ de\ 80KN\ que\ producen\ una\ pérdida\ de\ servicialidad}{Número\ de\ ejes\ de\ x\ KN\ que\ producen\ la\ misma\ pérdida\ de\ servicialidad}$$

El propósito principal de esta conversión es evaluar el impacto acumulado del tráfico pesado en la pavimentación de la carretera. Los ESALs permiten estandarizar y comparar los efectos de carga de diferentes tipos de vehículos sobre la infraestructura vial, facilitando así el diseño de carreteras que puedan soportar estas cargas de manera duradera y segura.

Para calcular el número de ejes equivalentes se emplea la siguiente fórmula:

$$N = To * FDT * LEFt * FCT * FRS * 365$$

Dónde:

To = Tráfico inicial

FDT = Factor de distribución de tráfico por carril

LEFt = Factor de equivalencia de carga total

FRS = coeficiente de reparto por sentido.

Esta fórmula se utiliza para calcular el número de ejes equivalentes que transitarán a lo largo de un año. En el apéndice A del documento se incluyen los cálculos detallados del número de ejes equivalentes para las tres estaciones de conteo de tráfico.

“Así también tenemos la siguiente fórmula, la cual se emplea para determinar los parámetros de tráfico W18 en los carriles diseñados” (AASHTO 1993).

$$W18 = DD * DL * W18$$

Donde:

W18= Es el Tránsito acumulado en los primeros años, en ejes equivalentes sencillos de 8.2 Ton, en el carril de diseño

DD= Factores de distribuciones direccionales

W18= Ejes equivalentes acumulados en ambas direcciones

DL= Factor de distribución por carril, cuando se tenga dos o más carriles por sentido

2.3 Carreteras

Las vías terrestres constituyen una necesidad social, ya que representan uno de los patrimonios más valiosos con el que cuenta cualquier país. La magnitud y calidad de la infraestructura vial representa parte del grado de desarrollo de este, por lo que se reconoce que, en el caso de las carreteras, se deben considerar una variedad de características que resulta difícil un pronunciamiento absoluto. Una carretera se considera una vía transitable para vehículos automotrices de dominio público, construida principalmente para la circulación de estos. Ésta, contiene aspectos generales como su clasificación, su estructura y sus especificaciones geométricas (Montaño De León, Zúñiga De León, Rodríguez, 2015).

Es una infraestructura lineal diseñada y construida para facilitar el transporte terrestre de personas y mercancías entre diferentes lugares. Generalmente pavimentada y organizada

según normas específicas de diseño, las carreteras pueden variar en tamaño y capacidad, desde pequeñas vías locales hasta autopistas de múltiples carriles. Su propósito es proporcionar una vía segura y eficiente para el tránsito vehicular, mejorando la conectividad y facilitando el movimiento económico y social en una región o país (Montaño De León, Zúñiga De León, Rodríguez, 2015).

2.3.1 Tipos de carreteras según TPDA

Las carreteras se clasifican según su importancia, evaluada por factores como el volumen de tráfico y el número de carriles necesarios para cumplir con su función. Esta clasificación ayuda a organizar y gestionar eficientemente el tráfico, asegurando que las vías principales estén diseñadas para manejar grandes flujos de vehículos y conectar áreas clave, mientras que las carreteras locales y secundarias sirven para conectar comunidades más pequeñas y áreas rurales de manera efectiva.

Tabla 1. Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado

CLASIFICACION DE CARRETERAS EN FUNCION DEL TRAFICO PROYECTADO

Clase de Carretera	Tráfico Proyectado TPDA *
R-I o R-II	Más de 8.000
I	De 3.000 a 8.000
II	De 1.000 a 3.000
III	De 300 a 1.000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

* El TPDA indicado es el volumen de tráfico promedio diario anual proyectado a 15 o 20 años. Cuando el pronóstico de tráfico para el año 10 sobrepasa los 7.000 vehículos debe investigarse la posibilidad de construir una autopista. Para la determinación de la capacidad de una carretera, cuando se efectúa el diseño definitivo, debe usarse tráfico en vehículos equivalentes.

Fuente: Cuadro III-1 MTOP,2003.

2.3.2 Clasificación de carreteras por jerarquía vial

Durante el desarrollo del diseño de una carretera, es crucial verificar ciertas características específicas que varían según la clasificación de la vía, determinada por la relación entre el flujo de vehículos y el número de carriles necesarios. El diseño de la carretera se adapta progresivamente conforme a su jerarquía y a medida que aumenta el tráfico (MTOP, 2003).

Tabla 2. Clasificación de carreteras por jerarquía vial

FUNCIÓN	TIPO DE CARRETERA	TPDA OBTENIDO
CORREDOR	RI-RIII	>8 000
ARTERIAL	I	3 000-8 000
COLECTORA	II	300-1 000
	III	100-300
VECINAL	IV	100-300
	V	<100

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

2.3.2.1 Carreteras de primer orden

Las vías de primer orden son aquellas destinadas a integrar las principales áreas de producción y consumo del país, así como a conectarlo con otros países. Estas carreteras también deben proporcionar acceso a puertos y aeropuertos de nivel nacional e internacional. Su construcción o mejora se realiza mediante compromisos gubernamentales a través de acuerdos internacionales. Se consideran vías de primer orden aquellas con un volumen de tráfico igual o superior a 700 vehículos diarios, ya sea en doble calzada o en una calzada única con un ancho mínimo de 7.30 metros. Además, estas vías sirven a poblaciones equiparables en tamaño a las capitales departamentales o a localidades fronterizas y/o

puertos. Las especificaciones geométricas deben cumplir con los estándares establecidos para carreteras primarias según el Manual de Diseño Geométrico de 2008 de INVIAS u otras normativas vigentes (MTOP, 2003).

2.3.2.2 Carreteras de segundo orden

Las vías de primer orden son aquellas destinadas a integrar las principales áreas de producción y consumo del país, así como a conectarlo con otros países. Estas carreteras también deben proporcionar acceso a puertos y aeropuertos de nivel nacional e internacional. Su construcción o mejora se realiza mediante compromisos gubernamentales a través de acuerdos internacionales. Se consideran vías de primer orden aquellas con un volumen de tráfico igual o superior a 700 vehículos diarios, ya sea en doble calzada o en una calzada única con un ancho mínimo de 7.30 metros. Además, estas vías sirven a poblaciones equiparables en tamaño a las capitales departamentales o a localidades fronterizas y/o puertos. Las especificaciones geométricas deben cumplir con los estándares establecidos para carreteras primarias según el Manual de Diseño Geométrico de 2008 de INVIAS u otras normativas vigentes (MTOP, 2003).

2.3.2.3 Carreteras de tercer orden

Las vías de tercer orden, de carácter nacional, son aquellas diseñadas para facilitar la comunicación entre dos o más veredas de un municipio o para conectar con una vía de segundo orden. Estas carreteras tienen un volumen de tráfico inferior a 150 vehículos por día. Están construidas con una calzada sencilla que tiene un ancho menor o igual a seis metros. Además, estas vías sirven a poblaciones cuya cabecera municipal tiene menos de

15.000 habitantes. (MTOP, 2003).

Las especificaciones geométricas de estas carreteras se ajustan a los criterios establecidos para vías terciarias en el Manual de Diseño Geométrico de 2008 de INVIAS, o en cualquier normativa vigente que lo reemplace. Estas características aseguran que las vías de tercer orden cumplan con su propósito de mejorar la accesibilidad y conectividad en áreas rurales y menos pobladas, proporcionando una infraestructura adecuada y segura para los usuarios locales.

2.3.3 Clasificación de carreteras según su tipo de terreno

Terreno plano

En este tipo de terreno, las pendientes transversales al eje de la vía son menores a cinco grados (5°). La construcción en estas áreas requiere un movimiento mínimo de tierra, facilitando el trazado y la explanación sin mayores complicaciones. Las pendientes longitudinales suelen ser menores al tres por ciento (3%).

Carreteras en terrenos planos combinan alineaciones horizontales y verticales que permiten a los vehículos pesados mantener velocidades similares a las de los vehículos livianos (INVIAS, 2009).

Terreno ondulado

Aquí, las pendientes transversales al eje de la vía oscilan entre seis y trece grados (6° - 13°). La construcción implica un movimiento moderado de tierras, permitiendo alineaciones relativamente rectas sin grandes dificultades en el trazado y la explanación. Las pendientes longitudinales varían entre tres y seis por ciento (3% - 6%).

En carreteras de terreno ondulado, la combinación de alineaciones horizontales y verticales hace que los vehículos pesados reduzcan su velocidad notablemente en comparación con los vehículos livianos, aunque no hasta el punto de operar a velocidades sostenidas en rampas durante períodos prolongados. (INVIAS, 2009).

Terreno montañoso

Las pendientes transversales al eje de la vía en terrenos montañosos varían entre trece y cuarenta grados (13° - 40°). La construcción en estas áreas generalmente requiere un movimiento significativo de tierra, presentando dificultades tanto en el trazado como en la explanación. Las pendientes longitudinales predominantes están entre seis y ocho por ciento (6% - 8%).

En este tipo de carreteras, la combinación de alineaciones horizontales y verticales obliga a los vehículos pesados a mantener velocidades sostenidas en rampas durante distancias considerables y con frecuencia (INVIAS, 2009).

Terreno escarpado

Terrenos escarpados tienen pendientes transversales al eje de la vía generalmente superiores a cuarenta grados (40°). La construcción en estas áreas demanda el máximo movimiento de tierras, lo que acarrea grandes dificultades en el trazado y la explanación. Las pendientes longitudinales son generalmente superiores a ocho por ciento (8%).

En carreteras construidas en terrenos escarpados, la combinación de alineaciones horizontales y verticales obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en rampas en comparación con terrenos montañosos, sobre distancias

significativas y de manera frecuente (INVIAS, 2009).

2.3.4 Clasificación de carreteras según el tráfico proyectado

Tabla 3. Clasificación de carreteras según el tráfico proyectado

CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS EN FUNCIÓN DEL TRÁFICO PROYECTADO	
CLASE DE CARRETERA	**TRÁFICO PROYECTADO TPDA**
R-I o R-II	Más de 8 000
I	De 3 000 a 8 000
II	De 1 000 a 3 000
III	De 300 a 1 000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

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

2.4 Diseño Geométrico

2.4.1 Velocidad de diseño

Velocidad de diseño: El concepto de velocidad de diseño se refiere a la velocidad máxima segura para que los vehículos circulen en un camino bajo condiciones atmosféricas y de tráfico favorables. Esta velocidad se determina considerando factores físicos, topográficos, volumen de tráfico y uso de la tierra, con el objetivo de maximizar la seguridad, eficiencia y movilidad de los vehículos. Se utiliza para calcular los elementos geométricos de la vía, como su alineamiento horizontal y vertical (MTOP, 2003).

Es fundamental seleccionar una velocidad de diseño adecuada, manteniendo una

velocidad constante en cada tramo de carretera y realizando cambios graduales cuando sea necesario. Se recomienda que la diferencia entre las velocidades de dos tramos contiguos no sea mayor a 20 km/h y que se señalice correctamente. La velocidad de diseño debe adaptarse al tramo de carretera más desafiante y mantenerse en una longitud mínima entre 5 y 10 kilómetros. Se aconseja utilizar valores de diseño superiores a los mínimos establecidos cuando sea posible, considerando factores como la topografía del terreno, la densidad de población y el volumen de tráfico (MTOP, 2003).

2.4.2 Velocidad de circulación

Velocidad de circulación se refiere a la velocidad real a la que se desplaza un vehículo en una sección específica de la carretera. Esta se calcula dividiendo la distancia recorrida por el tiempo que el vehículo tarda en recorrer esa distancia. La velocidad de circulación en una carretera es un indicador fundamental de la calidad del servicio que la vía proporciona a sus usuarios. Por lo tanto, para los propósitos de diseño de carreteras, es crucial contar con información detallada sobre las velocidades que se espera que los vehículos mantengan en diferentes niveles de tráfico (MTOP, 2003).

Conocer las velocidades previstas permite a los ingenieros diseñar la carretera de manera que optimice el flujo de tráfico y la seguridad. Esto incluye la planificación de las curvas, las pendientes y la señalización adecuada para garantizar que los vehículos puedan circular de manera eficiente y segura. Además, esta información es vital para determinar los materiales de construcción adecuados y los métodos de mantenimiento necesarios para mantener la carretera en condiciones óptimas a lo largo del tiempo.

En resumen, la velocidad de circulación no solo mide el desempeño actual de una carretera, sino que también sirve como una base crítica para su diseño y mejora, asegurando que la infraestructura pueda manejar de manera efectiva el tráfico previsto y proporcionar un servicio de alta calidad a los usuarios (MTOP, 2003).

Tabla 4. Velocidad de circulación

VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN EN KM/H			
Velocidad De diseño Km/h	**Volumen de Tránsito bajo**	**Volumen de transito intermedio**	**Volumen de transito alto**
25	24	23	22
30	28	27	26
40	37	35	34
50	46	44	42
60	55	51	48
70	63	59	53
80	71	66	57
90	79	73	59
100	86	79	60
110	92	85	61

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

2.4.3 Alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal de una carretera se refiere a cómo se proyecta el eje de la carretera en un plano horizontal. Este alineamiento incluye segmentos rectos (tangentes) y curvas (ya sean circulares o de transición) que conectan las tangentes. La definición de

tangentes se aplica a tramos rectos, mientras que las curvas se utilizan para conectar tangentes con direcciones diferentes. La determinación del alineamiento horizontal se basa en varios factores, como la topografía del terreno, las características hidrológicas, el drenaje, las propiedades técnicas de la base de la carretera y la disponibilidad de materiales locales. Estos elementos se consideran para garantizar una carretera segura y funcional (MTOP, 2003).

2.4.3.1 Radio mínimo de curvatura horizontal

El radio mínimo de curvatura horizontal es el valor más bajo que garantiza la seguridad del tránsito a una velocidad de diseño determinada, considerando el máximo peralte adoptado y el coeficiente de fricción lateral correspondiente. Utilizar curvas con radios menores al mínimo establecido requerirá peraltes que excedan los límites prácticos de operación de vehículos. Por lo tanto, el radio de curvatura es un aspecto crucial en el diseño del alineamiento de la carretera (MTOP, 2003).

El cálculo del radio mínimo en condiciones seguras se realiza mediante la siguiente formula:

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

Donde:

R= Radio mínimo de una curvatura horizontal, m.

V= Velocidad de diseño, Km/h

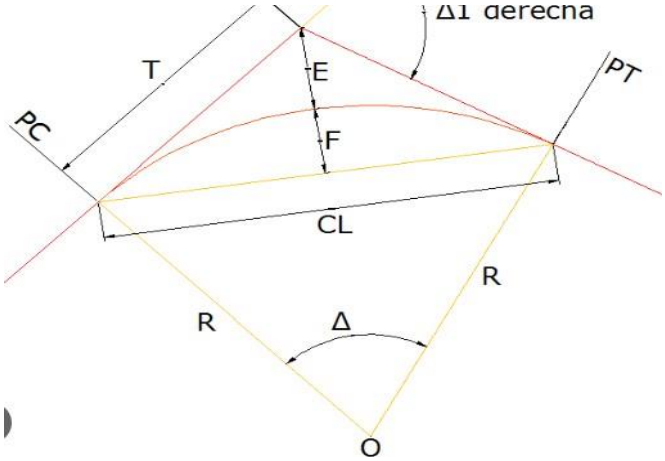
f= Coeficiente de fricción lateral

e= Peralte de la curva, m/m (metro por metro ancho de la calzada)

2.4.3.2 Curvas simples

Las curvas horizontales circulares simples son segmentos de círculo con un radio constante que unen dos líneas rectas consecutivas en una carretera. Estas curvas representan la vista en planta de las curvas tridimensionales. Es importante señalar que, en el espacio tridimensional, las curvas no están restringidas únicamente a la forma circular (Cárdenas, 2002)

Ilustración 3. Curva simple



Fuente: Cárdenas, 2002.

En la siguiente tabla podemos determinar elementos geométricos los cuales son la descripción de una curva circular simple:

Tabla 5. Elementos de una curva simple

Símbolo	Descripción
PI	Punto de intersección de las tangentes o vértice de la curva.
PC	Principio de curva: Punto donde termina la curva y empieza la tangente de salida.

PT	Principio de tangente: Punto donde termina la curva y empieza la tangente de salida.
O	Centro de la curva circular.
Δ	Ángulo de deflexión de las tangentes: ángulo de deflexión principal. Es igual al ángulo central subtendido por el arco PC*PT
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 a PT.
E	Externa: distancia desde el PI al punto medio de la curva A.
M	Ordenada media: distancia desde el punto medio de la curva A al punto medio de la cuerda larga B.

Fuente: Cárdenas, Diseño Geométrico, 2013

2.4.3.3 Relaciones de los elementos geométricos

Elementos que desarrollan relación en el cálculo de curva:

Ángulo central

El ángulo central es el ángulo formado por la curva circular y se denota con la letra "α" (alfa). En el caso de las curvas circulares simples, este ángulo es igual a la deflexión que se produce entre las tangentes conectadas por la curva (MTOP, 2003).

Longitud de Curva:

La longitud de la curva se refiere a la distancia total medida a lo largo del arco desde el Punto de Curvatura (PC) hasta el Punto de Terminación de Curva (PT) (MTOP, 2003).

$$Lc = \frac{piR\ \text{a}}{180}$$

Tangente de curva sub tangente:

La tangente de curva, también conocida como sub tangente, es la distancia entre el Punto de Intersección (PI) y el Punto de Curvatura (PC), o entre el PI y el Punto de Terminación de Curva (PT) (MTOP, 2003).

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

External:

La externa es la distancia mínima medida desde el Punto de Intersección (PI) hasta la curva. Esta medida es crucial para determinar cuánto se aleja la curva del PI, ayudando en la correcta ubicación y diseño de la vía (MTOP, 2003).

$$E = R\left(sec\ \frac{a}{2} - 1\right)$$

Ordenada media:

La ordenada media se refiere a la longitud de la flecha en el punto medio de la curva. Esta medida ayuda a determinar la elevación de la curva en su punto más alejado del centro, siendo útil para cálculos de diseño y construcción (MTOP, 2003).

$$M = R - Rcos\ \frac{a}{2}$$

Cuerda:

La cuerda es la línea recta que conecta tres puntos distintos en la curva. Esta línea se usa para medir y calcular diversas propiedades geométricas de la curva, facilitando el diseño y la construcción de esta (MTOP, 2003).

$$\theta$$

$$C = 2 * R * sen \frac{}{2}$$

Cuerda larga:

La cuerda larga es la distancia en línea recta que va desde el Punto de Curvatura (PC) hasta el Punto de Terminación de Curva (PT). Esta medida proporciona una referencia directa y clara de la longitud total de la curva en su proyección horizontal.

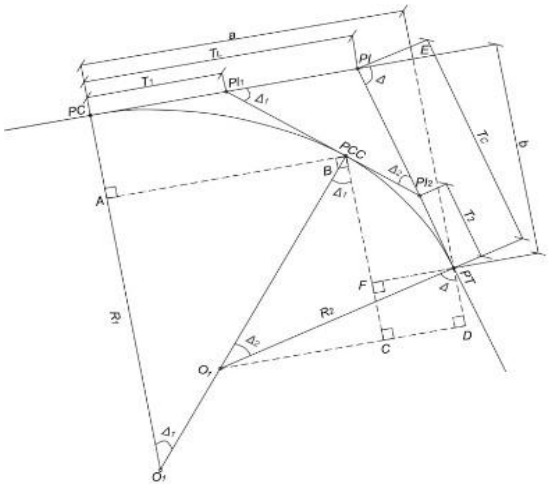
$$C = 2 * R * sen\frac{delta}{2}$$

2.4.3.4 Curvas circulares compuestas

Las curvas circulares compuestas se crean al combinar dos o más curvas circulares simples en una secuencia continua. Aunque no se utilizan con frecuencia en todos los proyectos viales, son especialmente útiles en áreas montañosas. En estas regiones, el diseño de carreteras debe adaptarse cuidadosamente a la topografía natural para reducir al mínimo el movimiento de tierras, lo que resulta en una construcción más económica y menos invasiva para el entorno. (Gómez, 2024)

Estas curvas también se emplean cuando existen restricciones específicas de diseño que impiden el uso de curvas simples. Por ejemplo, en accesos a puentes, pasos a desnivel e intersecciones, las curvas compuestas permiten una transición más suave y segura para los vehículos. Este tipo de diseño es crucial para garantizar que la carretera se integre adecuadamente con otras estructuras y que el flujo de tráfico sea continuo y eficiente (Cárdenas, 2013).

Ilustración 4. Curvas circulares compuestas



Fuente: Gómez, 2016.

Tabla 6. Elementos curvas circulares compuestas

	Descripción
PI	Punto de intersección de las tangentes.
PC	Principio de la curva compuesta
PT	Fin de la curva compuesta o principio de la tangente
PC	Punto común de curvas o punto de curvatura compuesta. Punto donde termina la primera curva circular simple y empieza la segunda.
R1	Radio de la curva de menor curvatura o mayor radio.
R2	Radio de la curva de mayor curvatura o menor radio.
O1	Centro de la curva de mayor radio.
O2	Centro de la curva de menor radio.
Δ	Ángulo de deflexión principal.

Δ1	Ángulo de deflexión principal de la curva de mayor radio.
Δ2	Ángulo de deflexión principal de la curva de menor radio.
T1	Tangente de la curva de mayor radio.
T2	Tangente de la curva de menor radio.
TL	Tangente larga de la curva circular compuesta.
TC	Tangente corta de la curva circular compuesta.

Fuente: Cárdenas, Diseño Geométrico, 2013

2.4.3.5 Peralte

Cuando un vehículo viaja en una trayectoria circular, experimenta una fuerza centrífuga que lo empuja hacia afuera. Esta fuerza es equilibrada por las componentes del peso del vehículo, causadas por el peralte de la carretera, y la fuerza de fricción entre los neumáticos y la superficie de la carretera. La inestabilidad causada por la fuerza centrífuga se puede manifestar por volcamientos o deslizamientos, dependiendo esencialmente de la fuerza centrífuga "F" (MTOP,2003).

Esta puede ser calculada de la siguiente manera:

$$F = \frac{mV^2}{R} = \frac{PV^2}{gR}$$

Donde:

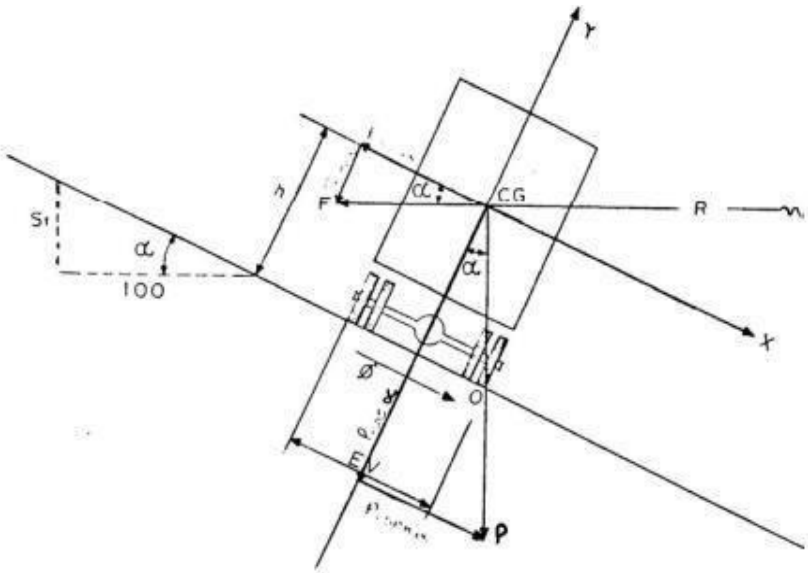
P= peso del vehículo, Kg

Y= Velocidad de diseño, m/seg

g= Aceleración de la gravedad (9.81m/s2)

R= Radio de la curva circular

Ilustración 5. Peralte

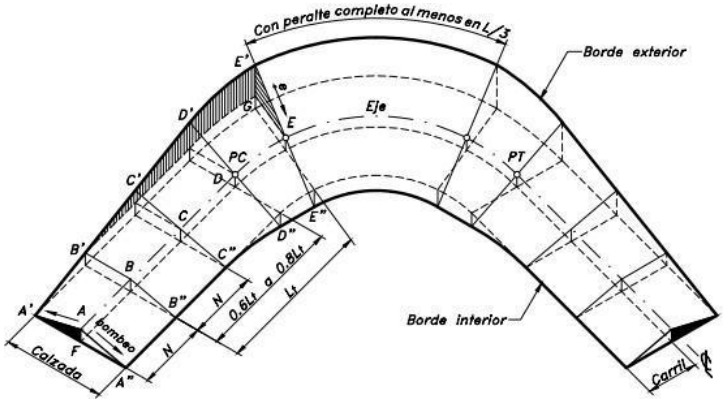


Fuente: MTOP, 2003.

2.4.3.6 Transición del peralte

La longitud de transición en el diseño de carreteras es una consideración técnica crucial que tiene un impacto significativo en la seguridad, comodidad y eficiencia del transporte vial. Esta longitud se utiliza para suavizar la transición de las pendientes transversales entre una sección de carretera normal y otra con peralte. El peralte, o inclinación transversal de la carretera, es vital para asegurar que los vehículos mantengan el control, especialmente al tomar curvas a velocidades elevadas (MTOP,2003).

Ilustración 6. Transición de peralte



Fuente: Cárdenas, Diseño Geométrico, 2013

Elementos del peralte:

Tabla 7. Elementos del peralte

#	**Descripción**
Lt	Longitud de transición.
N	Longitud de aplanamiento.
p	Longitud de la curva circular.
e	Peralte necesario de la curva circular.

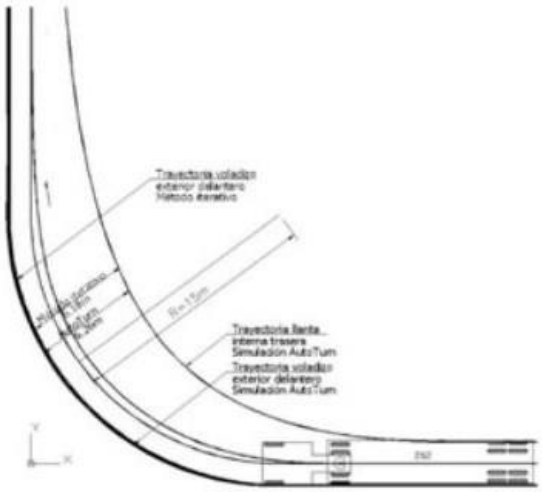
Fuente: Cárdenas, Diseño Geométrico, 2013

2.4.3.7 Sobreancho

La anchura añadida (sobreancho) ocupada por el vehículo a medida que atraviesa la curva en comparación con la anchura de la calzada en recta puede calcularse por la geometría para cualquier combinación de radio y distancia entre ejes. Por lo tanto, la cantidad de

ensanchamiento de la calzada en una curva horizontal es la diferencia entre la anchura necesaria en la curva y el ancho utilizado en una recta. (AASHTO, 2011).

Ilustración 7. Sobreancho



Fuente: Puerto, Vargas, 2020.

Podemos guiarnos en la siguiente formulación para determinar sobre ancho de una curva:

$$R1 + A = R - s$$

$$S = R - \sqrt{R^2 - L^2}$$

Donde:

S: Sobre ancho m.

R: Radio de curva m.

A: ancho de vehículo .m

V: Velocidad de diseño km/h.

N: Número de carriles

2.4.4 Distancia de visibilidad

La distancia de visibilidad de adelantamiento (DVA) es la extensión de carretera que un

conductor necesita ver claramente para poder pasar a un vehículo más lento que va en la misma dirección. Esto implica que el conductor debe invadir el carril opuesto, adelantar al vehículo más lento y regresar a su carril original sin colisionar con un vehículo que viene en sentido contrario, el cual es visible en el momento de la invasión del carril contrario.

La DVA requerida para realizar esta maniobra depende directamente de la velocidad de los vehículos involucrados. A medida que la velocidad de circulación aumenta, también aumenta la distancia de visibilidad necesaria para realizar el adelantamiento de manera segura (Pineda, 2019).

2.4.4.1 Visibilidad de parada

La distancia de visibilidad de parada se divide en dos partes fundamentales: la distancia de percepción y reacción del conductor, conocida como d1, y la distancia de frenado, referida como d2. Estas dos componentes juntas determinan la distancia total necesaria para que un vehículo se detenga de manera segura cuando el conductor percibe un peligro en la carretera (NEVI-12-MTOP, 2013).

Distancia de Percepción y Reacción (d1)

La distancia de percepción y reacción (d1) es la distancia que recorre el vehículo desde el momento en que el conductor ve un obstáculo hasta que empieza a accionar el freno. Esta distancia depende de varios factores:

Estado de Alerta del Conductor: Un conductor más atento y concentrado reaccionará más rápidamente (MAPFRE, 2022).

Habilidad del Conductor: La experiencia y habilidad del conductor también juegan un

papel crucial (MAPFRE, 2022).

Condiciones del Entorno: La visibilidad, el estado de la carretera y las condiciones meteorológicas pueden afectar el tiempo de reacción.

En esta fase, el conductor debe reconocer el peligro, decidir qué acción tomar y luego mover el pie al pedal del freno. Todo esto ocurre en unos pocos segundos, pero durante este tiempo el vehículo sigue en movimiento. (MAPFRE, 2022).

Distancia de Frenado (d2)

La distancia de frenado (d2) es la distancia que el vehículo necesita para detenerse completamente después de que el conductor ha comenzado a frenar. Esta distancia depende de varios factores:

Velocidad del Vehículo: A mayor velocidad, mayor será la distancia de frenado.

Condiciones del Camino: Superficies mojadas, nevadas o con grava pueden aumentar la distancia de frenado (MAPFRE, 2022).

Eficiencia de los Frenos: Un sistema de frenos bien mantenido y en buen estado puede reducir la distancia de frenado (MAPFRE, 2022).

Peso del Vehículo: Vehículos más pesados necesitan más distancia para detenerse.

El cálculo de las distancias de frenado se lleva a cabo utilizando fórmulas específicas de carga dinámica. Estas fórmulas son cruciales para evaluar cómo la fuerza y el peso del vehículo afectan su capacidad para detenerse en diversas condiciones de la carretera. Además de la carga dinámica, es fundamental considerar las características físicas de la carretera y los efectos de la fricción que se desarrollan entre los neumáticos del vehículo y la superficie

de la vía. La fricción, que puede variar dependiendo de factores como el tipo de pavimento, las condiciones climáticas y el estado de los neumáticos, juega un papel esencial en la determinación de la distancia de frenado.

$$d_2PF = \frac{PVC^2}{2g}$$

Donde:

D2: Trayectoria de frenado en la calzada-m.

F: factor de fricciones longitudinales

VC: velocidad del vehículo al aplicar frenos-m/s.

P: peso del automóvil

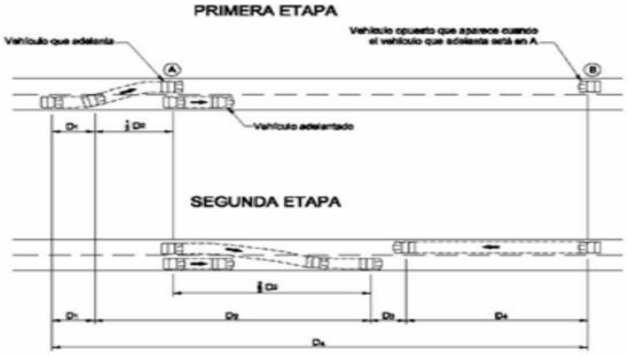
g: Aceleración de la gravedad (9.81m/s)

2.4.4.2 Distancia de visibilidad de adelantamiento

En tramos de carretera de dos carriles para circulación en ambos sentidos, la distancia de visibilidad de adelantamiento (Da) se define como la extensión de la vía visible que permite a un conductor adelantar con seguridad a otro vehículo que viaja más lento en el mismo carril.

"Esta medida garantiza que no haya riesgo de interferencia con vehículos que se aproximen en dirección contraria y se hagan visibles mientras se realiza la maniobra de adelantamiento" (Pineda, 2019).

Ilustración 8. Distancia de visibilidad de adelantamiento



Fuente: Uribe, 2011.

La distancia de visibilidad podemos determinarla de la siguiente manera:

$$Da = D1 + D2 + D3 + D4$$

D1 se refiere a la distancia que recorre un conductor desde que percibe un riesgo hasta que reacciona, antes de realizar una maniobra (m).

D2 es la distancia que cubre un vehículo al adelantar, desde que cambia de carril hasta que regresa al suyo (m).

D3 indica la distancia de seguridad entre el vehículo que adelanta y los que vienen en sentido contrario, una vez finalizada la maniobra, durante el proceso de despeje (m).

D4 es la distancia que recorre el vehículo que se aproxima en sentido contrario, estimada en dos tercios de D2 (m).

2.4.5 Alineamiento vertical

El alineamiento vertical en una vía se refiere a la disposición geométrica de la carretera en términos de su perfil longitudinal. Esto incluye las pendientes o inclinaciones que presenta a lo largo de su recorrido. El objetivo principal del alineamiento vertical es proporcionar condiciones seguras y cómodas para la circulación de vehículos, minimizando las pendientes

que puedan ser demasiado pronunciadas o prolongadas, lo cual podría afectar negativamente la velocidad y eficiencia del tráfico (Diaz, 2015).

2.4.5.1 Pendientes

En tramos de carretera excavados, se recomienda evitar pendientes menores al 0.5%. Cuando sea necesario, se pueden usar perfiles horizontales donde las cunetas cercanas puedan tener la pendiente adecuada para asegurar el drenaje, mientras la calzada tenga un bombeo de al menos el 2% para evitar acumulaciones de agua (NEVI-12-MTOP, 2013).

2.4.5.2 Gradiente

En el diseño de carreteras, se considera fundamental adaptar las pendientes según la configuración natural del terreno para optimizar la velocidad y la eficiencia del tráfico vehicular. Se busca mantener las inclinaciones lo más suaves posible, influenciadas por las características topográficas y las necesidades operativas de los vehículos. Esto asegura que las velocidades de circulación sean seguras y fluidas, adecuadas para las condiciones previstas de tráfico y terreno (Freire, 2020).

Tabla 8. Valores de las gradientes para longitudes máximas

Valores de diseño de las gradientes longitudinales máximas (%)						
Clases de carretera	Valores recomendables			**Valores absolutos**		
	Llano	Ondulado	Montañoso	Llano	Ondulado	Montañoso
RI o RII	2	3	4	3	4	6
I	3	4	6	3	5	7
II	3	4	7	4	6	8
III	4	6	7	6	7	9
IV	5	6	8	6	8	12
V	5	6	8	6	8	14

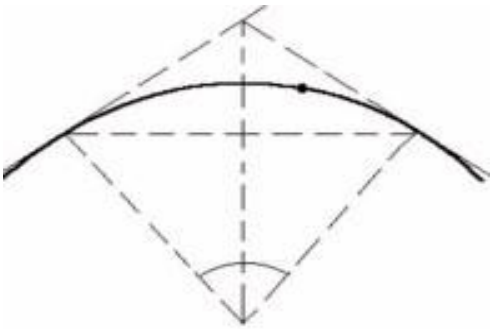
Fuente: Freire, 2020

2.4.5.3 Curvas verticales

Las curvas verticales son elementos fundamentales en el diseño geométrico de carreteras, desempeñando un papel crucial en la transición entre diferentes pendientes a lo largo de una vía. Estas curvas son diseñadas para suavizar las variaciones de inclinación, lo que facilita una conducción más cómoda y segura para los usuarios de la carretera.

El correcto diseño de las curvas verticales es esencial para mantener la seguridad y la fluidez del tráfico. Cuando las pendientes cambian de manera abrupta, los vehículos pueden experimentar dificultades en la maniobra, aumentando el riesgo de accidentes. Por ejemplo, en un cambio repentino de una pendiente ascendente a una descendente, los conductores pueden tener una visión limitada de la carretera por delante, lo que podría resultar en colisiones. De manera similar, cambios bruscos en la pendiente pueden afectar la estabilidad del vehículo, especialmente en condiciones climáticas adversas o en situaciones donde la carretera está resbaladiza (Gonzáles, 2024).

Ilustración 9: curva vertical



Fuente: Morales, 2015.

Se encuentran definidas por una definida curvatura K, la cual equivale a la longitud de la curva en el plano horizontal. La curva recomendada por excelencia es la parábola cuadrática.

$$K = L/A$$

Donde:

K: parámetro de curvatura

L: longitud de la curva vertical

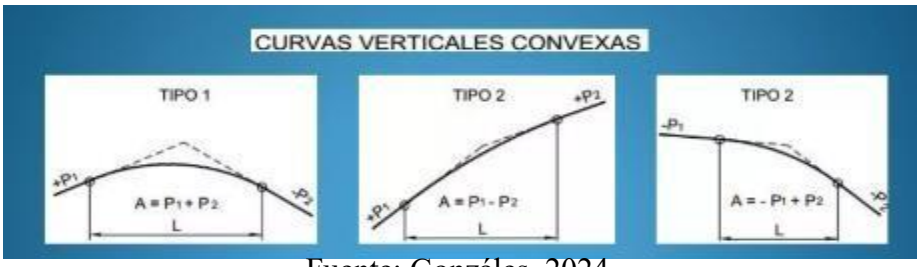
A: Valor absoluto de la diferencia algebraica en pendientes

2.4.5.4 Curva vertical convexas

La determinación de la longitud mínima de las curvas verticales se realiza en función de criterios específicos para garantizar la visibilidad y la seguridad en las carreteras. Estos criterios incluyen la altura del ojo del conductor y la altura del objeto que debe ser visible sobre la carretera. Estos parámetros son fundamentales para asegurar que los conductores puedan anticipar y reaccionar adecuadamente ante cualquier obstáculo o vehículo en la vía (Gonzáles, 2024).

La longitud de las curvas verticales se calcula para proporcionar a los conductores la visibilidad necesaria, permitiéndoles detectar con suficiente antelación situaciones potencialmente peligrosas. Esto facilita maniobras seguras como frenados o desaceleraciones sin comprometer la seguridad vial. Además de mejorar la visibilidad, estas curvas contribuyen a suavizar las transiciones de pendiente, lo cual es crucial para mantener una circulación fluida y segura, especialmente en terrenos con variaciones abruptas.

Ilustración 10: Curvas verticales convexas



Fuente: Gonzáles, 2024.

Tipo 1: Se presenta cuando la pendiente de entrada es ascendente (mayor que cero) y la pendiente de salida es descendente (menor que cero). Este tipo de curva se utiliza para suavizar transiciones donde la carretera pasa de una pendiente ascendente a una descendente (Gonzáles, 2024).

Tipo 2: Este tipo ocurre cuando la pendiente de entrada es descendente (menor que cero) y la pendiente de salida también es descendente (menor que cero). Generalmente, se emplea en lugares donde la carretera desciende continuamente en una secuencia (Gonzáles, 2024).

Tipo 3: Se presenta cuando tanto la pendiente de entrada como la pendiente de salida son ascendentes (mayores que cero). Este tipo de curva vertical se utiliza para transiciones suaves en zonas donde la carretera asciende de manera continua (Gonzáles, 2024).

Tabla 9: Curvas verticales convexas mínimas

CURVAS VERTICALES CONVEXAS MINIMAS			
Velocidad de diseño	**Distancia de visibilidad para Parada "s"**	**Coeficiente K=S^2/426**	
kph	**(metros)**	**Calculado**	**Rondeado**
20	20	0,94	1
25	25	1,47	2

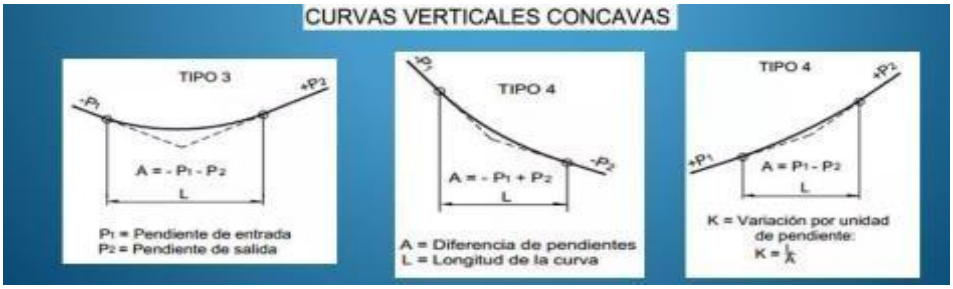
30	30	2,11	2
35	35	2,88	3
40	40	3,76	4
45	50	5,87	6
50	55	7,10	7
60	70	11,50	12
70	90	19,01	19
80	110	28,40	28
90	135	42,78	43
100	160	60,09	60
110	180	76,06	80
120	220	113,62	115

Fuente: MTOP, 2003.

2.4.5.5 Curvas cóncavas

En el diseño de carreteras, se evalúa la curva vertical cóncava considerando aspectos cruciales como la visibilidad nocturna, donde la iluminación proveniente de los faros del vehículo juega un papel crucial. Durante el día, la visibilidad no representa un desafío significativo, ya que los conductores generalmente disponen de suficiente visibilidad para navegar de manera segura en estas curvas, a menos que estén combinadas con curvas horizontales dentro del mismo tramo (NEVI-12-MTOP, 2013).

Ilustración 11. Curvas verticales cóncavas



Fuente: Gonzáles, 2024.

Tipo 3: Se presenta cuando la pendiente de entrada es negativa y la de salida es positiva, permitiendo una transición suave entre diferentes niveles de terreno.

Tipo 4: Caracterizado por una pendiente de entrada negativa y una de salida también negativa, indicando una transición que se mantiene en declive a lo largo del tramo.

Tipo 4.1: En este caso, tanto la pendiente de entrada como la de salida son positivas, facilitando una transición ascendente en el perfil de la carretera, adecuada para terrenos en ascenso.

Esta fórmula calcula cómo la distancia de visibilidad de parada está influenciada por la longitud de la curva y la variación en las pendientes de la carretera, asegurando que los conductores tengan suficiente espacio para reaccionar y detenerse adecuadamente, considerando las condiciones específicas de la vía:

$$L = \frac{AS^2}{122 + 3.5S} = L = KA$$

Donde:

L: Longitud de curva

K: Curvas verticales mínimas.

A: diferencia algebraica de todas las gradientes, expresado en porcentajes

Se especifican los coeficientes K correspondientes a diversas velocidades de diseño para curvas cóncavas:

Tabla 10. Curvas verticales cóncavas mínimas

CURVAS VERTICALES CONCAVAS MINIMAS			
Velocidad de diseño	**Distancia de visibilidad para Parada "s"**	**Coeficiente K=S^2/122+3.55**	
kph	(metros)	Calculado	Rondeado
20	20	2,08	2
25	25	2,98	3
30	30	3,96	4
35	35	5,01	5
40	40	6,11	6
45	50	8,42	8
50	55	9,62	10
60	70	13,35	13
70	90	18,54	19
80	110	23,87	24
90	135	30,66	31
100	160	37,54	38
110	180	43,09	43
120	220	54,26	54

Fuente: MTOP, 2003.

2.5 Pavimento

El pavimento es la capa superficial que se aplica sobre la base estructural de una carretera, calle u otra superficie transitada. Su propósito principal es soportar el peso y el desgaste del tráfico vehicular y peatonal, asegurando al mismo tiempo una larga vida útil y estabilidad estructural. Este revestimiento puede estar compuesto por diferentes materiales, tales como concreto, asfalto, ladrillo, piedra o baldosas, cada uno de los cuales ofrece distintas ventajas en términos de resistencia, costo y facilidad de mantenimiento.

“Además, la elección del material de pavimentación se realiza en función de diversos factores, incluyendo el volumen y tipo de tráfico esperado, las condiciones climáticas y las características del terreno” (Pérez, 2023).

2.5.1 Tipos de pavimentos

Por otro lado, los pavimentos se dividen en cuatro categorías principales: flexibles, rígidos, semirrígidos y articulados. Esta división se fundamenta en las características físicas y los materiales utilizados en su construcción, lo que permite una variedad de opciones para satisfacer distintas demandas y condiciones específicas (Pérez, 2023).

2.5.1.1 Pavimentos flexibles

Consiste en una capa de recubrimiento formada por una mezcla de materiales asfálticos que se coloca sobre una base de material granular compactado y estratificado. El proceso de construcción comienza con la trituración de pequeñas piezas de roca, las cuales se combinan con un aglutinante que actúa como un adhesivo, conocido como betún. Este betún se calienta a una temperatura aproximada de 150 °C antes de mezclarse con la piedra triturada. Una vez preparada la mezcla, se aplica en áreas con un alto volumen de tráfico, como carreteras, aceras y estacionamientos, para proporcionar una superficie duradera y resistente. Esta técnica es especialmente eficaz en la creación de pavimentos flexibles que pueden soportar y distribuir las cargas vehiculares de manera eficiente, mejorando así la durabilidad y la seguridad de las vías (Pérez, 2023).

2.5.1.2 Pavimentos rígidos

El pavimento rígido está compuesto por losas de concreto de cemento, las cuales pueden ser simples o reforzadas, y se colocan sobre una capa base o subbase. Las losas de concreto proporcionan al pavimento una notable rigidez, permitiendo una distribución eficaz de las cargas a través de la superficie. Esta solidez estructural hace que el pavimento rígido sea una opción excelente para áreas con tráfico intenso, como carreteras principales, autopistas y estacionamientos. Su capacidad para soportar cargas pesadas y su durabilidad lo convierten en una elección ideal para entornos donde se espera un alto volumen de vehículos y condiciones exigentes. Además, las losas de concreto tienen una vida útil prolongada y requieren menos mantenimiento en comparación con otros tipos de pavimentos, lo que contribuye a su popularidad en aplicaciones de infraestructura de alta demanda (Pérez, 2023).

2.5.1.3 Pavimentos semirrígidos

El pavimento semirrígido combina las ventajas de los pavimentos flexibles y rígidos, ofreciendo una solución eficiente y duradera para diversas aplicaciones. Este tipo de pavimento se construye instalando placas de cemento, que proporcionan una base sólida, sobre las cuales se aplica una capa asfáltica, aportando flexibilidad y capacidad de adaptación a las deformaciones del terreno (Pérez, 2023).

2.5.1.4 Pavimentos articulados

El pavimento articulado se caracteriza por una capa superior compuesta de adoquines de espesor uniforme, que se asientan sobre una cama de arena fina. Esta cama de arena actúa

como un amortiguador y distribuye las cargas sobre la capa base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad del suelo y la intensidad del tráfico esperado.

2.5.2 Procedimiento para diseñar pavimentos flexibles

El método AASHTO-1993, utilizado en el diseño de pavimentos flexibles, se basa en calcular un "número estructural (SN)" que asegure la capacidad del pavimento para soportar las cargas previstas. Este cálculo se realiza mediante una ecuación que combina diferentes coeficientes estructurales asignados a cada capa del pavimento. Para obtener el número estructural, se utiliza un software específico (AASHTO 93) que requiere varios datos de entrada esenciales. Estos datos incluyen el número de ejes equivalentes, que representa la carga total que soportará el pavimento durante su vida útil; el rango de serviciabilidad, que indica el nivel de confort y seguridad que debe proporcionar el pavimento; la confiabilidad, que refleja la probabilidad de que el pavimento cumpla con su función durante su vida útil; y el módulo resiliente de la capa bajo análisis, que mide la capacidad de la capa para recuperar su forma después de ser sometida a una carga.

“Este enfoque integral permite diseñar pavimentos flexibles que no solo soportan las cargas esperadas, sino que también proporcionan un nivel adecuado de serviciabilidad y durabilidad a lo largo del tiempo” (ARISTIZABAL, HOYOS, GIL, GOMEZ, GOMEZ, 2014).

2.5.2.1 Serviciabilidad

La serviciabilidad es un requisito fundamental que todo pavimento debe cumplir para garantizar una experiencia segura y confortable a los usuarios en cualquier momento dado. Este concepto engloba la capacidad del pavimento para proporcionar una superficie de rodadura que sea estable, uniforme y libre de irregularidades que puedan comprometer la seguridad o el confort de los conductores y peatones (AASHTO, 1993).

Tabla 11. *Índice de serviciabilidad*

Índice de seviciabilidad (p)	Clasificación
0 - 1.	Muy buena
1 - 2.	Mala
2 - 3.	Regular
3 - 4.	Buena
4 - 5.	Muy buena

Fuente: AASHTO, 1993

2.5.2.2 Factor Confiabilidad R

El parámetro de confiabilidad (R) es crucial en el diseño de estructuras para asegurar que las soluciones adoptadas mantengan su integridad a lo largo del período de diseño establecido. AASHTO establece diversos niveles de confiabilidad, cada uno adaptado a las exigencias específicas de las estructuras diseñadas. Esta clasificación permite evaluar y seleccionar los métodos y materiales más adecuados para garantizar la durabilidad y seguridad de las infraestructuras viales a lo largo de su vida útil.

Tabla 12. Confiabilidad (R)

NIVELES DE CONFIABILIDAD	
CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	**NIVEL RECOMENDADO AASHTO**
Carretera interestatal o autopista	80-99
Red principal o federal	75-95
Red secundaria o estatal	75-95
Red rural o local	50-80

Fuente: AASHTO, 1993

2.5.2.3 Factores de pérdida o disminución de índice de serviciabilidad

El índice de servicibilidad se calcula en base a la siguiente formulación:

$$\Delta \mathrm{PSI} = \mathrm{PSINICIAL} - \mathrm{PSFINAL}$$

Donde:

ΔPSI: factor índice de serviciabilidad

Además, nos basamos en la siguiente tabla de valores para la obtención correcta de valores:

Tabla 13. Disminución del índice de Serviciabilidad

TIPO DE CAMION	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	INDICE DE SERVICIALIDAD INICIAL (PI)	INDICE DE SERVICIALIDAD FINAL (PT)
Caminos de bajo volumen de tránsito	TP1	150,001	4,1	2
Caminos de bajo volumen de tránsito	TP2	300,001	4,1	2
Caminos de bajo volumen de tránsito	TP3	500,001	4,1	2
Caminos de bajo volumen de tránsito	TP4	750,001	4,1	2

Fuente: AASHTO, 1993

2.5.2.4 Modulo resiliente de subrasante

Bajo la acción de múltiples aplicaciones de carga, los materiales que conforman la estructura de un pavimento tienden a fracturarse o acumular deformaciones, dependiendo de su rigidez inicial. Esta es la causa principal de los deterioros observados en la superficie de los pavimentos. Las grietas y deformaciones suelen aparecer incluso a niveles de esfuerzo muy inferiores a la resistencia de los materiales utilizados en la construcción de pavimentos.

Con el paso de los vehículos, los materiales del pavimento están sometidos a ciclos de esfuerzos de compresión (sc) y tensión (st), lo que induce deformaciones en la estructura del pavimento. La curva esfuerzo-deformación obtenida de un espécimen de material, ya sea concreto asfáltico, concreto hidráulico, material granular o suelo cohesivo, sometido a cargas repetidas, ilustra cómo estos materiales responden a la aplicación constante de cargas (Garnica, Pérez, Gómez, 2023).

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

"Mr(PSI)=3000*$CBR^{0.65}$ para los CBR de 7.2 % a 20%" (AASHTO, 1993).

"Mr(PSI)=4236*lnCBR + 241 para suelos que son granulares" (AASHTO, 1993).

Consideraciones para emplear un CBR del 80% en material de base:

"Un CBR del 80% indica una alta capacidad de soporte. Esto significa que el material de base es resistente y puede soportar cargas significativas" (AASHTO, 1993).

“Se recomienda un CBR del 80% para materiales de base en pavimentos cuando se busca una mayor durabilidad y resistencia” (AASHTO, 1993).

2.5.2.5 Número estructural

En el método AASHTO, el "número estructural" (SN) es un parámetro que refleja la "capacidad estructural" del pavimento. Este número depende de los espesores de las capas (Hi), de la "resistencia" de los materiales utilizados, representada por los "coeficientes estructurales de capa" (ai), y de su susceptibilidad al agua, indicada por los "coeficientes de drenaje" (di). La fórmula para calcular el número estructural es la siguiente (Geostru, 2021).

$$SN = \sum_{i=1}^{nstrat} ai * Hi * di$$

Donde:

a= coeficiente de estructura

H= espesor de cada estrato (pulgadas)

D= coeficiente del drenaje

2.5.2.5.1 Modulo resiliente de la capa asfáltica (a1)

“Las capas de pavimento asfáltico se caracterizan por sus módulos resilientes, que cambian en función de la frecuencia de carga y la temperatura de las mezclas. Para calcular el número estructural, se utiliza la siguiente ecuación” (AASHTO, 1993):

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

Donde:

v= velocidad de operación de los vehículos (km/h).

f: frecuencia de aplicaciones de carga (Hz).

Así mismo tenemos la temperatura efectiva la cual se calcula de la siguiente manera:

$$Ts = (-0.0093 * T_a^2 + 1.578)(-0.084 * lnh_s + 1.55)$$

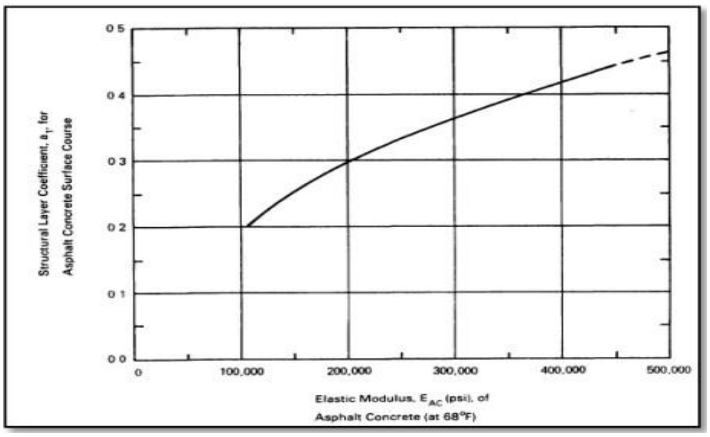
Donde:

Ta: temperaturas medidas del aire (°C)

Ts: temperaturas efectivas (°C)

hs: Espesores de capas asfálticas (mm)

Ilustración 12: Determinación de coeficiente estructural



Fuente: CELIS, 2019.

Una vez establecido el módulo resiliente a partir de la curva correspondiente, se procede a calcular el número estructural a1a1a1 utilizando la siguiente fórmula (AASHTO, 1993):

$$a1 = 0.184 * lm(Mr) - 1.9547$$

Donde:

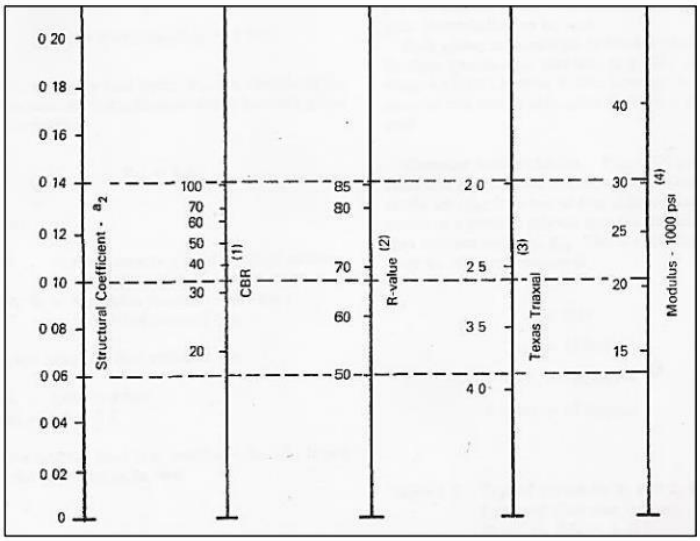
Mr: Módulo de resiliencia

a1: Numero estructural de la capa asfáltica

2.5.2.5.2 Modulo de resiliencia de la capa base (a2)

"Se recomienda emplear un CBR del 80% para estimar los módulos resilientes de la base. Mediante el uso del gráfico presentado en la Ilustración, se pueden determinar los valores de los módulos resilientes aplicables a las subbases" (García, 2016).

Ilustración. 13 Módulo de resiliencia de la capa base

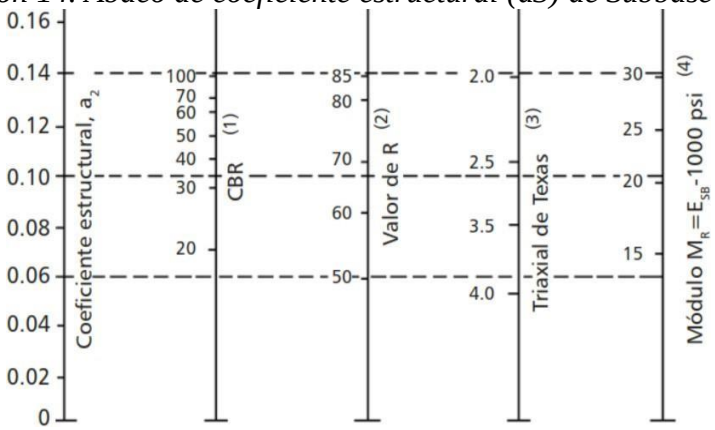


Fuente: AASHTO, 1993

2.5.2.5.3 Modulo de resiliencia de capa subbase (a3)

Tomamos como guía el siguiente tablero contador:

Ilustración 14. Abaco de coeficiente estructural (a3) de Subbase granular



Fuente: AASHTO, 1993

2.6 Drenaje

Las infraestructuras de drenaje son fundamentales al planificar cualquier proyecto, ya sea urbano, vial o de otro tipo. En el contexto de las carreteras, estas estructuras se construyen para gestionar el exceso de agua de lluvia, asegurando un tránsito seguro y protegiendo a los vehículos. El propósito de las obras de drenaje es recoger, controlar, canalizar y eliminar el agua u otros líquidos que puedan acumularse en el terreno, evitando así posibles accidentes, interrupciones en el tráfico y daños al pavimento y sus alrededores (Grupo Grasa, 2022)

2.6.1 Drenaje superficial

El drenaje superficial se refiere a la acción de eliminar o desviar el agua que se acumula en la superficie del suelo debido a inundaciones, anegamientos o encharcamientos. Este fenómeno se caracteriza por la presencia de una capa de agua sobre la parte superior del suelo, saturándolo. Esta acumulación de agua suele formarse en las áreas más bajas de un

terreno, creando charcos o estanques aislados. (senara, 2024).

La tarea de evacuar estos excesos de agua mediante canales o zanjas excavadas, que permiten un escurrimiento controlado sin causar erosión ni sedimentación, se denomina drenaje superficial. Además, esta acción también incluye la interceptación y desvío del agua que proviene de terrenos adyacentes o de mayor altitud, impidiendo que entre en la parcela y provoque problemas (senara, 2024).

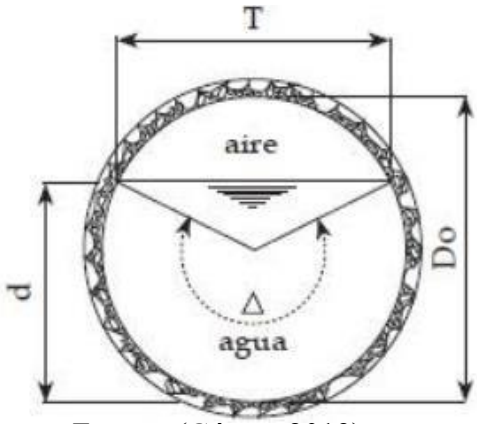
2.6.2 Drenaje subterráneo

El drenaje subterráneo, también conocido como drenaje interno o subsuperficial, consiste en eliminar el agua presente dentro del perfil del suelo, la cual causa saturación y elevados niveles de humedad. Estas condiciones pueden impedir el desarrollo adecuado de las raíces de los cultivos. Este tipo de drenaje se implementa en terrenos donde el nivel freático se encuentra cerca de la superficie del suelo (senara, 2024).

2.6.3 Alcantarillado

Está formada por tubos con diversas formas (circular, ovalada, rectangular, cuadrada o en arco) y por estructuras de entrada y salida. Estas se instalan debajo de la subrasante de una carretera u otras infraestructuras viales para evacuar las aguas superficiales. Su función es recoger el agua y permitir su paso de manera transversal o diagonal al eje de la carretera, dirigiéndola hacia áreas designadas (Loría, Guzmán, 2019).

Ilustración 15. Canal circular



Fuente: (Gómez,2019).

Fórmulas generales de cálculo de elementos de Canal circular:

$$Area = cos^{-1}(1 - \frac{2y}{D})$$

$$Perímetro\ mojado = P = \frac{\theta D}{2}$$

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

$$Ancho\ de\ la\ superficie\ libre = T = 2\sqrt{y * (D - y)}$$

$$Tirante\ medio = \frac{A}{T}$$

2.7 Suelo de Fundación y Subrasante

La base sobre la cual se construye la estructura del pavimento, conocida como subrasante, consiste en una capa superficial de cierto espesor compuesta por suelo natural compactado, materiales transportados y suelos mejorados, entre otros elementos. La capa de fundación, formada por el suelo debajo de la subrasante, contribuye significativamente a la capacidad total del sistema estructural del pavimento, especialmente en pavimentos flexibles. La calidad del suelo influye en el diseño y las dimensiones de la estructura del pavimento, así como en los requerimientos de mantenimiento a lo largo de su vida útil (Vilca, 2020).

2.7.1 Definición de suelo y roca

El suelo, por naturaleza, carece de una cohesión intrínseca y suele consistir en agrupaciones de granos minerales que están unidos de manera débil o que carecen de cementación fuerte. En contraste, los materiales que poseen cohesión real y resistencia significativa a la tracción se clasifican como rocas en lugar de suelos. El suelo se forma a partir de la meteorización in situ de la roca madre o roca intacta, un proceso que debe ser lo suficientemente intenso como para descomponer la roca en partículas más pequeñas. Por lo tanto, gran parte de lo que hoy conocemos como suelo alguna vez fue roca sólida e intacta antes de sufrir este proceso de meteorización (Maldonado, 2020).

2.7.2 Etapas del estudio de los suelos

Los estudios de suelo son esenciales para entender las propiedades físicas, químicas y mecánicas del terreno donde se planea construir. Estos estudios revelan la composición estratigráfica del suelo, es decir, las capas con diferentes características y su profundidad. Además, proporcionan información crucial sobre la profundidad adecuada para realizar cimentaciones durante la construcción (Cárdenas, 2019).

Exploración del Terreno

En la fase inicial, se lleva a cabo una inspección detallada del sitio donde se tomarán muestras de suelo para análisis posterior en laboratorio. Para este propósito, se utilizan diversas técnicas:

Calicata: consiste en realizar excavaciones de profundidad moderada en puntos estratégicos del terreno para obtener una visión directa y caracterizar el suelo (CSR laboratorio , 2024).

Penetrómetro: se emplea para medir la resistencia del suelo mediante la penetración de una herramienta cónica en el terreno (lapaca, 2024).

Sondeos: se perfora el suelo con una sonda cilíndrica que extrae muestras en cajas ordenadas por profundidad, permitiendo identificar los tipos de suelo a diferentes niveles.

Análisis en Laboratorio

Una vez obtenidas las muestras, se trasladan al laboratorio para realizar ensayos específicos. Estos pueden incluir análisis químicos para detectar componentes como sulfatos,

cloro y nivel de acidez que afectan las propiedades del hormigón utilizado en cimentaciones. También se realizan pruebas de resistencia y rigidez, como compresión simple y corte directo, para evaluar las propiedades mecánicas del suelo.

Informe Técnico Final

Finalmente, se elabora un informe detallado que resume las observaciones del estudio de suelo y las características encontradas. Este documento técnico se presenta al responsable del proyecto de construcción, proporcionando recomendaciones sobre la idoneidad del suelo para el desarrollo seguro de la obra. Mediante el estudio de suelos se obtiene información crucial sobre las características físicas, geológicas y la resistencia del terreno, asegurando así la seguridad y fiabilidad de las construcciones urbanas.

2.7.3 Trabajo de campo

Cuando hablamos de trabajo de campo, podemos de hablar de los distintos procesos, elementos, secuencias y eventos que se realizan en campo, es decir, directamente en nuestra área de trabajo ya sea estudios de zona, geológicos, como por ejemplo de la siguiente manera:

Reconocimiento de suelos

Calicatas

Excavaciones

Perforaciones manuales

Perforaciones con máquina

Limpieza de sección

Señalización de sección

Obtención de muestras

Método de muestras alteradas

Método de muestras inalteradas

Ensayo de campo

Ensayo PROCTOR MODIFICADO

Ensayo CBR (California Bearing Ratio)

2.7.4 Ensayos de laboratorio

Los siguientes estudios incluyen aspectos como la clasificación de suelos, la calidad y composición de las mezclas, la compactación, así como la resistencia química y mecánica de los materiales. Estos resultados son críticos para garantizar un diseño y construcción seguros de infraestructuras viales (Rojas, 2016).

Análisis Granulométrico

"Este ensayo clasifica el suelo según el tamaño de sus partículas, siendo fundamental para la construcción de vías, aeropuertos y otras estructuras" (Gallardo, 2016):

Límite Líquido, Plástico y Índice de Plasticidad

Estos ensayos determinan la plasticidad de suelos finos y arcillosos:

Límite Líquido: Define la máxima humedad que el suelo puede tener manteniendo su plasticidad (COTECNO, 2024).

Límite Plástico: Indica la humedad mínima en la que el suelo sigue siendo plástico

(COTECNO, 2024).

Índice de Plasticidad: Calcula la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, reflejando la plasticidad del suelo (COTECNO, 2024).

Contenido de Humedad

Mide la cantidad de agua presente en el suelo, expresada como porcentaje del peso del agua respecto a la masa de sólidos secos (COTECNO, 2024).

Gravedad Específica de los Sólidos

Evalúa la densidad de los sólidos del suelo en comparación con la densidad del agua a una temperatura estándar, aplicándose principalmente a materiales que pasan por un tamiz específico (COTECNO, 2024).

Ensayo CBR

Métodos fundamentales para evaluar la resistencia de capas como la subrasante, subbase y base, esenciales para la construcción de pavimentos en carreteras o aeropuertos. Estos procedimientos fueron establecidos por la División de Carreteras de California en 1929 y pueden ser aplicados en laboratorio o en terreno.

Ensayo de PROCTOR MODIFICADO

La consolidación del suelo es esencial en proyectos de ingeniería civil como carreteras y aeropuertos, donde la compactación de las capas del terreno se realiza para mejorar la

resistencia, la permeabilidad y la estabilidad del suelo (Aulacarreteras, 2021).

2.7.4.1 ENSAYO CBR

En la planificación de pavimentos, tanto flexibles como rígidos, es esencial utilizar métodos de diseño como los de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), el método racional, o el de la Portland Cement Association (PCA). Un parámetro crucial en estos métodos es el California Bearing Ratio (CBR), el cual mide la resistencia al esfuerzo cortante o de punzonamiento en las subrasantes, subbases y bases. Este ensayo del CBR fue creado por el Departamento de Carreteras de California durante la Segunda Guerra Mundial en la década de 1930 y se ha adoptado globalmente como un estándar. En Perú, los métodos de diseño de pavimentos más utilizados, AASHTO 93 y PCA, también dependen del valor del CBR (Araujo, 2014).

Tabla 14. Calificación del suelo en función de subrasante

CBR	Calificación	Uso	SUCS	AASHTO
0-3	Muy pobre	Subrasante	CH, MH	A5, A6, A7
3-7	Pobre-regular	Subrasante	CH, MH	A4, A5, A6, A7
7-20	Regular	Subrasante	CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7

20-50	Bueno	Base-Subbase	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
>50	Excelente	Base	GW, GM	A1a, A2-4, A3

Fuente: Manual de laboratorio de suelos para ingeniería civil. Bowles J. (1980)

2.8 Señalización

Las señales de tránsito, tanto verticales como horizontales, desempeñan un papel crucial en la vida cotidiana, ya que facilitan una convivencia más segura y ordenada entre peatones y vehículos. Estas señales indican lo que se puede y no se puede hacer, así como el propósito de ciertos espacios. Su función preventiva ayuda a evitar accidentes, como choques y atropellamientos. Es fundamental seguir estas señales para minimizar riesgos. Las señales transmiten su mensaje a través de leyendas, símbolos, o una combinación de ambos, y pueden incluir siluetas o líneas en la carretera. Además, las señales de tránsito se diferencianpor colores: las rojas indican prohibición, las amarillas advierten de posibles peligros, y las verdes proporcionan ciertas indicaciones (INEN, 2011a).

2.8.1 Señalización vertical

Estas señales suelen estar colocadas a lo largo de los bordes de las carreteras o en las

aceras y proporcionan instrucciones esenciales para el uso adecuado de la vía. Además de orientar a los conductores y peatones, estas señales también contribuyen a la organización del tráfico y la seguridad vial. Su ubicación estratégica permite que sean fácilmente visibles y entendible.

2.8.2 Señales regulatorias-R

Estas señales controlan y dirigen el tráfico, estableciendo cuándo se debe cumplir con un requerimiento legal. Ignorar estas señales constituye una infracción de tránsito, con posibles sanciones legales. Son esenciales para la organización del tráfico y la seguridad vial, ya que su correcta observancia previene accidentes y protege a los usuarios de la vía (INEN, 2011a):

No entre (R2-7)

Esta señal prohíbe a los vehículos avanzar más allá del punto donde está instalada. Es crucial que su ubicación sea clara para los conductores, indicando de manera inequívoca la prohibición de entrada en esa vía (INEN, 2011a).

Ilustración 16. Señalización no entre (R2-7)

R2-7

Fuente: INEN, señalización vertical, 2011

Pare (R1-1)

Colocada en intersecciones de calles secundarias que no tienen prioridad sobre la vía

principal, esta señal obliga a los vehículos a detenerse completamente antes de continuar, con el objetivo de evitar accidentes (INEN, 2011a).

Ilustración 17. Señalización pare (R1-1)

Fuente: INEN, señalización vertical, 2011

No estacionar (R5-1c)

Esta señal prohíbe estacionar en la vía señalizada, pudiendo aplicarse a ambos lados de la carretera para garantizar una mayor fluidez del tráfico (INEN, 2011a).

Ilustración 18. Señalización no estacionarse ni a la derecha ni a la izquierda (R5-1c)

Fuente: INEN, señalización vertical, 2011

Parada de bus (R5-6)

Indica los puntos específicos donde los autobuses deben detenerse para recoger pasajeros.

Es fundamental que estas paradas se ubiquen en zonas con buena visibilidad para que los vehículos puedan rebasar con seguridad (INEN, 2011a).

Ilustración 19. Señalización parada de autobuses (R5-6)

R5-6

Fuente: INEN, señalización vertical, 2011

Doble vía (R2-2)

Ubicada al inicio de calles, esta señal informa a los conductores que la vía tiene un sentido de circulación en ambos sentidos y se coloca en todas las intersecciones y cruces pertinentes (INEN, 2011a).

Ilustración 20. Señalización doble vía (R2-2)

R2-2

Fuente: INEN, señalización vertical, 2011

Ceda el paso (R1-2)

Instalada antes de intersecciones con buena visibilidad, esta señal indica a los conductores

que deben permitir el paso a los vehículos que circulan por la vía principal, pudiendo avanzar sólo si no hay tráfico (INEN, 2011a).

Ilustración 21. Señalización ceda el paso (R1-2)

Fuente: INEN, señalización vertical, 2011

Límite máximo de velocidad (R4-1)

Esta señal indica la velocidad máxima permitida en una carretera, basándose en estudios del tipo de vía, velocidad de diseño y registro de accidentes. Puede incluir una placa adicional que especifique si el límite se aplica a tipos específicos de vehículos (INEN, 2011a).

Ilustración 22. Velocidad máxima (R4-1)

Fuente: INEN, señalización vertical, 2011

Reduzca la velocidad (R4-4)

Utilizada en áreas donde se requiere una disminución de la velocidad debido a una

próxima detención, esta señal no reemplaza otras señales preventivas, sino que actúa como complemento para advertir a los conductores con anticipación (INEN, 2011a).

Ilustración 23. Señalización reducir velocidad (R4-4)

Fuente: INEN, señalización vertical, 2011

No rebasar (R2-13)

Prohíbe la maniobra de adelantamiento en una vía de doble sentido, siendo esencial que se coloque en ambos lados de la carretera para que los conductores en ambos sentidos comprendan claramente la restricción (INEN, 2011a).

Ilustración 24. Prohibido adelantar (R2-13)

Fuente: INEN, señalización vertical, 2011

Las señales de tránsito desempeñan un papel crucial en la regulación y seguridad vial al guiar y ordenar el comportamiento de conductores y peatones. Desde la señal de Pare (R1-

1) que obliga a detenerse en intersecciones hasta el límite máximo de velocidad (R4-1) que indica la velocidad permitida, todas comparten el objetivo de prevenir accidentes y mantener un flujo vehicular eficiente. Estas señales establecen normas claras que deben seguirse para evitar situaciones peligrosas y garantizar una convivencia segura en las carreteras, basándose en principios de claridad, visibilidad y cumplimiento legal.

2.8.2.1 Señales Preventivas (P):

Las señales preventivas, como Pare (R1-1) y No rebasar (R2-13), desempeñan un papel crucial al advertir a los conductores sobre condiciones inesperadas o peligrosas en la vía y áreas adyacentes. Estas señales están diseñadas para anticipar a los usuarios del camino sobre situaciones como intersecciones sin prioridad, curvas cerradas, zonas de reducción de velocidad, o áreas propensas a deslizamientos o inundaciones. Al proporcionar esta información anticipada, permiten a los conductores ajustar su velocidad y comportamiento, reduciendo así el riesgo de accidentes y promoviendo la seguridad vial en todo momento (INEN, 2011a).

2.8.2.2Señales de Información (I):

Las señales de información, como Límite máximo de velocidad (R4-1) y Reduzca la velocidad (R4-4), cumplen una función informativa esencial al guiar a los usuarios de la vía sobre direcciones, distancias, destinos, servicios disponibles y puntos de interés turístico. Estas señales no solo orientan a los conductores hacia rutas específicas, sino que también mejoran la eficiencia del tráfico al proporcionar información relevante que facilita la toma

de decisiones informadas, como cambios de carril anticipados o preparación para próximas salidas o intersecciones importantes (INEN, 2011a).

2.8.2.3Señales Especiales Delineadoras (D):

Las señales especiales delineadoras, como No entre (R2-7) y Doble vía (R2-2), son fundamentales para marcar áreas con cambios bruscos en la configuración de la vía, como estrechamientos repentinos, alturas limitadas, o la presencia de obstáculos físicos. Estas señales aseguran una transición segura y fluida entre diferentes secciones de la carretera, alertando a los conductores sobre posibles riesgos y facilitando maniobras seguras, como cambios de carril o ajustes de velocidad. Su visibilidad clara y colocación estratégica son clave para garantizar que los usuarios de la vía puedan anticipar y responder adecuadamente a las condiciones cambiantes del entorno vial (INEN, 2011a).

2.8.3 Señalización horizontal

Las señales de tránsito deben cumplir con una serie de criterios fundamentales para garantizar su efectividad y utilidad en la seguridad vial. Es imprescindible que sean esenciales y necesarias, respondiendo a situaciones específicas de la vía que requieren la atención del conductor. Deben ser visibles claramente, captando la atención de los conductores en todo momento y ubicadas estratégicamente para una visibilidad óptima. Además, deben ser de fácil comprensión y rápida interpretación, asegurando que los usuarios

puedan tomar decisiones informadas de manera instantánea. Es crucial que estas señales inspiren respeto y confianza, transmitiendo un mensaje claro y creíble que motive el cumplimiento de las normas de tránsito para garantizar la seguridad de todos los usuarios de la vía (INEN, 2011b).

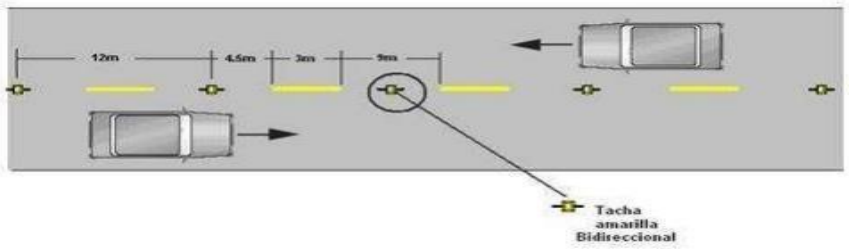
2.8.3.1 Líneas de Separación de Flujos Contrarios

Esencialmente pintadas de color amarillo, estas líneas dividen vías donde el tráfico circula en ambas direcciones, asegurando una clara separación entre los carriles opuestos (INEN, 2011b).

Líneas Segmentadas para Dirección Opuesta

Estas líneas amarillas permiten el cruce cuando es seguro, siendo utilizadas en tramos donde la geometría de la carretera permite adelantamientos y giros (INEN, 2011b).

Ilustración 25. Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta

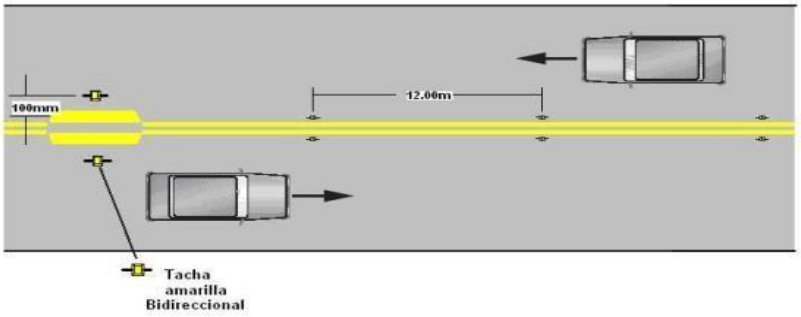


Fuente: INEN señalización horizontal

Doble Línea Continua

Implementada en calzadas de doble sentido donde curvas, pendientes u otros obstáculos reducen la visibilidad, evitando adelantamientos o giros a la izquierda de forma segura (INEN, 2011b).

Ilustración 26. Doble línea continua (línea de barrera)

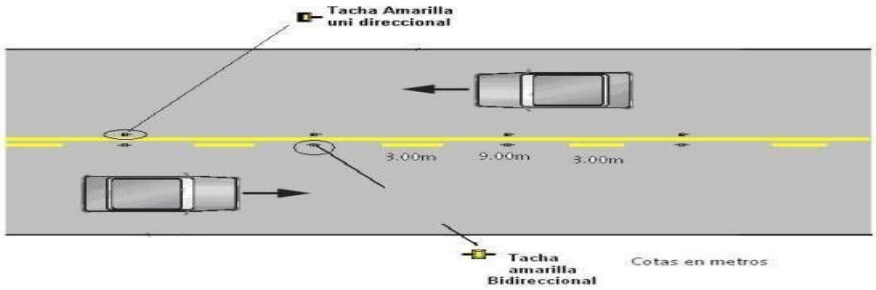


Fuente: INEN señalización horizontal

Doble Línea Mixta

En estas líneas, los vehículos pueden cruzar desde la línea segmentada para adelantar, siempre que sea seguro hacerlo. Se prohíbe cruzar desde la línea continua para realizar adelantamientos (INEN, 2011b).

Ilustración 27. Doble línea mixta: continua y segmentada



Fuente: INEN señalización horizontal

CAPÍTULO 3

3. Metodología

3.1 Equipamiento y materiales utilizados.

3.1.1 Estación Total

La introducción de la estación total ha marcado un avance significativo en la práctica de la topografía, revolucionando el proceso de levantamiento comparado con décadas anteriores. Esta herramienta electro-óptica combina las funciones de un teodolito electrónico con las capacidades avanzadas de un distanciómetro y un microprocesador, todos integrados en un dispositivo compacto. Equipada con una pantalla LCD alfanumérica, leds indicadores, y iluminación adaptable, la estación total permite realizar mediciones precisas incluso en condiciones de luz solar directa. Su capacidad de almacenamiento electrónico y la compatibilidad con software para ordenadores personales facilitan la captura,

almacenamiento, y análisis de datos topográficos en tiempo real. (Grupo Grasa, 2020).

Ilustración 28. *Estación Total*

Fuente: Autor propio

3.1.2 Intercomunicadores

Para garantizar un levantamiento topográfico preciso y eficiente, se emplearon intercomunicadores para mantener comunicación constante entre los miembros del equipo durante las mediciones. Dada la extensión de las distancias involucradas en el levantamiento, era crucial mantener una comunicación clara y constante para asegurar la precisión de las mediciones y la coordinación entre todos los involucrados en el proceso.

Ilustración 29. Estación Total

Fuente: Autor propio

3.1.3 GPS

Un GPS (Global Positioning System) es un sistema de navegación por satélite que permite determinar la ubicación precisa en cualquier parte del mundo. Utiliza una red de satélites en órbita alrededor de la Tierra que transmiten señales a receptores GPS en la superficie terrestre. Estos receptores calculan la posición exacta mediante trilateración, que consiste en medir la distancia desde al menos tres satélites y calcular las coordenadas geográficas (latitud, longitud y a veces altitud) del receptor.

Ilustración 30. GPS

Fuente: Embrands, 2021.

3.1.4 Flexómetro

Se utilizó una cinta métrica de 5 metros para medir con precisión los equipos como la estación total y los jalones necesarios para llevar a cabo el levantamiento del proyecto de manera adecuada y precisa.

Ilustración 31. Flexómetro

Fuente: El Ferretero, 2024.

3.1.5 Hitos

Se utilizó el método de bloques de hormigón, esto para ser incrustados en el terreno evitando que sean removidos por personas o factores externos como el viento, lluvia, etc. Estos se emplearon para la señalización efectiva de separación de cada 500 metros de la vía total.

3.1.6 Ordenador

Este instrumental desempeña un papel fundamental en el proyecto al facilitar la recolección precisa de datos durante el levantamiento topográfico. Su función es crucial para obtener mediciones exactas de la estación total y otros equipos utilizados, proporcionando la base indispensable para realizar cálculos detallados de múltiples aplicaciones, así como

diseñar de manera efectiva cada fase del proyecto técnico.

3.2 Recopilación de datos

El punto principal para una correcta y completa recolección de datos, se basa en todas y cada una de las visitas al campo de trabajo, esto gracias debido a la directa relación con el lugar para la obtención de datos necesarios como:

- Reconocimiento de la zona: estado antiguo y presente
- Recolección de flujo vehicular: lunes-Domingo
- Replanteo de la zona
- Levantamiento de la zona
- Obtención de muestras de la zona
- Comunicación con moradores de la zona: datos del lugar
- Relación directa con el área de trabajo

3.2.1 Ubicación del proyecto

Nuestra vía de trabajo está localizada en la vía Cochapata – Morasloma, perteneciente al cantón Nabón, provincia del Azuay, aproximadamente a 66 km de la ciudad de Cuenca, los puntos del proyecto se realizarán entre las abscisas --- hasta ---, cabe recalcar que la vía de trabajo mantiene un presente escaso donde no existe un diseño geométrico ni estructural.

3.2.2 Determinación de TPDA

3.2.2.1 Ubicación de estaciones de conteo

Las estaciones deben situarse en lugares estratégicos que permitan una vista clara de los vehículos que entran y salen de la vía. Esta ubicación estratégica garantiza la recolección de datos precisos durante el conteo vehicular, además de estar ubicado en una especie de parada de bus, donde se nos ha facilitado la colocación y área de visualización de esta.

Ilustración 32. Ubicación de la cámara y estaciones de conteo

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.2 Conteo de vehículos

La determinación del flujo vehicular se lo desarrolla en base al conteo vehicular, por lo que es crucial la colocación de una cámara en la vía principal, directamente antes de la entrada a la vía del proyecto, en lapsos de 15 minutos durante las 24 horas del día, además el punto estratégico de la cámara logrará obtener visualización de los vehículos que vengan desde y hacia el centro de Nabón como también de La ramada-Nabón (E1, E2).

Tabla 15. Formato de conteo vehicular

Periodo de hora	15	Conteo vehicular Cochapata Morasloma, La ramada Nabón-Nabón										
	DC MT	LIVIANOS	BUSES		Camiones							
					2 ejes	3 ejes	4 ejes	Tráiler	Volquetas			
00H00-01H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											
01H00-02H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											
02H00-03H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											
03H00-04H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											
04H00-05H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											

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

3.2.2.3 Análisis de datos

Para el diseño geométrico y de pavimentos, es crucial obtener datos exactos del conteo vehicular. Esto implica un análisis detallado de los ejes de los vehículos que transitan por la vía y las proyecciones futuras una vez que la carretera haya sido mejorada.

CAPÍTULO 4

4. CÁLCULOS

4.1 Conteo vehicular

En base a la colocación de la cámara en la entrada de la vía de proyecto, junto a la vía principal, se toman como bases de análisis E1 y E2 como estaciones de ingreso de vehículos, uno de La ramada-Nabón y de Nabón, se realizó la determinación del flujo vehicular: cantidad de vehículos que ingresan, salen y tipo de vehículo, todo esto se realizó en base al horario general TPDA, 24 horas al día (00h00 (am) -23h00 (pm)), durante los 7 días completos de la semana, esto para determinar con tránsito que transcurre en la vía del proyecto en una semana de labor.

Tabla 16. Conteo total de vehículos en una semana

TOTAL, DE VECHÍCULOS QUE ENTRAN Y SALEN EN 24 HORAS

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
16/Junio	17/Junio	18/junio	19/Junio	20/Junio	21/Junio	22/Junio
7	15	11	17	22	25	6

Fuente: Autor propio

Se realizó el conteo de vehículos durante las 24 horas del día en el que se registró el mayor flujo de tráfico. Basándose en la observación del viernes, se procedió a calcular el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) como se indica.

Cabe recalcar que, en base a la observación de tránsito, los vehículos en la vía son casi nula, al ser una vía muy estrecha y pobre en diseño solo existe la circulación de livianos y motos:

Tabla 17. Resumen de giros en un día

LISTA DE GIROS= Vehículos 00H00 - 24H00			
Intersección:	**La Ramac a-Nabó**		
Viernes, 21 de Junio de 2024			INTERSECCION: I1
O -D	S1	S2	Total
E1	0	16	16
E2	0	9	9
	0	25	25

Fuente: Elaboración propia

4.1.1 Factor horario

El factor horario se realiza en base a un día completo de labor, es decir 24 horas:

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

Demostrando el resultado de nuestro factor horario: 1

4.1.2 Factor diario

El factor diario se basa en la duración de días en los que se realizar el conteo de tránsito vehicular, en nuestro caso lo realizamos en el transcurso de una semana, por lo que el numero a relacionar es 7:

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

Demostrando el resultado de nuestro factor horario: 1

4.1.3 Factor semanal

El factor semanal se desarrolla en base al número de semanas que contiene cada respectivo mes del año, siendo este año el año en el que se realiza el conteo respectivo para el proyecto, nuestro mes fue junio y nuestro año 2024, por lo que el factor se determina de la siguiente manera:

Tabla 18. *Factor semanal*

Mes	# DIAS	# SEMANAS	Fs
Enero	31	4.428571429	1.107142857
Febrero	29	4.1428571432	1.0357142862
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: Elaboración propia

Demostrando el resultado de nuestro factor horario: 1.071428571

4.1.4 Factor mensual

Este factor se lo considera en base a la tabla de consumo de combustible más actualizado en referencia al Azuay . esto para determinar los factores de consumo de cada uno de los meses transcurridos, en este caso, la tabla de consumo más actualizada corresponde al año de 2022, siendo nuestro mes de trabajo: JUNIO: 1.00352997

Tabla 19. *Consumo de combustible provincia del Azuay año 2022*

CONSUMO DE COMBUSTIBLES PROVINCIA DEL AZUAY 2022

MES	87 OCTANOS	92 OCTANOS	DIESEL PREMIUM	SUMA	FACTOR
Enero	5041034	426906.5	3821602.5	9289543	1.059591651
Febrero	4880835.5	433297.5	3541383	8855516	1.111524411
Marzo	5355979	453869	3841102.5	9650950.5	1.019912205
Abril	5032951.5	413959	3736006.5	9182917	1.071894934
Mayo	5078271.5	399376	4163812	9641459.5	1.020916201
Junio	5196708.5	387913	4223877	9808498.5	1.00352997
Julio	5547513	419991	4503172.5	10470676.5	0.940065545
Agosto	5452804.5	428022	4448420	10329246.5	0.9529371
Septiembre	5349558.5	389638	4417145.5	10156342	0.969160177
Octubre	5258977.5	392703	4126129	9777809.5	1.006679687
Noviembre	5417543	396626	4330417.5	10144586.5	0.970283235
Diciembre	5907968	444560.5	4457392.5	10809921	0.91056375
	63520144.5	4986861.5	49610460.5	118117466.5	
			COSTO PROMEDIO MENSUAL	9843122.208	

Fuente: Recursos y Energía, 2022

4.2 Cálculo de TPDA

La ecuación del TPDA se lo realiza en base a todos los factores determinados anteriormente, se lo realiza de la siguiente manera:

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

$$TPDA = 25 * 1 * 1 * 1.00352997 * 1.071428571$$

$$TPDA = 25 * 1 * 1 * 1.00352997 * 1.071428571$$

$$TPDA = 27$$

Tabla 20. Corrección de tráfico observado:

	E1	E2	TOTAL
LIVIANOS	15	8	25
MOTOS	2	1	2
TOTAL	18	9	27

Fuente: Elaboración propia

4.3 Proyecciones de tráfico

Una vez que se obtiene el TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual), se avanza a proyectar la cantidad de vehículos esperada para un periodo de diseño de 20 años. Este proceso implica el uso de varios factores, incluyendo la tasa de motorización, la tasa de saturación, diversas constantes a determinar y el factor tiempo. Se recurre al modelo logístico, el cual establece la relación de motorización. Esta metodología es crucial para planificar adecuadamente la

infraestructura vial y asegurar que pueda soportar el tráfico futuro, garantizando así una vida útil efectiva de la carretera, cuya ecuación se representa de la siguiente manera (MTOP, 2003).

$$TPDA_{futuro} = TPDA_{actual} * (1 + i)^n$$

Donde:

i= Tasa de crecimiento **PORCENTAJE** anual

n=Años proyectados **LIVIANOS**

En base a nuestro TPDA, **3,4%,** determinamos la nulidad de buses y camiones, por lo que se especifica la circulación única de vehículos livianos, además en el año de 2023, las ventas de vehículos livianos en la provincia de Azuay crecieron en un 3,4%, por lo que determinamos dicho valor como nuestro porcentaje de crecimiento vehicular en el Azuay (AEADE, 2023).

Tabla 21. Porcentaje de crecimiento vehicular en el Azuay 2023

Fuente: Elaboración propia

Después de obtener los porcentajes de crecimiento vehicular, se calculará el TPDA futuro utilizando la ecuación de TPDA FUTURO. Los valores correspondientes se presentan en la Tabla 9 para periodos de 10 y 20 años.

Tabla 22. TPDA FUTURO

% CRECIEMIENTO				TRANSITO PROMEDIO DIARIO				CAMIONES	
AÑO	**AUTOS**	**BUSES**	**CAMIONES**	**TPD TOTAL**	**AUTOS**	**BUSES**	**CAMIONES**	**3-A**	**2db**
2023	3.40%	0%	0%	26	26	0	0	0	0
2024	3.40%	0%	0%	27	27	0	0	0	0
2025	3.40%	0%	0%	28	28	0	0	0	0
2026	3.40%	0%	0%	29	29	0	0	0	0
2027	3.40%	0%	0%	30	30	0	0	0	0
2028	3.40%	0%	0%	31	31	0	0	0	0
2029	3.40%	0%	0%	32	32	0	0	0	0
2030	3.40%	0%	0%	33	33	0	0	0	0
2031	3.40%	0%	0%	34	34	0	0	0	0
2032	3.40%	0%	0%	35	35	0	0	0	0
2033	3.40%	0%	0%	36	36	0	0	0	0
2034	**3.40%**	**0%**	**0%**	**37**	**37**	**0**	**0**	**0**	**0**
2035	3.40%	0%	0%	38	38	0	0	0	0
2036	3.40%	0%	0%	39	39	0	0	0	0
2037	3.40%	0%	0%	40	40	0	0	0	0
2038	**3.40%**	**0%**	**0%**	**41**	**41**	**0**	**0**	**0**	**0**
2039	3.40%	0%	0%	43	43	0	0	0	0
2040	3.40%	0%	0%	45	45	0	0	0	0
2041	3.40%	0%	0%	47	47	0	0	0	0
2042	3.40%	0%	0%	49	49	0	0	0	0
2043	3.40%	0%	0%	51	51	0	0	0	0
2044	**3.40%**	**0%**	**0%**	**53**	**53**	**0**	**0**	**0**	**0**
				RANGO CRECIMIENTO			3.40%		
				TPDA ACTUAL			27		
				FACTOR DE CRECIMIENTO			0.918		
				FACTOR DE CRECIMIENTO APROXIMADO			1		
				ADICIÓN DE VEHÍCULOS			1		
				AÑO CRÍTICO			2038		

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta un ejemplo de cómo calcular el TPDA de diseño para un horizonte de 20 años.

LIVIANOS:

$$TPDA_{20\ años} = TPDA_{actual} * (1 + i)^n$$

$$TPDA_{20\ años} = 27 * (1 + 0.034)^{20}$$

$$TPDA_{20\ años} = 53$$

$$TPDA_{diseño} = 53$$

4.3.1 Clasificación de tipo de vía

Tabla 23. Clasificación de Vías

Clasificación de vía según el TPDA				
CLASE I	CLASE II	CLASE III	CLASE IV	CLASE V
3000-8000	1000-3000	300-1000	100-300	MENOS DE 100

Fuente: MTOP, 2003.

En base a nuestra tabla de referencia, demostramos nuestro proyecto de clase V, dato que será necesario para nuestro diseño geométrico

4.4 Calculo de ESALs

Para convertir ejes equivalentes, seguiremos las directrices del manual de diseño de pavimentos AASHTO-93. Este manual nos ayuda a identificar las diversas cargas que diferentes vehículos ejercen sobre un pavimento y a convertirlas en un número equivalente de repeticiones de carga, utilizando un eje estándar de 18 Kips, conocido como ESAL (Equivalente Simple Axial Load). Para realizar este cálculo, se emplea la siguiente ecuación.

$$N = No * 365 * Fc * Fd * \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

Donde:

No= Número de ejes equivalentes/día en el año base del periodo de diseño

N= Número de ejes equivalentes/año en proyección al periodo de diseño

Fd= factor dirección

Fc= Factor carril

i= Crecimiento vehicular

n= años del periodo a realizarse

El Factor de Carril (Fc) depende del número de carriles en cada dirección, con valores recomendados por la AASHTO, que se encuentran en la Tabla 13. Para este proyecto, que tendrá un carril en cada dirección, se utilizará un valor de Fc de 1.00.

Tabla 24. *Factor carril de diseño*

N° TOTAL DE CARRILES ENCADA DIRECCIÓN	FACTOR DE DISTRIBUCIÓNPARA EL CARRIL DE DISEÑO
1	**1.00**
2	**0.90**
3	**0.75**

Fuente:AASHTO93

El Factor de Dirección (Fd) se refiere al porcentaje de tráfico en cada dirección de circulación. Generalmente, se asume un valor de 0.5, lo que significa que el flujo vehicular se divide equitativamente entre ambas direcciones. A continuación, se muestran los valores calculados de ejes equivalentes para periodos de 10 y 20 años, necesarios para determinar el W18.

Tabla 25. *Factor carril de diseño*

Fuente: Elaboración propia

$$w_{18} = 50572.5119\ kips$$

En este sector las calles son utilizadas por los residentes de dicha zona en la cual su uso es definido para desplazamientos cortos y cotidianos. La presencia de vehículos pesados obstruye el paso causando congestiones vehiculares, dificultando la movilidad local,

bloqueando intersecciones, zonas de cruce peatonal, complicando la seguridad y accesibilidad. Estos vehículos aumentan el riesgo de siniestros para los peatones. También deterioran rápidamente las calles de tierra aumentando así los costos de mantenimiento. Por lo que no se cuenta con la presencia del tránsito de vehículos pesados en esta vía.

4.5 Diseño de pavimento flexible

Después del cálculo del ESALs obtenemos el valor de 50572.5119 correspondiente al año de proyección procediendo a calcular el diseño de pavimento flexible por medio del método AASHTO93. Sin embargo, se determina la necesidad de realizar 3 diseños diferentes debido a la variación de condiciones en cada kilómetro de proyecto, siendo 0+500, 1+500 y 2+500 respectivamente.

4.5.1 Datos iniciales

Los datos iniciales en base al diseño W18 corresponde a un valor de 50572.5119, siendo este valor el proyectado en años para el respectivo diseño, velocidad de diseño y CBR.

Como se desarrolló anteriormente, el proyecto consta de 3 CBR diferentes, esto debido a la variación de condiciones, por lo que se determina un diseño específico para cada tramo o kilómetro, como se demuestra en la siguiente tabla:

Tabla 26. Datos iniciales

N° calicata	abscisa proyecto	profundidad	LIMITES		
			LL	LP	IP
1	0+500	1.5	37	23	14
2	1+500	1.5	53	31	22
3	3+000	1.5	61	30	31

GRANULOMETRIA					
PASANTE N° 200	PASANTE N°40	PASANTE N°4	GRAVA	ARENA	FINOS
19	26	41	59	23	19
4	6	30	70	27	4
22	27	46	54	23	22

CLASIFICACION		CH%	COMPACTACION		CBR %
SUCS	AASHTO		DSM Kg/m3	OCH%	
GC	A-2-6	14.1	1836.57	14.68	11.2
GW	A-2-7	18.87	1654	17.11	7
GC	A-2-7	22.28	1555	22.03	6.6

Fuente: elaboración propia

4.5.2 Determinación de parámetros de confiabilidad

Estos parámetros se determinan en base a las siguientes tablas:

Tabla 27. Niveles de confiabilidad R según AASHTO

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

Se considera el valor de 90% debido a las condiciones de la zona.

Continuamos con la desviación estándar, la cual se escoge en base a la siguiente tabla:

Tabla 28. Desviación estándar, Zr

Confiabilidad (R%)	Desviacion 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

El parámetro de serviciabilidad se rige en las siguientes tablas:

Ilustración 33. Valores escogidos, parámetro de serviciabilidad

- Indice de serviciabilidad inicial (pi)			
4.2	pavimentos flexible	Pi	*4.20*
4.5	pavimentos rígidos		
- Indice de serviciabilidad final (pt)			
2.5 ó 3.0	carretras principales	Pt	*2.50*
2	carreteras con clasificación menor		
1.5	carreteras relativamente menores , donde las condiciones económicas determinan que gastos iniciales deben ser mantenidos bajos		

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

Cuando hablamos de criterios para selección de desviación estándar total, nos referimos a la mejor opción en cuanto a personificación y diseño propio, por lo que nos mantenemos con la siguiente tabla:

Ilustración 34. Valores escogidos, parámetro de serviciabilidad

Criterio para la selección de la Desviacion estandar total (So)

0.30	**-**	**0.40**	Pavimentos rigidos
0.40	**-**	**0.50**	Pavimentos flexibles

So 0.45

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

4.5.3 Calculo de modulo resiliente y módulo de elasticidad

Los respectivos informes de ensayos PROCTOR y CBR se adjuntan en el Anexo N. y Anexo O. donde se demuestran respectivamente la obtención de los datos de estos ensayos.

Con los cálculos respectivos al módulo resiliente se obtienen los siguientes datos:

Ilustración 35. modulo resiliente y módulo de elasticidad 0+500

DATOS DE SUELO	
CBR BASE (%)	11.2
CBR SUBBASE (%)	40
CBR SUBRASANTE (%)	11.2
ESTABILIO MARSHALL (N)	10000
F´c (Mpa)	210
Modulo Resiliente (Psi)	11,992.0

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 36. modulo resiliente y módulo de elasticidad 1+500

DATOS DE SUELO	
CBR BASE (%)	7
CBR SUBBASE (%)	40
CBR SUBRASANTE (%)	7
ESTABILIO MARSHALL (N)	10000
F´c (Mpa)	210
Modulo Resiliente (Psi)	8,876.7

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 37. modulo resiliente y módulo de elasticidad 2+500

DATOS DE SUELO	
CBR BASE (%)	6.6
CBR SUBBASE (%)	40
CBR SUBRASANTE (%)	6.6
ESTABILIO MARSHALL (N)	10000
F´c (Mpa)	210
Modulo Resiliente (Psi)	8,548.7

Fuente: Elaboración propia

4.5.4 Calculo de módulos resilientes y coeficientes estructurales

Para calcular adecuadamente, es esencial tener en cuenta que los módulos resilientes de las capas de subbase y base presentan variaciones. Estas variaciones se deben a que estas capas se diseñan utilizando diferentes valores del Índice de Capacidad de Soporte California (CBR). Este índice influye en las propiedades mecánicas y en la capacidad de soporte del material, lo que a su vez afecta los módulos resilientes de cada capa. Por lo tanto, es crucial ajustar los cálculos de los módulos resilientes según el CBR específico utilizado en el diseño de la subbase y la base para garantizar un diseño adecuado y funcional de la estructura del pavimento.

Ilustración 38. Desarrollo de modulo resiliente y módulo de elasticidad 0+500

1 KN	1000 NEWTON								
1000 NEWTON	101.972								
1 NEWTON	0.101972 Kg.								
Coeficiente Estructural Capa Asfáltica			*Coeficiente Estructural Bases Tratadas con Asfálto*			*Coeficiente Estructural Capa Base Granular Triturada*		*Coeficiente Estructural Capa Sub Base Granular*	
Estabilidad Marshall (N)	*Estabilidad Marshall (Kg)*	*Coeficiente Estructural (a1)*	*Estabilidad Marshall (N)*	*Estabilidad Marshall (Kg)*	*Coeficiente Estructural (a2)*	*Valor CBR*	*Coeficiente Estructural (a3)*	*Valor CBR*	*Coeficiente Estructural (a4)*
5000	510	0.33	1000	102	0.12	40	0.11	10	0.08
6000	612	0.36	2000	204	0.17	50	0.12	20	0.09
7000	714	0.39	3000	306	0.20	60	0.12	30	0.11
8000	816	0.41	4000	408	0.22	70	0.13	40	0.12
9000	918	0.43	5000	510	0.25	80	0.13	50	0.12
10000	1020	0.45	6000	612	0.27	90	0.14	60	0.13
			7000	714	0.29	100	0.14		
			8000	816	0.31				
1020	***0.45***		***500***	***0.22***		***90***	***0.14***	***45***	***0.12***
10000	***0.45***		***500***	***0.22***		***90***	***0.14***	***45***	***0.12***
% de Deterioro de la Vía	***10***								
Coef. De Reducción sup. De Rodadura	***0.405***		*Coef. De Reducción Base Asf. Estab.*	***0.198***		*Coef. De Reducción Base Gran. Trit.*	***0.126***	*Coef. De Reducción Sub Base Granular*	***0.108***
Coef. De Reducción sup. De Rod. Propuesta	***0.405***		*Coef. De Reducción Base Asf. Estab. Propuesta*	***0.198***		*Coef. De Reducción Base Gran. Trit. Propuesta*	***0.126***	*Coef. De Reducción Sub Base Granular Propuesta*	***0.108***

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 39. Desarrollo de modulo resiliente y módulo de elasticidad 1+500

1 KN	1000 NEWTON
1000 NEWTON	101.972
1 NEWTON	0.101972 Kg.

Coeficiente Estructural Capa Asfáltica			Coeficiente Estructural Bases Tratadas con Asfálto			Coeficiente Estructural Capa Base Granular Triturada		Coeficiente Est B
Estabilidad Marshall (N)	Estabilidad Marshall (Kg)	Coeficiente Estructural (a1)	Estabilidad Marshall (N)	Estabilidad Marshall (Kg)	Coeficiente Estructural (a2)	Valor CBR	Coeficiente Estructural (a3)	
5000	510	0.33	1000	102	0.12	40	0.	
6000	612	0.36	2000	204	0.17	50		
7000	714	0.39	3000	306	0.20	60		
8000	816	0.41	4000	408	0.22	70		
9000	918	0.43	5000	510	0.25			
10000	1020	0.45	6000	612	0.27			
			7000	714	0.29			
			8000	816	0.31			

1020	0.45		500	0.22
10000	0.45		500	
% de Deterioro de la Vía	10			
Coef. De Reducción sup. De Rodadura	0.405			
Coef. De Reducción s De				

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 40. Desarrollo de modulo resiliente y módulo de elasticidad 2+500

1 KN	1000 NEWTON
1000 NEWTON	101.972
1 NEWTON	0.101972 Kg.

Coeficiente Estructural Capa Asfáltica			Coeficiente Estructural Bases Tratadas con Asfálto			Coeficiente Estructural Capa Base Granular Triturada		Coeficiente Estructural Capa Sub Base Granular	
Estabilidad Marshall (N)	Estabilidad Marshall (Kg)	Coeficiente Estructural (a1)	Estabilidad Marshall (N)	Estabilidad Marshall (Kg)	Coeficiente Estructural (a2)	Valor CBR	Coeficiente Estructural (a3)	Valor CBR	Coeficiente Estructural (a4)
5000	510	0.33	1000	102	0.12	40	0.11	10	0.08
6000	612	0.36	2000	204	0.17	50	0.12	20	0.09
7000	714	0.39	3000	306	0.20	60	0.12	30	0.11
8000	816	0.41	4000	408	0.22	70	0.13	40	0.12
9000	918	0.43	5000	510	0.25	80	0.13	50	0.12
10000	1020	0.45	6000	612	0.27	90	0.14	60	0.13
			7000	714	0.29	100	0.14		
			8000	816	0.31				

1020	0.45		500	0.22		90	0.14	45	0.12
10000	0.45		500	0.22		90	0.14	45	0.12
% de Deterioro de la Vía	10								
Coef. De Reducción sup. De Rodadura	0.405		Coef. De Reducción Base Asf. Estab.	0.198		Coef. De Reducción Base Gran. Trit.	0.126	Coef. De Reducción Sub Base Granular	0.108
Coef. De Reducción sup. De Rod. Propuesta	0.405		Coef. De Reducción Base Asf. Estab. Propuesta	0.198		Coef. De Reducción Base Gran. Trit. Propuesta	0.126	Coef. De Reducción Sub Base Granular Propuesta	0.108

Fuente: Elaboración propia

4.5.5 Calculo de coeficientes de drenaje

Para calcular los coeficientes de drenaje, es necesario especificar las características de drenaje para poder determinar las condiciones m2 y m3.

Todas las tablas fueron realizadas en base a parámetros establecidos en la AASHTO 1993, siendo los valores escogidos por condiciones de diseño de nuestro proyecto:

Ilustración 41. Parámetros de calidad de drenaje

Calidad de Drenaje	***Tiempo de Eliminación del Agua en***
Excelente	2 Horas
Bueno	1 Día
Regular	1 Semana
Pobre	1 Mes
Malo	El Agua no Drena

Calidad de Drenaje	***Porcentaje de tiempo anual en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles cercanos***						
	0%	***1%***	***1%***	***5%***	***5%***	***25%***	***25% a más***
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*
Malo	*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

Ilustración 42. Factores y porcentajes de calidad de drenaje

Calidad de Drenaje	regular	regular		***Coef.de Drenaje BG***	***0.80***
Porcentaje de Exposición BG	***25%***	104		***Coef. de Drenaje SBG***	***0.80***
Porcentaje de Exposición SBG	***25%***				

Fuente: Elaboración propia

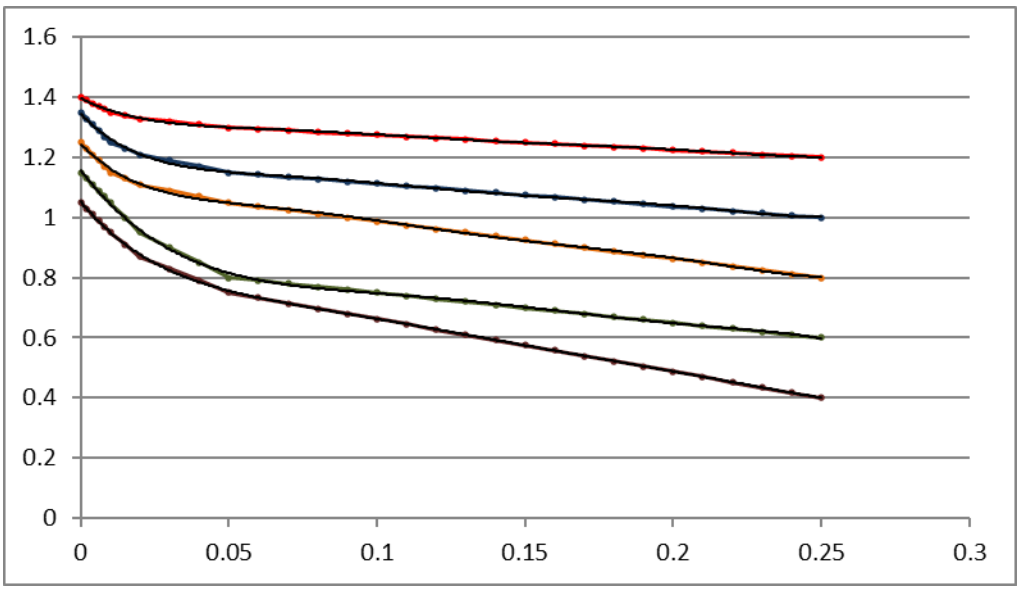
Estos coeficientes y valores de drenaje son determinados para poder realizar el desarrollo de los valores de calidad del mismo, se lo realiza en apoyo de las distintas condiciones de diseño, siendo Excelente, Bueno, Regular, Pobre y Malo, como se especifica en la siguiente tabla y gráfica:

Ilustración 43. Desarrollo de valores de calidad de drenaje

Excelente		***Bueno***		***Regular***		***Pobre***		***Malo***	
	B.G.		***B.G.***	***0.80***	***B.G.***		***B.G.***		***B.G.***
	S.B.G		***S.B.G***	***0.80***	***S.B.G***		***S.B.G***		***S.B.G***
0.0%	1.40	0.0%	1.35	0.0%	1.25	0.0%	1.15	0.0%	1.05
0.2%	1.39	0.2%	1.33	0.2%	1.23	0.2%	1.13	0.2%	1.03
0.4%	1.38	0.4%	1.31	0.4%	1.21	0.4%	1.11	0.4%	1.01
0.6%	1.37	0.6%	1.29	0.6%	1.19	0.6%	1.09	0.6%	0.99
0.8%	1.36	0.8%	1.27	0.8%	1.17	0.8%	1.07	0.8%	0.97
1.0%	1.35	1.0%	1.25	1.0%	1.15	1.0%	1.05	1.0%	0.95
1.5%	1.34	1.5%	1.23	1.5%	1.13	1.5%	1.00	1.5%	0.91
2.0%	1.33	2.0%	1.21	2.0%	1.11	2.0%	0.95	2.0%	0.87
3.0%	1.32	3.0%	1.19	3.0%	1.09	3.0%	0.90	3.0%	0.83
4.0%	1.31	4.0%	1.17	4.0%	1.07	4.0%	0.85	4.0%	0.79
5.0%	1.30	5.0%	1.15	5.0%	1.05	5.0%	0.80	5.0%	0.75
6.0%	1.30	6.0%	1.14	6.0%	1.04	6.0%	0.79	6.0%	0.73
7.0%	1.29	7.0%	1.14	7.0%	1.03	7.0%	0.78	7.0%	0.72
8.0%	1.29	8.0%	1.13	8.0%	1.01	8.0%	0.77	8.0%	0.70
9.0%	1.28	9.0%	1.12	9.0%	1.00	9.0%	0.76	9.0%	0.68
10.0%	1.28	10.0%	1.11	10.0%	0.99	10.0%	0.75	10.0%	0.66
11.0%	1.27	11.0%	1.11	11.0%	0.98	11.0%	0.74	11.0%	0.65
12.0%	1.27	12.0%	1.10	12.0%	0.96	12.0%	0.73	12.0%	0.63
13.0%	1.26	13.0%	1.09	13.0%	0.95	13.0%	0.72	13.0%	0.61
14.0%	1.26	14.0%	1.08	14.0%	0.94	14.0%	0.71	14.0%	0.59
15.0%	1.25	15.0%	1.08	15.0%	0.93	15.0%	0.70	15.0%	0.58
16.0%	1.25	16.0%	1.07	16.0%	0.91	16.0%	0.69	16.0%	0.56
17.0%	1.24	17.0%	1.06	17.0%	0.90	17.0%	0.68	17.0%	0.54
18.0%	1.24	18.0%	1.05	18.0%	0.89	18.0%	0.67	18.0%	0.52
19.0%	1.23	19.0%	1.05	19.0%	0.88	19.0%	0.66	19.0%	0.51
20.0%	1.23	20.0%	1.04	20.0%	0.86	20.0%	0.65	20.0%	0.49
21.0%	1.22	21.0%	1.03	21.0%	0.85	21.0%	0.64	21.0%	0.47
22.0%	1.22	22.0%	1.02	22.0%	0.84	22.0%	0.63	22.0%	0.45
23.0%	1.21	23.0%	1.02	23.0%	0.83	23.0%	0.62	23.0%	0.44
24.0%	1.21	24.0%	1.01	24.0%	0.81	24.0%	0.61	24.0%	0.42
25.0%	1.20	25.0%	1.00	25.0%	0.80	25.0%	0.60	25.0%	0.40

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 44. Variación de Calidad



Fuente: Elaboración propia

4.6 Reporte de diseños

Las normas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) de Ecuador especifican las siguientes medidas mínimas para las capas de un pavimento flexible:

Capa de Rodadura:

Espesor mínimo: 3 in

Material: Mezcla asfáltica

Base:

Espesor mínimo: 15 cm

Material: Granular o estabilizado

Subbase:

Espesor mínimo: 15 cm

Material: Granular

Subrasante:

Espesor mínimo: Variable según las condiciones del suelo

Material: Suelo natural compactado

Estas medidas pueden variar según las condiciones específicas del proyecto y los requerimientos de tráfico.

La AASHTO (1993) establece los espesores mínimos de las capas de la siguiente manera:

ESPESORES MINIMOS DE CAPAS (in)		
W18 (10^6)	**Capa Asfaltica**	**Base granular**
<50000	TSD	4,0
50000-150000	2,0	4,0
150000-500000	2,5	4,0
500000-2000000	3,0	6,0
2000000-7000000	3,5	6,0
>7000000	4,0	6,0

ESPESORES MINIMOS DE CAPAS (in)		
W18 (10^6)	**Capa Asfaltica**	**Base granular**
<50000	TSD	10,0
50000-150000	5,0	10,0
150000-500000	6,0	10,0
500000-2000000	8,0	15,0
2000000-7000000	9,0	15,0
>7000000	10,0	15,0

Ilustración 45. REPORTE 0+500

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Diseño de espesores de Pavimento de acuerdo a:

1993 AASHTO Guide for Design of Pavements Structures

Empresa:	R & V
Cliente:	UPS
Descripción del Proy.	DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE AASHTO93
Ubicación:	COCHAPATA-MORASLOMA, NABON
Ingeniero:	VICTOR JHOE REDROBAN & CARLOS EDUARDO VEGA

Diseño de Pavimento Flexible

Número Estructural	1.75623923	**Módulo Resiliente (Psi)**	11,991.97
Desiga ESALs	50,572.51	**Serviciabilidad Inicial**	4.20
Confiabilidad	90%	**Serviciabilidad Final**	2.50
Desviación Estandar	-1.282		

Página 1

Diseño de Espesores de Pavimento

CAPA DE MATERIAL	Coeficiente de Capa (a)	Coeficiente de Drenaje	ESPESOR (Pulg)	Número Estructural de	ESPESOR (cm)	Número Estructural de
Asfalto	0.45	1	3	1.359	8	3.624
Base Granular	0.07	1	1.18	0.082	10	0.693
Sub Base Granular	0.12	1	2.76	0.323	7	0.818
				1.764		**5.136**

Fuente: Elaboración propia

Para los diseños de asfalto, base y subbase se deberán tomar la estructura mínima: 3”, 15cm y 15cm en el orden antes mencionado. Debido a que el diseño calculado se encuentra por debajo de la estructura mínima

Ilustración 46. Dibujo de sección

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 47. REPORTE 1+500

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Diseño de espesores de Pavimento de acuerdo a:

1993 AASHTO Guide for Design of Pavements Structures

Empresa:	R & V
Cliente:	UPS
Descripcion del Proy	DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE AASHTO93
Ubicacion:	COCHAPATA-MORASLOMA, NABON
Ingeniero:	VICTOR JHOE REDROBAN & CARLOS EDUARDO VEGA

Diseño de Pavimento Flexible

Número Estructural	1.980495673	**Módulo Resiliente (Psi**	8,876.74
Design ESALs	50,572.51	**Serviciabilidad Inicial**	4.20
Confiabilidad	90%	**Serviciabilidad Final**	2.50
Desviación Estandar	-1.282		

Página 1

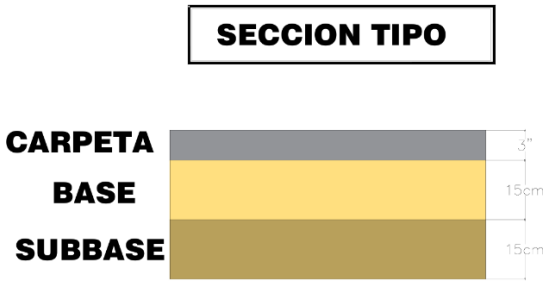
Diseño de Espesores de Pavimento

CAPA DE MATERIAL	Coeficiente de Capa (a)	Coeficiente de Drenaje	ESPESOR (Pulg)	Numero Estructural de	ESPESOR (cm)	Numero Estructural de
Asfalto	0.45	1	3	1.359	8	3.624
Base Granular	0.06	1	3.937	0.235	10	0.596
Sub Base Granular	0.12	1	2.756	0.322	7	0.818
				1.916		**5.039**

Fuente: Elaboración propia

Para los diseños de asfalto, base y subbase se deberán tomar la estructura mínima: 3”, 15cm y 15cm en el orden antes mencionado. Debido a que el diseño calculado se encuentra por debajo de la estructura mínima.

Ilustración 48. Dibujo de sección



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 49. REPORTE 2+500

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Diseño de espesores de Pavimento de acuerdo a:

1993 AASHTO Guide for Design of Pavements Structures

Empresa:	R & V
Cliente:	UPS
Descripcion del Proy	DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE AASHTO93
Ubicacion:	COCHAPATA-MORASLOMA, NABON
Ingeniero:	VICTOR JHOE REDROBAN & CARLOS EDUARDO VEGA

Diseño de Pavimento Flexible

Número Estructural	1.980495673	**Módulo Resiliente (Psi)**	8,213.37
Design ESALs	50,572.51	**Serviciabilidad Inicial**	4.20
Confiabilidad	90%	**Serviciabilidad Final**	2.50
Desviación Estandar	-1.282		

Página 1

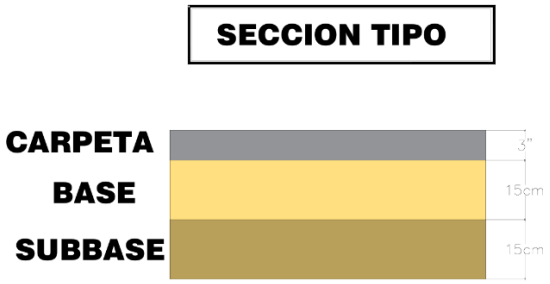
Diseño de Espesores de Pavimento

CAPA DE MATERIAL	*Coeficiente de Capa (a)*	*Coeficiente de Drenaje*	*ESPESOR (Pulg)*	*Numero Estructural de*	*ESPESOR (cm)*	*Numero Estructural de*
Asfalto	0.45	1	3	1.359	8	3.624
Base Granular	0.06	1	3.937	0.226	10	0.574
Sub Base Granular	0.12	1	2.756	0.322	7	0.818
				1.907		**5.016**

Fuente: Elaboración propia

Para los diseños de asfalto, base y subbase se deberán tomar la estructura mínima: 3”, 15cm y 15cm en el orden antes mencionado. Debido a que el diseño calculado se encuentra por debajo de la estructura mínima.

Ilustración 50. Dibujo de sección



Fuente: Elaboración propia

4.7 Diseño geométrico

4.7.1 Velocidad de diseño

En base a nuestro TPDA determinado, rescatamos el tránsito vehicular de 27 vehículos diarios, siendo un terreno montañoso la zona de nuestro proyecto, por ende, se ha desarrollado una velocidad de diseño de 35 km/h.

4.7.2 Velocidad de circulación

Una vez determinado la velocidad de diseño, se establece un volumen de tránsito, el cual demuestra una velocidad de circulación de 35 km/h, siendo el mismo del de diseño.

4.7.3 Diseño horizontal

4.7.3.1 Peralte

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) sugiere la implementación de un peralte del 8% para carreteras donde la velocidad de circulación es inferior a 50 km/h. Este valor ha sido seleccionado debido a su efectividad en mejorar la seguridad y el confort de los conductores en curvas. El peralte del 8% ayuda a contrarrestar las fuerzas centrífugas que actúan sobre los vehículos en movimiento, permitiendo una mayor estabilidad y reduciendo el riesgo de accidentes.

4.7.3.2 Radio mínimo

Para el cálculo de nuestro radio mínimo, se lo desarrolla de la siguiente manera:

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

Los valores se establecen conforme al siguiente método:

$$Velocidad = 35m/s$$

$$e = 0.08\ \%$$

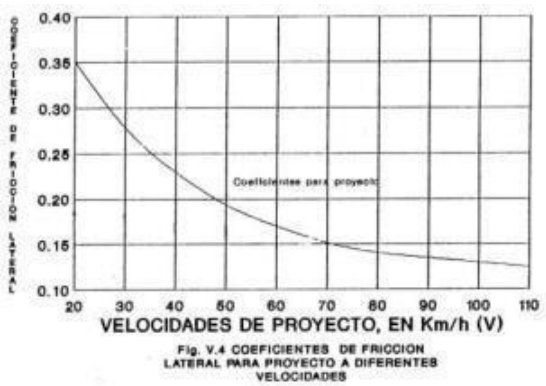
$$f = 25\ m/s$$

$$Rmin = \frac{V^2}{127 * (0.08 + 0.25)}$$

$$Rmin = 29$$

El coeficiente f se determina bajo la siguiente tabla:

Ilustración 48. Estimación de coeficiente fricción lateral



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

4.7.3.3 Sobreancho

La siguiente tabla determina el diseño de sobreancho en base al número de carriles, radio de curva y la velocidad determinante, para todas nuestras curvas se establecen los siguientes

valores:

Tabla 29: Sobreancho de las curvas horizontales

Curvas			
N° carriles	Radio de curva	Velocidad	Sobreancho
2	160	65	0.4

Fuente Elaboración propia

4.7.3.4 Distancia de parada, visibilidad y rebasamiento

La siguiente tabla nos da una referencia de la primera curva del proyecto, con valores de parada, visibilidad y rebasamiento:

Tabla 30. Distancia de parada, visibilidad y rebasamiento

Sight Distance Check

Unit:

Eye Path: Alignment: ALINEAMIENTO 1 (2) Profile: TERRENO - Surface (12)

Eye Offset: 0 Eye Height: 1.5
Object Offset: 0 Object Height: 0.15

Surfaces:
Corredor 2 - (2)

Station	Actual sight distance	Minimum sight distance	Obstruction point	Violated?
0+000.00m	40.000m	40.000m	No	
0+010.00m	40.000m	40.000m	No	
0+020.00m	40.000m	40.000m	No	
0+030.00m	40.000m	40.000m	No	
0+040.00m	40.000m	40.000m	No	
0+050.00m	40.000m	40.000m	No	
0+060.00m	40.000m	40.000m	No	
0+070.00m	30.549m	40.000m	(716630.7968m,9635028.4320m,2719.5419m)	Yes
0+080.00m	20.493m	40.000m	(716630.7453m,9635028.4548m,2719.5481m)	Yes
0+090.00m	11.800m	40.000m	(716631.9404m,9635027.9248m,2719.4040m)	Yes
0+100.00m	37.637m	40.000m	(716665.1762m,9635014.5990m,2718.9200m)	Yes
0+110.00m	27.637m	40.000m	(716665.1762m,9635014.5990m,2718.9200m)	Yes
0+120.00m	17.637m	40.000m	(716665.1762m,9635014.5990m,2718.9200m)	Yes

Fuente: Elaboración propia

4.7.4 Diseño vertical

4.7.4.1 Curvas verticales convexas

Se determinó un valor K de 6, conforme a los parámetros especificados en la tabla de valores de diseño del MTOP 2003. Utilizando este valor, se procedió a calcular la longitud mínima empleando la ecuación correspondiente:

$$Lmin = 0.6 * V$$

$$Lmin = 0.6 * 35$$

$$Lmin = 21$$

4.8 Evaluación de alcantarillas para paso de agua y atajeas

Al evaluar detalladamente cada una de las alcantarillas situadas en el tramo comprendido entre la abscisa 0+000 y la abscisa 3+000 km, se constató que la estructura de hormigón de las alcantarillas, tanto las de tipo caja como las de cabezal, se encuentra en buen estado, y las tuberías presentan diseños que, según los criterios aplicados, son capaces de tolerar posibles riesgos relacionados con la acumulación de agua de lluvia. No obstante, se recomienda la implementación de programas regulares de mantenimiento y limpieza para las obras hidráulicas existentes dentro de la zona del proyecto, ya que este mantenimiento preventivo es crucial para asegurar el funcionamiento óptimo de las alcantarillas y evitar problemas futuros. Cabe recalcar que los análisis de las alcantarillas se realizaron exclusivamente hasta la abscisa 3+000 km, por lo tanto, se sugiere enfáticamente extender

estas evaluaciones a los kilómetros adyacentes, lo que permitirá identificar y corregir posibles deficiencias en otros tramos del proyecto, garantizando así una infraestructura hidráulica confiable y eficiente a lo largo de toda la vía; se adjunta ficha de reporte en el Anexo O.

4.8.1 Renovación o implementación de puente

En el transcurso de la vía, se ha encontrado la existencia de un puente de madera, con las siguientes coordenadas:

Ilustración 51. Coordenadas y referencia de Puente TIPO

Coordenadas inicio del puente		
ESTE	716994.7377	m
NORTE	9635004.225	m
ELEVACIÓN	2722.478	m
Coordenadas fin del puente		
ESTE	716997.4167	m
NORTE	9635055.944	m
ELEVACION	2732.349	m
Abscisas referenciales de via		
Inicio de puente	0+780	m
Fin de puente	0+795	m

Fuente: Elaboración propia

El puente mantiene una estructura de madera, se recomienda la implementación de nuevos estudios para posterior a ello ejecutar la renovación o construcción de un nuevo puente, esto se recomienda por temas de proyección y estética, sin embargo quedará a criterio de la empresa si se desea recurrir o no a esta renovación o implementación, en caso de que esta opción sea tomada, se ha realizado especificaciones básicas que servirán de ayuda para estudios más profundos, en base a observaciones y análisis de campo:

Diseño Geométrico

Análisis de Coordenadas y Elevaciones

Coordenadas de Inicio: Este 716994.7377 m, Norte 9635004.225 m, Elevación 2722.478 m

Coordenadas de Fin: Este 716997.4167 m, Norte 9635055.944 m, Elevación 2732.349 m

Pendiente del Puente (S):

$$S = \frac{Elevación_{final} - Elevación_{inicio}}{D}$$

$$S = \frac{2732.349 - 2722.478}{15}$$

$$S = \frac{9.871}{15}$$

$$S = \frac{9.871}{15}$$

$$S = 0.6580$$

Dimensiones del Puente

Largo: 15 m

Ancho: 4 m

Alto: 3 m

Diseño Estructural

Materiales

Seleccionar los materiales adecuados para la construcción del puente:

Superestructura: Concreto armado o acero estructural.

Subestructura: Concreto reforzado para las cimentaciones y pilares.

Cargas

Considerar las cargas que afectarán el puente:

Cargas muertas: Peso propio del puente.

Cargas vivas: Vehículos, peatones y posibles sobrecargas.

Cargas ambientales: Viento, sismos, temperatura.

Análisis Estructural

Realizar un análisis estructural utilizando métodos como el método de elementos finitos (FEM) para asegurar que el puente soporte todas las cargas previstas sin fallos estructurales.

Cimentación

Diseñar la cimentación adecuada según las condiciones del suelo y las cargas del puente. Puede incluir zapatas aisladas o continuas.

Drenaje

Implementar un sistema de drenaje para evitar la acumulación de agua en la superficie del puente y asegurar la durabilidad de este.

Planificación de la Construcción

Desarrollar un plan de construcción detallado que incluya:

Etapas de construcción

Cronograma

Costos estimados

Medidas de seguridad

Planos y Documentación

Elaborar todos los planos necesarios (planta, perfil, secciones) y la documentación técnica que respalde el diseño.

Ejemplo de Cálculo Estructural

Cálculo de la carga muerta

Para un puente de concreto:

Peso propio del concreto = 24kN/m3

Suponiendo un espesor de 0.3 m para la losa:

$$Carga\ muerta = \frac{24kN}{m3} * 0.3m = 7.2kN/m^2$$

Cálculo de la carga viva

De acuerdo con las normas locales (por ejemplo, AASHTO o normas locales de diseño), podemos suponer una carga viva típica para vehículos.

4.9 Presupuesto del Proyecto

Una vez completados todos los estudios necesarios para el diseño geométrico y estructural de la vía Cochapata-Morasloma, ubicada en el cantón Nabón, provincia del Azuay, se analizaron los resultados obtenidos. Con esta información, se calcularon las cantidades de obra, identificando cada uno de los rubros del proyecto, incluyendo la mano de obra, los materiales necesarios para la construcción, y las actividades a realizar.

Además, se elaboró un cronograma detallado para organizar las tareas y el transporte de materiales y equipos. Esto permitió estimar el valor total de la obra, detallado en las siguientes tablas.

Tabla 31. Presupuesto

PRESUPUESTO						
Ítem	**Código**	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**P.Unitario**	**P.Total**
1	601775	Replanteo y nivelacion	m	3000.00	0.89	2670
2	604280	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	43390.58	1.99	86347.2542
3	649006	Excavación manual en suelo sin clasificar	m3	216.95	12.79	2774.7905
4	606003	Cargado de material con minicargadora	m3	56689.788	1.98	112245.7802
5	606006	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	56689.788	2.22	125851.3294
6	606008	Sobreacarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, distancia > 6 Km	m3-km	18896.596	0.23	4346.21708
7	605009	Relleno compactado con material de sitio	m3	8147.55	8.32	67787.616
8	605004	Mejoramiento, conformación y compactación con equipo pesado	m3	0	0	0
9	605005	Sub base conformación y compactación con equipo pesado	m3	2280	31.93	72800.4
10	648006	Base Clase II conformación y compactación con equipo pesado	m3	1800	37.04	66672
11	648011	Imprimación asfáltica con barrido mecánico	m2	1800	1.27	2286
12	648012	Carpeta asfáltica (e=3") Ho Asf. mezclado en planta	m2	1800	14.59	26262
13	634700	Pintura para señalización de tráfico con franjadora, ancho de franja de 12.5cm	m	8382.352941	0.96	8047.058824
14	631708	Letrero informativo de tool de 2.00 x 1.50 m	u	1	336.9	336.9
15	631697	Letreros de Información del Proyecto (Socio Comunidad)	u	1	374.47	374.47
16	649A9R	Señalización vertical (Información de destino)	u	26	236.47	6148.22
17	607004	Hormigón simple f´c = 210 kg/cm2	m3	495.8823	128.53	63735.75202
SUBTOTAL		**648685.7882**				
IVA 12 %		**77842.29459**				
TOTAL		**726528.08**				
SON=		**SETESIENTOS VEINTE Y SEIS MIL QUINIENTOS VEINTE Y OCHO CON 08/100 DÓLARES**				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Cronograma

CRONOGRAMA									
							PERIODOS		
Item	**Codigo**	**Descripcion**	**Unidad**	**Cantidad**	**P.Unit.**	**P.Total**	**MES1**	**MES2**	**MES3**
							3000.00	0	0
1	601775	Replanteo y nivelación con equipo topográfico	m	3000.00	0.89	2670	2670.00	0	0
							43390.58	0	0
2	604280	Excavacion a maquina con retroexcavadora	m3	43390.58	1.99	86347.2542	86347.2542	0	0
							216.95	0	0
3	649006	Excavación manual en suelo sin clasificar	m3	216.95	12.79	2774.7905	2774.7905	0	0
							34013.8728	22675.9152	0
4	606003	Cargado de material con minicargadora	m3	56689.788	1.98	112245.7802	67347.46814	44898.3121	0
							34013.8728	22675.9152	0
5	606006	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	56689.788	2.22	125851.3294	75510.79762	50340.53174	0
							11337.9576	7558.6384	0
6	606008	Sobreacarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, distancia > 6 Km	m3-km	18896.596	0.23	4346.21708	2607.730248	1738.486832	0
							0	8147.55	0
7	605009	Relleno compactado con material de sitio	m3	8147.55	8.32	67787.616	0	67787.616	0
							0	0	0
8	605004	Mejoramiento, conformación y compactación con equipo pesado	m3	0	0	0	0	0	0
							0	2280	0
9	605005	Sub base conformación y compactación con equipo pesado	m3	2280	31.93	72800.4	0	72800.4	0

							0	0	18
10	648006	Base Granular conformación y compactación con equipo pesado	m3	1800	37.04	66672	0		
11	648011	Imprimación asfáltica con barrido mecánico	m2	1800	1.27	2286	0		
12	648012	Carpeta asfáltica Ho Asf. mezclado en planta	m2	1800	14.59				
13	634700	Pintura para señalización de tráfico con franjadora, ancho de franja de 12.5cm	m	8382.					
14	631708	Letrero informativo de tool de 2.00 x 1.50 m	u						
15	631697	Letreros de Información del Proyecto (Socio Comunidad)							
16	649A9R	Señalizació (Inform							
17	607004								

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. Cuadro polinómico

FÓRMULA POLINÓMICA			
PROYECTO VIAL: COCHAPATA-MORASLOMA, NABÓN, 0+000KM-3+000KM			
OFERENTE: Ing. Carlos Vega, Ing. Jhoe Redrobán			
UBICACIÓN:	GIRÓN		
FECHA:	7/15/2024		
Término	Descripción	Costo Directo	Coeficiente
A	Cuadrilla Tipo	275,692.52	0.170
E	Combustibles (O)	19,932.36	0.043
H	Equipo y maquinaria de Construc. vial	93,855.56	0.204
L	Betún petróleo (Asfalto) (O)	21,720.37	0.047
P	Materiales pétreos (Azuay)	173,419.51	0.376
S	Repuestos para maquinaria de construcción	46,927.78	0.102
Y	Indice de Precios al Consumidor Urbano - Cuenca	26,541.75	0.058
Totales:		658,089.84	1.000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Presupuesto de cuadrilla tipo

CUADRILLA TIPO						
Término	Descripción	Salario Ley	Salario Efectivo	Horas Hombre	Costo Directo	Coeficiente
250	Estructura Ocupacional E2	3.83	3.83	24,841.46	95,142.78	0.380
251	Estructura Ocupacional D2	3.87	3.87	1,527.87	5,912.85	0.028
252	Estructura Ocupacional C2	4.09	4.09	1085.271	4,438.76	0.020
253	Topografía	4.29	4.29	165.995	712.12	0.003
254	Estructura Ocupacional C1 (Grupo I)	4.29	4.29	6,178.81	26,507.09	0.111
255	Estructura Ocupacional C2 (Grupo II)	4.09	4.09	1877.2928	7,678.13	0.024
256	Choferes Profesionales	5.15	5.62	12,196.71	68,545.51	0.220
408	Estructura Ocupacional C1	5.62	5.62	11,878.16	66,755.28	0.214
Totales:				59,751.57	275,692.52	1.000

Fuente: Elaboración propia

5. Conclusiones

A través del levantamiento topográfico, logramos establecer los parámetros iniciales y ajustar el diseño a la vía existente. El estudio de tránsito, utilizando el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), proyectó un tráfico de 53 vehículos para un periodo de 20 años, clasificando la vía como de clase V, con un ancho total de 4 metros.

El análisis del suelo arrojó un Índice de Capacidad de Soporte California (CBR) de 11.2%, 7%, y 6.6%, basado en las pruebas de laboratorio. Siguiendo el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, se trazó la vía para una velocidad de diseño de 35 km/h.

El diseño del pavimento, basado en los ejes equivalentes (ESALs), incluye una capa de asfalto de 8 cm de espesor, una base granular de 10 cm y una subbase granular de 7 cm, configurando así el diseño definitivo. En cuanto a las estructuras hidráulicas, se determinó que las alcantarillas para el desfogue de aguas lluvias están en buen estado.

Finalmente, con los diseños obtenidos, se realizó el cálculo de cantidades de obra, resultando en un presupuesto de 648,685.7882.

6. Recomendaciones

Realizar un análisis económico y social exhaustivo para justificar la inversión en la vía Cochapata-Morasloma, Nabón. Este análisis debe considerar el impacto en el desarrollo económico de la región y los beneficios sociales que la mejora de la infraestructura puede

proporcionar a la comunidad local.

Llevar a cabo un estudio de impacto ambiental detallado para asegurar que el proyecto de construcción de la vía minimice cualquier efecto negativo en el entorno natural. Este estudio debe incluir medidas de mitigación para preservar la flora y fauna locales.

Desarrollar un plan de gestión de tráfico durante las fases de construcción y mantenimiento de la vía. Este plan debe asegurar la mínima interrupción del tráfico local y garantizar la seguridad de los trabajadores y usuarios de la vía.

Involucrar a la comunidad local en el proceso de planificación y ejecución del proyecto. Realizar consultas y reuniones informativas para recoger opiniones y sugerencias, y asegurar que las necesidades y preocupaciones de la comunidad sean consideradas.

el uso de tecnologías y materiales de construcción innovadores que puedan mejorar la durabilidad y sostenibilidad de la vía. Esto incluye materiales reciclados o de bajo impacto ambiental, así como técnicas de construcción avanzadas.

Implementar un sistema de monitoreo y evaluación post-construcción para asegurar que la vía cumple con los estándares de calidad y seguridad establecidos. Este sistema debe incluir inspecciones regulares y la recolección de datos sobre el desempeño de la infraestructura.

Ofrecer programas de capacitación para desarrollar las habilidades de los trabajadores locales en técnicas de construcción y mantenimiento de carreteras. Esto no solo mejora la calidad del trabajo, sino que también contribuye al desarrollo económico de la región.

Implementar estrategias para optimizar el uso de recursos financieros y materiales

durante la construcción. Esto incluye la planificación eficiente de la logística, la reducción de desperdicios y la maximización del uso de recursos locales.

Fomentar la colaboración entre diferentes instituciones y organismos gubernamentales para asegurar una planificación y ejecución cohesiva del proyecto. Esto incluye la coordinación con autoridades locales, provinciales y nacionales.

Planificar la construcción de infraestructuras complementarias, como áreas de descanso, señalización adecuada, y puntos de control de seguridad, para mejorar la funcionalidad y seguridad de la vía.

7. REFERENCIAS BILIOGRÁFICAS

AASHTO. (1993). American Association of State Highway and Trasnportation Officials.

INEC. (2022). *CENSO ECUADOR*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

INEC. (2023). *CENSO ECUADOR*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

INEN. (2011a). *Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical* (Primera). Instituto Ecuatoriano de Normalización.

INEN. (2011b). *Señalización Vial. Parte 2. Señalización Horizontal* (Primera). Instituto Ecuatoriano de Normalización.

MTOP. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras.* Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador.

NEVI-12-MTOP. (2013). MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE VOLUMEN Nº 2-LIBRO A NORMA PARA ESTUDIOS Y DISEÑOS VIALES. In

Ministerio de Transporte y Obras Públicas (Primera, Vol. 2). Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador.

(S/f-n). Vivecuador.com. Recuperado el 24 de julio de 2024, de https://vivecuador.com/html2/esp/azuay_es.htm

(S/f-o). Gob.ec. Recuperado el 24 de julio de 2024, de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/08/Plan-

Nacional-de-Respuesta-SGR-RespondeEC.pdf

Se realizó el seguimiento a proyectos viales de la provincia de Azuay – Secretaría Nacional de Planificación. (s/f). Gob.ec. Recuperado el 24 de julio de 2024, de https://www.planificacion.gob.ec/se-realizo-el-seguimiento-a-proyectos-viales-de-la-provincia-de-azuay/

Gallardo, I. (2018, septiembre 11). D *Topografía: qué es y para qué la usamos*. utw. https://www.utw.es/topografia-la-usamos/

Smith, J. (2020). Planning and Design of Road Networks.

(S/f). Gob.ec. Recuperado el 02 de julio de 2024, de https://www.nabon.gob.ec/wp-content/uploads/2024/01/NABON_PDOT_PUGS_AA-1.pdf

(S/f-a). Gob.ec. Recuperado el 02 de julio de 2024, de https://www.nabon.gob.ec/wp-content/uploads/2024/01/NABON_PDOT_PUGS_AA-1.pdf

González, J. (2024, mayo 7*). Ecuador se ubica en el tercer lugar en Latinoamérica por alta tasa de siniestralidad: hay un fallecido cada cuatro horas por siniestros viales*. El Universo. https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/siniestros-viales-2023-ecuador-ant-nota/

Análisis de accesibilidad y conectividad de la red vial intermunicipal en el microsistema regional de la provincia Centro en Boyacá, Colombia. (s/f). Edu.co. Recuperado el 02 de julio de 2024, de https://revistas.uptc.edu.co/index.php/perspectiva/article/view/8058/8178

Diseño Geométrico de Vías. (s/f). Topografiahg.com. Recuperado el 02 de julio de 2024, de https://topografiahg.com/diseno-geometrico-de-vias/

Cárdenas, J. (2013).*Diseñogeométrico de carreteras, 2da Edición.* https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=1t03DgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Carreteras&ots=v3xwQESJYG&sig=g9Xn_HGdbjAGFan2ekmEIpz3LyA#v=onepage&q=Carreteras&f=false

Osorio, A. M. C. (2024, enero 26). ¿Qué es un Estudio de Tránsito? y ¿Cómo hacerlo? El Ingeniero. https://noticiaselingeniero.com/estudio-de-transito-vias-y-pavimentos/

Niño, A. O. (s/f*). DRENAJE Y SUBDRENAJE EN VIAS TERRESTRES*. Edu.co. Recuperado el 02 de julio de 2024, de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1787&context=ruls

Granda, R., Mireya, E. (2016*). DETERMINACIÓN DE FACTORES PARA AJUSTE DE VOLÚMENES DE TRÁNSITO EN LA VÍA LOJA-ZAMORA E50* [Proyecto técnico]. Universidad Ténica Particular de Loja.

No title. (s/f). Google.com. Recuperado el 03 de julio de 2024, de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiZ95uJkJqHAxWoRDABHYMvBnMQFnoECBoQAQ&url=https%3A%2F%2Fsjnavarro.files.wordpress.com%2F2008%2F08%2Ftransito-a-futuro.pptx&usg=AOvVaw1e2d3zYSToRZm0vJcG0KIq&opi=89978449

(S/f-c). Recuperado el 03 de julio de 2024, de http://file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Dialnet ConsideracionesProcedimientosYConceptosParaLaReali-7137425.pdf

(S/f-d). Gov.co. Recuperado el 03 de julio de 2024, de https://web.mintransporte.gov.co/jspui/bitstream/001/638/1/ANEXO%205%20%20GuÝa%20para%20la%20categorizaci¾n%20de%20la%20Red%20Vial%20Nacional%20V%202.pdf

Curvas Circulares Simples. (2007, marzo 19). Doble Vía. https://doblevia.wordpress.com/2007/03/19/curvas-circulares-simples/

(S/f-p). Academia.edu. Recuperado el 24 de julio de 2024, de https://www.academia.edu/40724717/LAS_CURVAS_CIRCULARES_COMPUESTAS

(S/f-e). Academia.edu. Recuperado el 04 de julio de 2024, de https://www.academia.edu/41350934/Diseño_Goemétrico_de_Carreteras_James_Cárdenas_Grisales

PeñaSeguir, R. G. (s/f). *Curvas compuestas robin gomez 9799075*. SlideShare. Recuperado el 04 de julio de 2024, de https://es.slideshare.net/slideshow/curvas-compuestas-robin-gomez-9799075/64747654

Artículo 7. (s/f). Carreteros.org. Recuperado el 04 de julio de 2024, de http://www.carreteros.org/normativa/i1939/articulos/7.htm

SOBREANCHOS. (s/f). Prezi.com. Recuperado el 04 de julio de 2024, de

https://prezi.com/sk49koufhjvy/sobreanchos/

(S/f-f). Gale.com. Recuperado el 05 de julio de 2024, de https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA637941347&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=1909647X&p=IFME&sw=w&userGroupName=anon~d7b25494&aty=open-web-entry

DiazSeguir, I. (s/f). *Tema 3 Alineamiento Vertical*. SlideShare. Recuperado el 05 de julio de 2024, de https://es.slideshare.net/slideshow/tema-3-alineamiento-vertical/49525556

(S/f-g). Org.co. Recuperado el 05 de julio de 2024, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-34612019000200212#:~:text=La%20distancia%20de%20visibilidad%20de%20adelantamiento%20(DVA)%20es%20la%20longitud,vehículo%20de%20sentido%20opuesto%2C%20asumiendo

Sarmiento, B. H. (s/f). *Curvas horizontales transiciones-y-peraltes1*. SlideShare. Recuperado el 05 de julio de 2024, de https://es.slideshare.net/slideshow/curvas-horizontales-transicionesyperaltes1/40571545

Aldana, R. (2021, abril 29). *Ensayo Proctor Normal y Proctor Modificado - Blog de*. Aulacarreteras. https://www.aulacarreteras.com/ensayo-proctor/

General, C. G.-D. (2024, abril 15). *Importancia de las Curvas Verticales en el Diseño de Vías*. Vialco Ingeniería Vial & Movilidad; Vialco Ingeniería SAS. https://www.vialcoingenieria.com/importancia-de-las-curvas-verticales-en-el-diseno-

de-vias/

Morales, L. (s/f). *Curvas verticales (CAMINOS)*. SlideShare. Recuperado el 07 de julio de 2024, de https://es.slideshare.net/slideshow/curvas-verticales-caminos/46056582

Torices, C. (2023, diciembre 11). ¿Qué es el Pavimento? Tipos y Características. *Cementos Torices*. https://cementostorices.com/blog/construccion/que-es-el-pavimento-tipos-y-caracteristicas/

Capitulo 4. clasificacion. granulometría. (s/f). SlideShare. Recuperado el 24 de julio de 2024, de https://es.slideshare.net/slideshow/capitulo-4-clasificacion-granulometra/64546326

Home » COTECNO. (2022, mayo 10). COTECNO | Equipamiento Científico | Prospecciones, Auscultación, Geofísica, Ingeniería; Cotecno. https://www.cotecno.cl

Aristizabal Morales, L. M., Hoyos Arenas, J. F., Gil Obando, L., Gómez Echeverry, M. A., & Gómez Jiménez, D. A. (2014). *Diseño de un pavimento flexible por los métodos AASHTO y racional* [Proyecto técnico]. Universidad Libre.

AASHTO: verificación empírica de pavimentos asfálticos. (2021, julio 23). Geostru Blog; Geostru. https://blog.geostru.eu/es/aashto-verificacion-empirica-de-pavimentos-asfalticos/

Celis Vanegas, G. A. (2014). *Diseño de la estructura de pavimento flexible aplicando el método AASHTO 93 para la vía El Crucero – Pajarito – Aguazul en los departamentos de Boyacá y Casanare en el tramo K49+650 – K50+460* [Tesis de

especialización]. Universidad Militar Nueva Granada, Especialización en Ingeniería de Pavimentos.

Diseño de Espesores Pavimentos Asfalticos (parte 1). (s/f). Blogspot.com. Recuperado el 08 de julio de 2024, de https://ingenieriasalva.blogspot.com/2009/04/diseno-de-espesores-pavimentos.html

Super User. (s/f). *Penetrómetros - LAPACA*. Lapacacr.com. Recuperado el 24 de julio de 2024, de http://www.lapacacr.com/productos/suelo/penetrometros

Soto, J. (s/f). *05.00 diseño de pavimentos flexibles asshto 93*. SlideShare. Recuperado el 08 de julio de 2024, de https://es.slideshare.net/slideshow/0500-diseo-de-pavimentos-flexibles-asshto-93/67428607

Grupo Grasa. (2022, agosto 22). *Las obras de drenaje. En qué consisten y por qué son importantes*. Excavaciones Grasa; Grupo Grasa. https://excavacionesgrasa.com/las-obras-de-drenaje-en-que-consisten-y-por-que-son-importantes/

Mapfre, B. M. (2022, octubre 17). *Tiempo de reacción de un conductor ¿De qué depende?* Blog Motor MAPFRE. https://www.motor.mapfre.es/consejos-practicos/consejos-de-conduccion/de-que-depende-tiempo-reaccion-conductor/

Laboratorio, C. S. R. (2021, junio 3). *Muestreo de Suelo mediante Calicata con Máquina*. CSR Laboratorio. https://csrlaboratorio.es/laboratorio/agricultura/suelos-agricolas/muestreo-de-suelo-mediante-calicata-con-

SENARA. (s/f). *Drenaje*. Senara.or.cr. Recuperado el 15 de julio de 2024, de https://www.senara.or.cr/proyectos/drenaje.aspx

Suelo de Fundación y Subrasante. (s/f). Scribd. Recuperado el 09 de julio de 2024, de https://es.scribd.com/document/481067795/Suelo-de-fundacion-y-Subrasante-1

(S/f-i). Ucr.ac.cr. Recuperado el 09 de julio de 2024, de https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/1424/Boletín%203%20Sistemas%20de%20Alcantarillado%20en%20carreteras%20%20sus%20mejoras%20de%20cara%20a%20la%20normativa%20vigente.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Sistemas%20de%20alcantarillado%3A%20Está%20compuesta,de%20evacuar%20las%20aguas%20superficiales.

(S/f-j). Geologiaweb.com. Recuperado el 09 de julio de 2024, de https://geologiaweb.com/ingenieria-geologica/diferencia-roca-suelo/

¿Cuál es la importancia de realizar un "estudio de suelo" para construir? (s/f). Edu.ec. Recuperado el 09 de julio de 2024, de https://noticias.utpl.edu.ec/cual-es-la-importancia-de-realizar-un-estudio-de-suelo-para-construir

Ensayos de Laboratorios para Obras Viales. (s/f). Scribd. Recuperado el 09 de julio de 2024, de https://es.scribd.com/document/314785443/Ensayos-de-Laboratorios-para-Obras-Viales

(S/f-k). Edu.pe. Recuperado el 09 de julio de 2024, de https://pirhua.udep.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/5826a68f-a13d-4a7c-a0bc-757e7cc0674e/content

Grupo Grasa. (2020, mayo 25). *Topografía: ¿Qué es una estación total?* Grupo Grasa. https://grupograsa.es/topografia-que-es-una-estacion-total/

GPS y Rastreo Satelital archivos. (s/f). Embrands - Equipos Satelitales. Recuperado el 10 de julio de 2024, de https://embrands.com/categoria-producto/gps-rastreo-satelital/

Ministerio de Energia y Minas – Ecuador. (s/f). Gob.ec. Recuperado el 10 de julio de 2024, de https://www.recursosyenergia.gob.ec

(S/f-m). Aeade.net. Recuperado el 15 de julio de 2024, de https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2023/07/BOLETIN-VENTAS_PRENSA-JULIO_2023.pdf

Beltran, J. (2023, 25 febrero). Cuenca apunta a las parroquias rurales para crecer en 10 años. Primicias. https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/cuenca-expansion-parroquias-rurales/

8. ANEXOS

Anexo A. Reconocimiento de la vía

Fuente: Autor propio

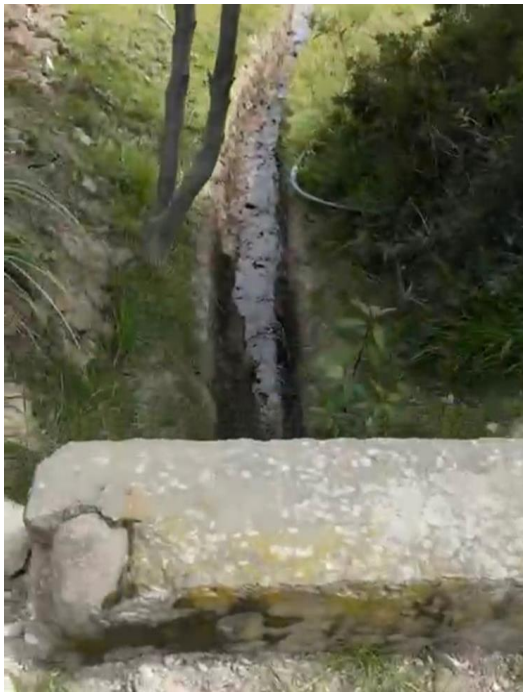
Anexo B. Equipos de trabajo

Fuente: Autor propio

Anexo C. Colocación de hitos

Fuente: Autor propio

Anexo D. Recocimiento de alcantarillas



Fuente: Autor propio

Anexo E. Levantamiento topográfico y de taludes con Estación total

Fuente: Autor propio

Anexo F. Recolección de muestras

Fuente: Autor propio

Anexo G. Realización ensayos PROCTOR

Fuente: Autor propio

Anexo H. Realización ensayos CBR

Fuente: Autor propio

Anexo I. SUBIDA LA RAMADA-NABÓN

				SUBIDA LA RAMADA-NABÓN								
				CAMIONES								
PERIODO DE HORA	PERIODO 15 MIN	LIVIANOS	BUSES	2 EJES	3 EJES	4 EJES	TRAILER	VOLQUETAS	MOTOS	BICIS	PEATONES	TOTAL
00H00-01H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											
01H00-02H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60								1			1
02H00-03H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											
03H00-04H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											
05H00-06H00	0-15	1										1
	15-30											
	30-45	1										1
	45-60	1										1
06H00-07H00	0-15											
	15-30	1										1
	30-45											
	45-60											
07H00-08H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											
08H00-09H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											
09H00-10H00	0-15	1										1
	15-30											
	30-45											
	45-60											
10H00-11H00	0-15											
	15-30	1										1
	30-45											
	45-60											
11H00-12H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											

12H00-13H00	0-15											
	15-30								1			1
	30-45	2										2
	45-60											
13H00-14H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60	1										
14H00-15H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											
15H00-16H00	0-15											
	15-30	1										1
	30-45											
	45-60											
16H00-17H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60	1										1
17H00-18H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											
18H00-19H00	0-15	1										1
	15-30											
	30-45											
	45-60											
19H00-20H00	0-15											
	15-30											
	30-45	1										1
	45-60											
21H00-22H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											
22H00-23H00	0-15											
	15-30	1										1
	30-45											
	45-60											
23H00-24H00	0-15											
	15-30											
	30-45	1										1
	45-60											

Fuente: Autor propio

Anexo J. BAJADA NABON

				BAJADA NABON								
				CAMIONES								
PERIODO DE HORA	PERIODO 15 MIN	LIVIANOS	BUSES	2 EJES	3 EJES	4 EJES	TRAILER	VOLQUETAS	MOTOS	BICIS	PEATONES	TOTAL
00H00-01H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											
01H00-02H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											
02H00-03H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											
03H00-04H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											
05H00-06H00	0-15											
	15-30	1										1
	30-45	1										1
	45-60											
06H00-07H00	0-15	1										1
	15-30											
	30-45	1										1
	45-60											
07H00-08H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											
08H00-09H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											
09H00-10H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60	1										
10H00-11H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											
11H00-12H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											

12H00-13H00	0-15	1										1
	15-30											
	30-45								1			1
	45-60	1										1
13H00-14H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											
14H00-15H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											
15H00-16H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											
16H00-17H00	0-15											
	15-30											
	30-45	1										1
	45-60											
17H00-18H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											
18H00-19H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											
19H00-20H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											
21H00-22H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											
22H00-23H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60								1			1
23H00-24H00	0-15											
	15-30											
	30-45											
	45-60											

Fuente: Autor propio

Anexo K. Valores de diseño recomendados para carreteras de dos carriles y caminos vecinales de la construcción MTOP

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			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
Velocidad de diseño (K.P.H.)	110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25(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)
Distancia de visibilidad para parada (m)	180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	40	55	35	25
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	565	690	565	415	690	640	490	640	565	345	640	565	415	565	415	270	480	290	210	290	150	110	290	210	150	210	150	110
Peralte	MAXIMO = 10%																		10% (Para V > 50 K.P.H.) 8% (Para V < 50 K.P.H.)											
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
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3
Gradiente longitudinal (3) máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14
Gradiente longitudinal (4) mínima (%)	0,5%																													
Ancho de pavimento (m)	7,3			7,3			7,0			6,70			6,70			6,00			6,00						4,00 (6)					
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 (5) estables (m)	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	0,5	0,60 (C.V. Tipo 6 y 7)						---					
Gradiente transversal para pavimento (%)	2,0						2,0						2,0						2,5 (C.V. Tipo 6 y 7) 4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						4,0					
Gradiente transversal para espaldones (%)	2,0(6) - 4,0						2,0 - 4,0						2,0 - 4,0						4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						---					
Curva de transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																													
Puentes Carga de diseño	HS - 20 – 44; HS – MOP; HS - 25																													
Puentes Ancho de la calzada (m)	SERA LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VIA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																													
Puentes 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																														

1) El TPDA indicado es el volumen promedio anual de tráfico diario proyectado a 15 – 20 años, cuando se proyecta un TPDA en exceso de 7 000 en 10 años debe investigarse la necesidad de construir una autopista. (Las normas para esta serán parecidas a las de la Clase I, con velocidad de diseño de 10 K.P.H. más para clase de terreno – Ver secciones transversales típicas para más detalles. Para el diseño definitivo debe considerarse el número de vehículos equivalentes.
2) Longitud de las curvas verticales: L = K A, en donde K = coeficiente respectivo y A = diferencia algébrica de gradientes, expresado en tanto por ciento. Longitud mínima de curvas verticales: L mín = 0,60 V, en donde V es la velocidad de diseño expresada en kilómetros por hora.
3) En longitudes cortas menores a 500 m. se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 2% en terrenos montañosos, solamente para las carreteras de Clase I, II y III. Para Caminos Vecinales (Clase IV) se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 3% en terrenos montañosos, para longitudes menores a 750 m.
4) Se puede adoptar una gradiente longitudinal de 0% en rellenos de 1 m. a 6 m. de altura, previo análisis y justificación.
5) Espaldón pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía. (Ver Secciones Típicas en Normas). Se ensanchará la calzada 0,50 m más cuando se prevé la instalación de guarda caminos.
6) Cuando el espaldón está pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía.
7) En los casos en los que haya bastante tráfico de peatones, úsense dos aceras completas de 1,20 m de ancho.
8) Para tramos largos con este ancho, debe ensancharse la calzada a intervalos para proveer refugios de encuentro vehicular.
9) Para los caminos Clase IV y V, se podrá utilizar V_D = 20 Km/h y R = 15 m siempre y cuando se trate de aprovechar infraestructuras existentes y relieve difícil (escarpado).

NOTA: Las Normas anotadas "Recomendables" se emplearán cuando el TPDA es cerca al límite superior de las clases respectivas o cuando se puede implementar sin incurrir en costos de construcción. Se puede variar algo de las Normas Absolutas para una determinada clase, cuando se considere necesario el mejorar una carretera existente siguiendo generalmente el trazado actual.

Anexo L. Señalización Vertical

ABCISA	SIMBOLOGÍA	CÓDIGO	DIMENSIONES (mm)
0+000		R2-2A	900x300
0+040		R4-1A	600x600
0+360		P1-1 I	600x600
0+420		P1-1 I	600x600
0+450		P1-1 I	600x600
0+500		P6-17	600x600
0+590		P1-1 I	600x600
0+700		P1-1 I	600x600
0+780		P6-17	600x600
0+870		P1-1 D	600x600
1+090		P1-1 I	600x600
1+230		P1-1 D	600x600

1+520		I1-2c	1500x1200
1+630		P1-1 I	600x600
1+700		P1-1 I	600x600
1+880		P1-1 D	600x600
2+020		P6-17	600x600
2+130		P1-1 I	600x600
2+170		P1-1 I	600x600
2+220		P1-1 D	600x600
2+300		P1-1 I	600x600
2+630		P1-1 D	600x600
2+740		P1-1 I	600x600
2+920		P1-1 I	600x600
2+980		R2-2A	600x600
3+000		R2-2A	900x300

Fuente: Autor propio

Anexo M. Datos PROCTOR

VOLUMEN CILINDRO					
DIÁMETRO:	152.4	ALTURA	117.00	RADIO:	76.2
V= 2134252	mm3		V=	2134.251902	cm3
Muestra c/u:	gr	6000.00			
Volumen del c	cm3	2134.251902			
%HUMEDAD		4%	6%	8%	10%
Peso (proctor	gr	5427.9	5427.9	5427.9	5427.9
Peso (proctor	gr	8566.1	8687.1	8957.4	9118.8
Peso muestra	gr	3138.2	3259.2	3529.5	3690.9
Muestra tomada de la parte de arriba:					
Peso húm (cá	gr	51	50	46	53
Peso sec (cáp	gr	50	48	44	49
Cápsula	gr	17	17	17	17
Peso agua	gr	1	2	2	4
Peso muestra	gr	33	31	27	32
Contenido de	%	3.03030	6.45161	7.40741	12.50000
nsidad suelo h	gr/cm3	1.47040	1.52709	1.65374	1.72936
nsidad suelo s	gr/cm3	1.427151	1.434541	1.539689951	1.537213108
Muestra tomada de la parte de abajo:					
Peso húm (cá	gr	48	46	53	50
Peso sec (cáp	gr	47	44	50	46
Cápsula	gr	17	17	17	17
Peso agua	gr	1	2	3	4
Peso muestra	gr	30	27	33	29
Contenido de	%	3.33333	7.40741	9.09091	13.79310
nsidad suelo h	gr/cm3	1.47040	1.52709	1.65374	1.72936
nsidad suelo s	gr/cm3	1.422966	1.421776	1.515929304	1.519744777
Contenido de	%	2.25035	3.98935	4.53057	7.11468
nsidad suelo h	gr/cm3	1.44668	1.47443	1.58484	1.62455

VOLUMEN CILINDRO					
DIÀMETRO:	152.4	ALTURA:	117.00	RADIO:	76.2
V= 2134252	mm3		V=	2134.251902	cm3
Muestra c/u:	gr	6000.00			
Volumen del c	cm3	2134.251902			
%HUMEDAD		4%	6%	8%	10%
Peso (proctor)	gr	5427.9	5427.9	5427.9	5427.9
Peso (proctor	gr	8687	8734.6	8817.3	8923.5
Peso muestra	gr	3259.1	3306.7	3389.4	3495.6
Muestra tomada de la parte de arriba:					
Peso húm (cá	gr	56	51	53	49
Peso sec (cáp	gr	54.4	49.2	50.5	45
Cápsula	gr	17	17	17	17
Peso agua	gr	1.6	1.8	2.5	4
Peso muestra	gr	37.4	32.2	33.5	28
Contenido de	%	4.27807	5.59006	7.46269	14.28571
nsidad suelo h	gr/cm3	1.52705	1.54935	1.58810	1.63786
nsidad suelo se	gr/cm3	1.4644	1.46732	1.477812903	1.43312511
Muestra tomada de la parte de abajo:					
Peso húm (cá	gr	61	49	49	47
Peso sec (cáp	gr	59.2	47.3	46.7	43
Cápsula	gr	17	17	17	17
Peso agua	gr	1.8	1.7	2.3	4
Peso muestra	gr	42.2	30.3	29.7	26
Contenido de	%	4.26540	5.61056	7.74411	15.38462
nsidad suelo h	gr/cm3	1.52705	1.54935	1.58810	1.63786
nsidad suelo se	gr/cm3	1.46458	1.46704	1.473952944	1.4194763
Contenido de	%	2.90256	3.56971	4.52539	7.96179
nsidad suelo h	gr/cm3	1.49581	1.50819	1.53103	1.52867

VOLUMEN CILINDRO					
DIAMETRO:	152.4	ALTURA	117.00	RADIO:	76.2
V= 2134252	mm3		V=	2134.251902	cm3
Muestra c/u:	gr	6000.00			
Volumen del c	cm3	2134.251902			
%HUMEDAD		4%	6%	8%	10%
Peso (proctor	gr	5427.9	5427.9	5427.9	5427.9
Peso (proctor	gr	8686.8	8765.5	8902.6	9036.9
Peso muestra	gr	3258.9	3337.6	3474.7	3609
Muestra tomada de la parte de arriba:					
Peso húm (cá	gr	54	52	54	50
Peso sec (cá	gr	53	50	51	47
Cápsula	gr	17	17	17	17
Peso agua	gr	1	2	3	3
Peso muestra	gr	36	33	34	30
Contenido de	%	2.77778	6.06061	8.82353	10.00000
nsidad suelo h	gr/cm3	1.52695	1.56383	1.62806	1.69099
nsidad suelo s	gr/cm3	1.48568	1.47447	1.496059375	1.53726422
Muestra tomada de la parte de abajo:					
Peso húm (cá	gr	48	46	53	57
Peso sec (cá	gr	47	44.5	50	52
Cápsula	gr	17	17	17	17
Peso agua	gr	1	1.5	3	5
Peso muestra	gr	30	27.5	33	35
Contenido de	%	3.33333	5.45455	9.09091	14.28571
nsidad suelo h	gr/cm3	1.52695	1.56383	1.62806	1.69099
nsidad suelo s	gr/cm3	1.4777	1.48294	1.492392563	1.47961681
Contenido de	%	2.15236	3.81222	5.22580	5.84550
nsidad suelo h	gr/cm3	1.50232	1.52338	1.56023	1.58530

Página 8

Anexo N. Datos CBR

ECOROAD

ECOROAD AND BUSINESS S.A.S.

Proyecto: Nabón
Tramo:
Solicita: Víctor Jhoe Redroban Guanin
Carlos Eduardo Vega Huiracocha
Fecha: Julio/2024

N° calicata	abscisa proyecto	profundidad	LIMITES			GRANULOMETRIA						CLASIFICACION		COMPACTACION		CBR 95%
			LL	LP	IP	PASANTE N° 200	PASANTE N°40	PASANTE N°4	GRAVA	ARENA	FINOS	SUCS	AASHTO	DSM Kg/m3	OCH%	
1	0+500	1.5	37	23	14	19	26	41	59	23	19	GC	A-2-6	1483	5.35	11.2
2	1+500	1.5	53	31	22	4	6	30	70	27	4	GW	A-2-7	1470	5.8	7.0
3	3+000	1.5	61	30	31	22	27	46	54	23	22	GC	A-2-7	1456	5.4	6.6

GILBERT PATRICIO SOTOMAYOR RENDON

f._____

Ing. Patricio Sotomayor R.

+593 98 818 9167 El Vergel, Cuenca - Ecuador ecoroadandbusiness@gmail.com

Anexo O. Registro de paso de agua y atajeas

	CONSULTORÍA DE ELABORACIÓN DE DISEÑOS DEFINITIVOS DEL PROYECO DE LA VÍA COCHAPATA-MORASLOMA, NABÓN , PROVINCIA DEL AZUAY	
Registro de Pasos de Agua y Atarjeas		**N° 10**
País	Provincias	Cantón
Ecuador	Azuay	Nabón
ENTRADA		

Coordenadas UTM		
Norte:	9635060.1268	
Este:	716844.9770	
Elevación:	2723	
Estructura		
	SI	NO
Cabezal		
Caja	X	
OBSERVACIONES:		
No hay observaciones		

SALIDA

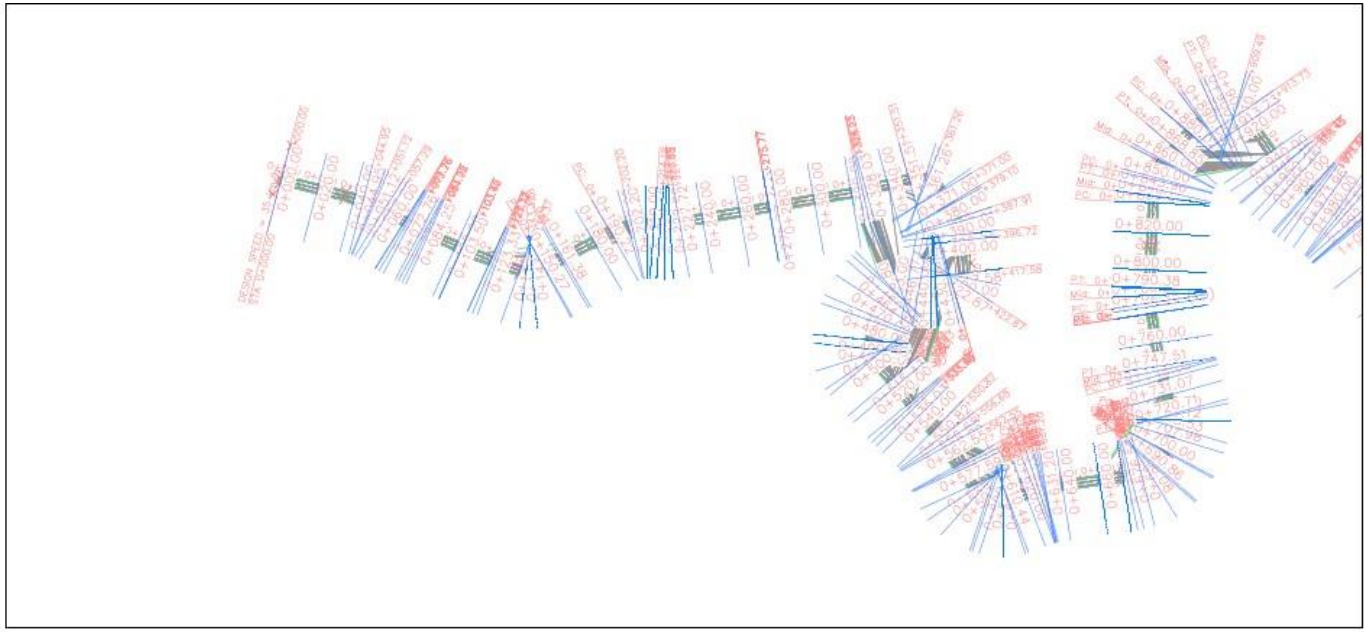
Coordenadas UTM		
Norte:	9635067.4874	
Este:	716852.0819	
Elevación:	2722	
Estructura		
	SI	NO
Cabezal		
Caja	X	
OBSERVACIONES:		
No hay observaciones		

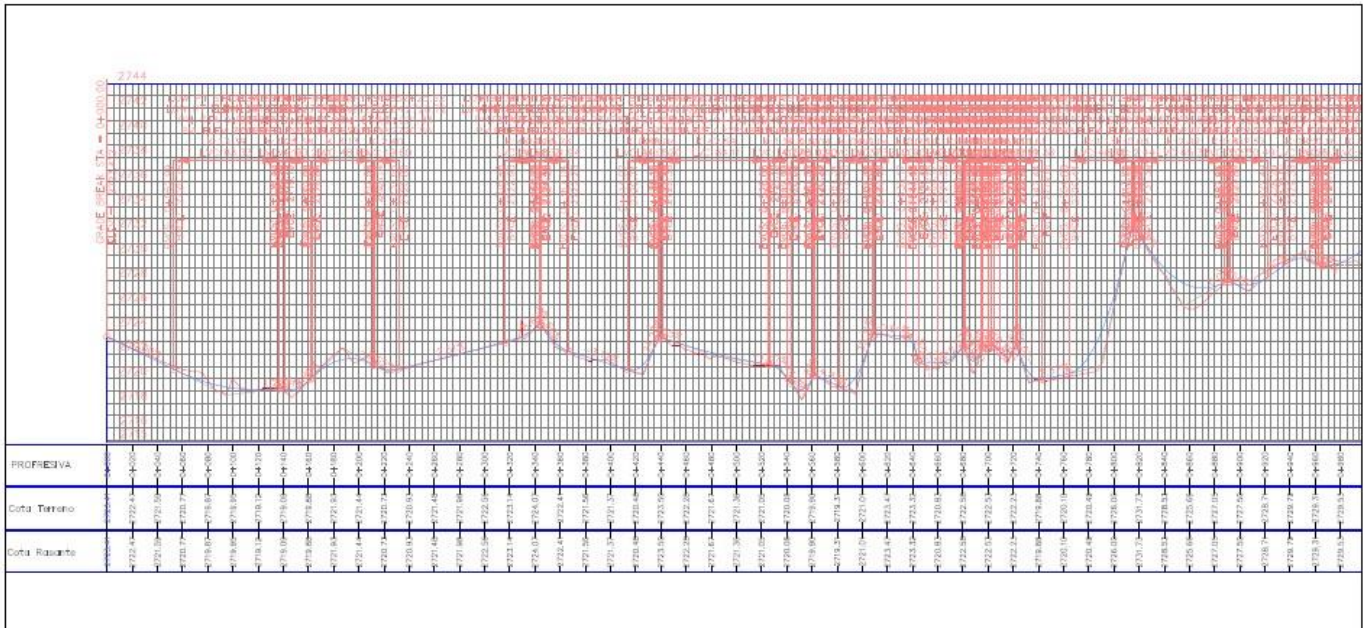
ALCANTARILLA

Material		**Longitud**	
Pvc		12.61	Observaciones: No hay observaciones
Hormigón		**Diametro**	
Armico	X	1200 mm	

Fuente: Elaboración propia

Anexo P. Planos





UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VIA COCHAPATA - MORASLOMA DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+000 KM, PERTENECIENTE AL CANTON NABON, PROVINCIA DEL AZUAY

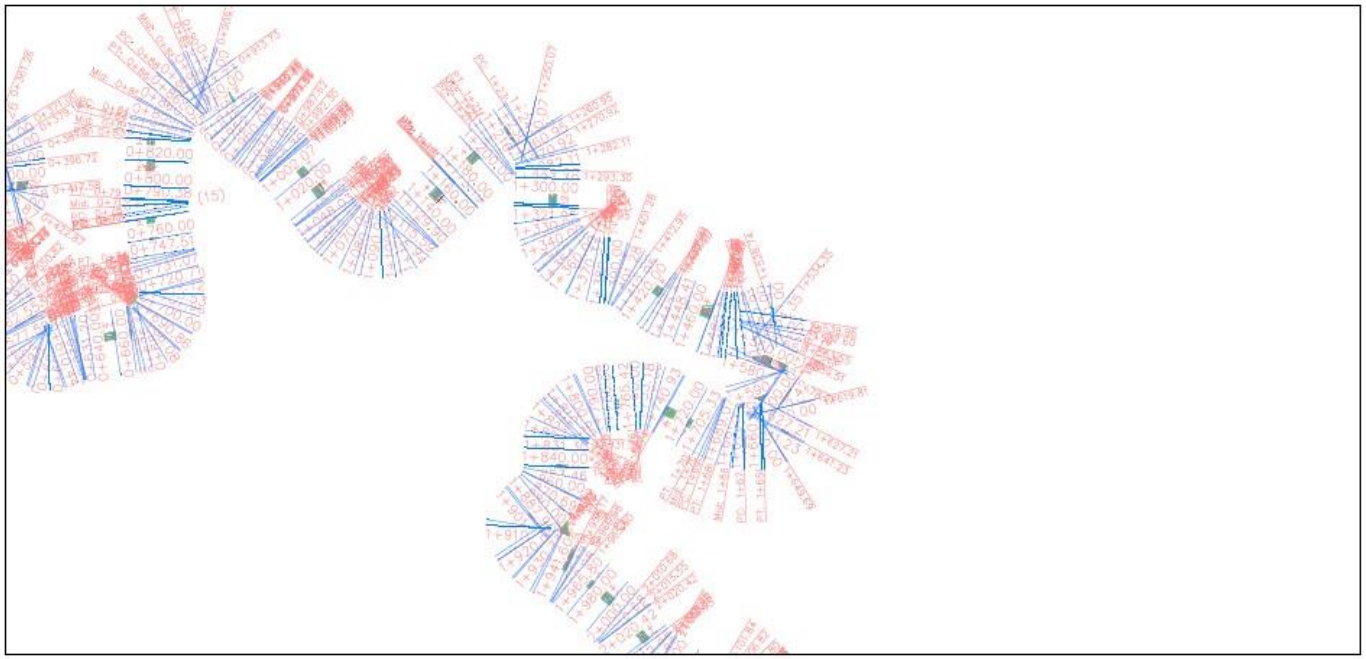
Integrantes:

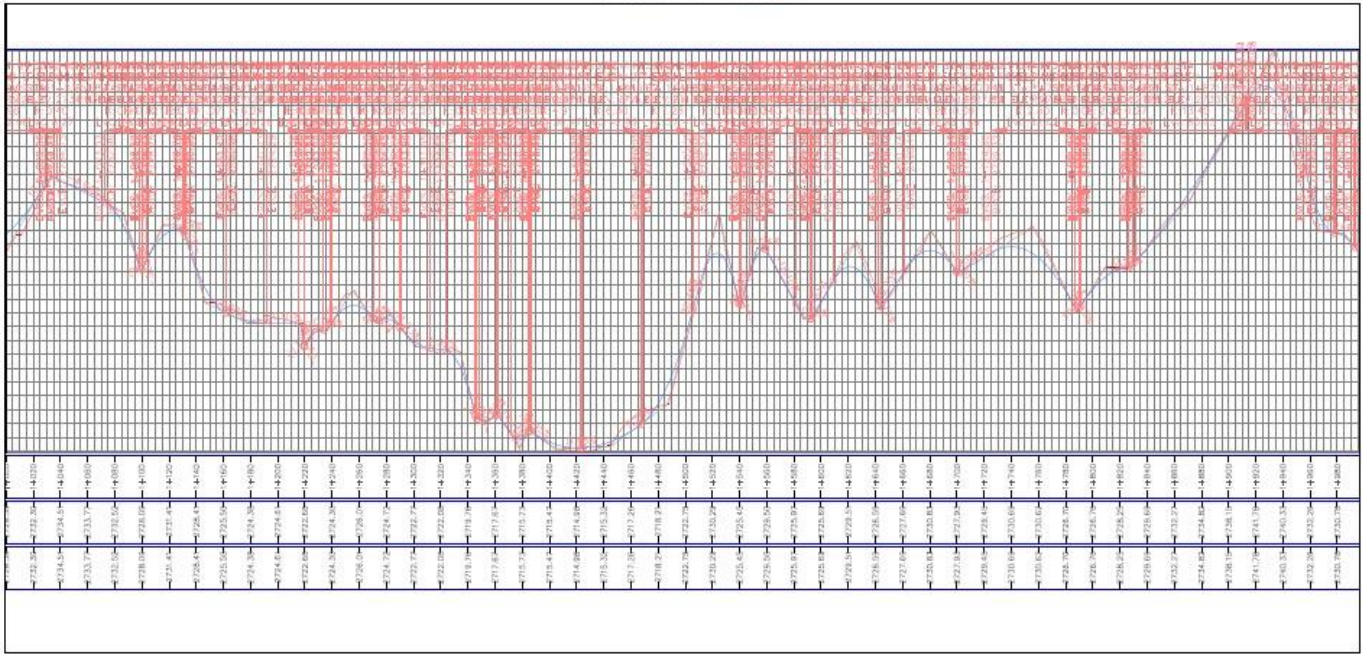
VICTOR JHOE REDROBAN G.
CARLOS EDUARDO VEGA H.

PLANOS DE PLANTA Y PERFIL

JULIO 2024

ABSCISADO 0+000 - 1+000





UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VIA COCHAPATA - MORASLOMA DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+000 KM, PERTENECIENTE AL CANTON NABON, PROVINCIA DEL AZUAY

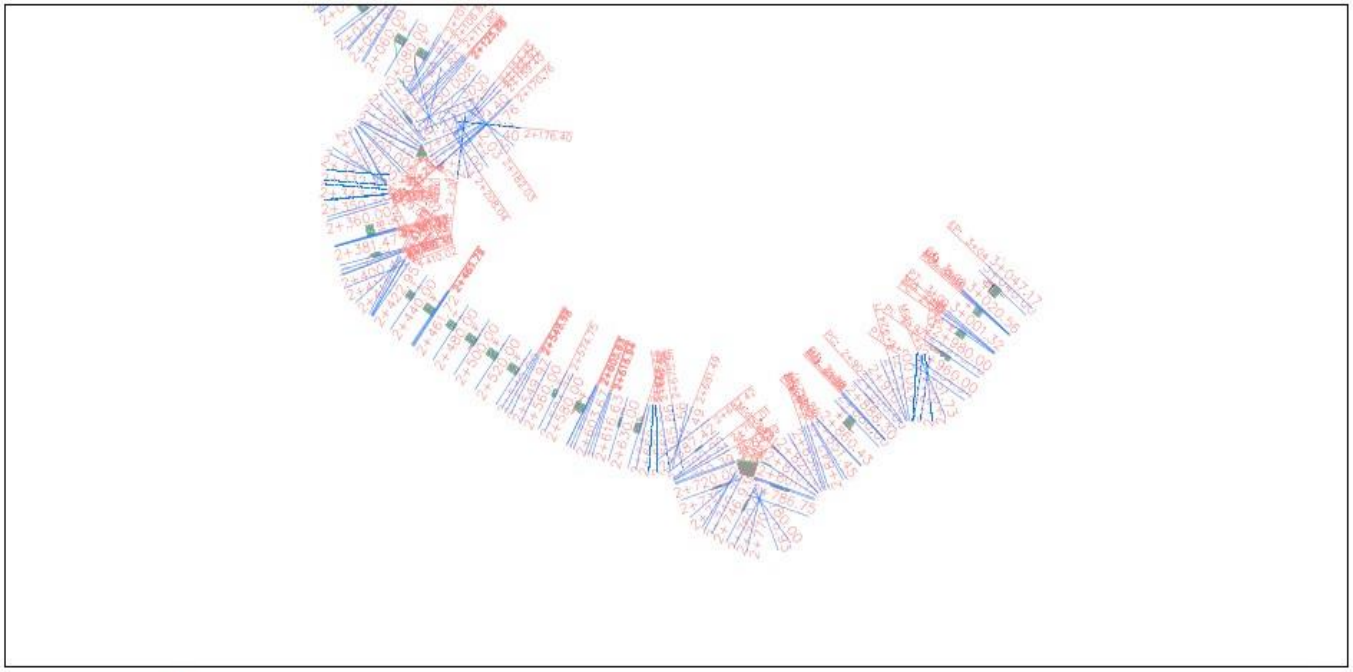
Integrantes:

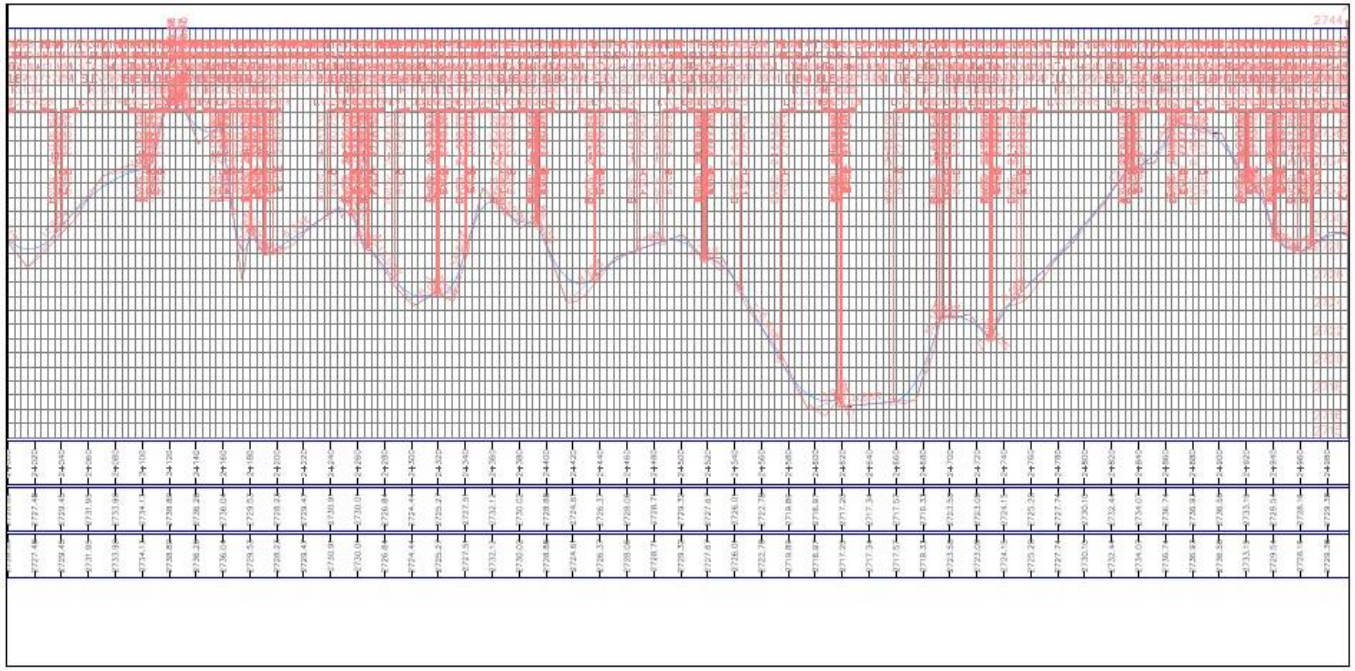
VICTOR JHOE REDROBAN G.
CARLOS EDUARDO VEGA H.

PLANOS DE PLANTA Y PERFIL

JULIO 2024

ABSCISADO 1+000 - 2+000





UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VIA COCHAPATA - MORASLOMA DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+000 KM, PERTENECIENTE AL CANTON NABON, PROVINCIA DEL AZUAY

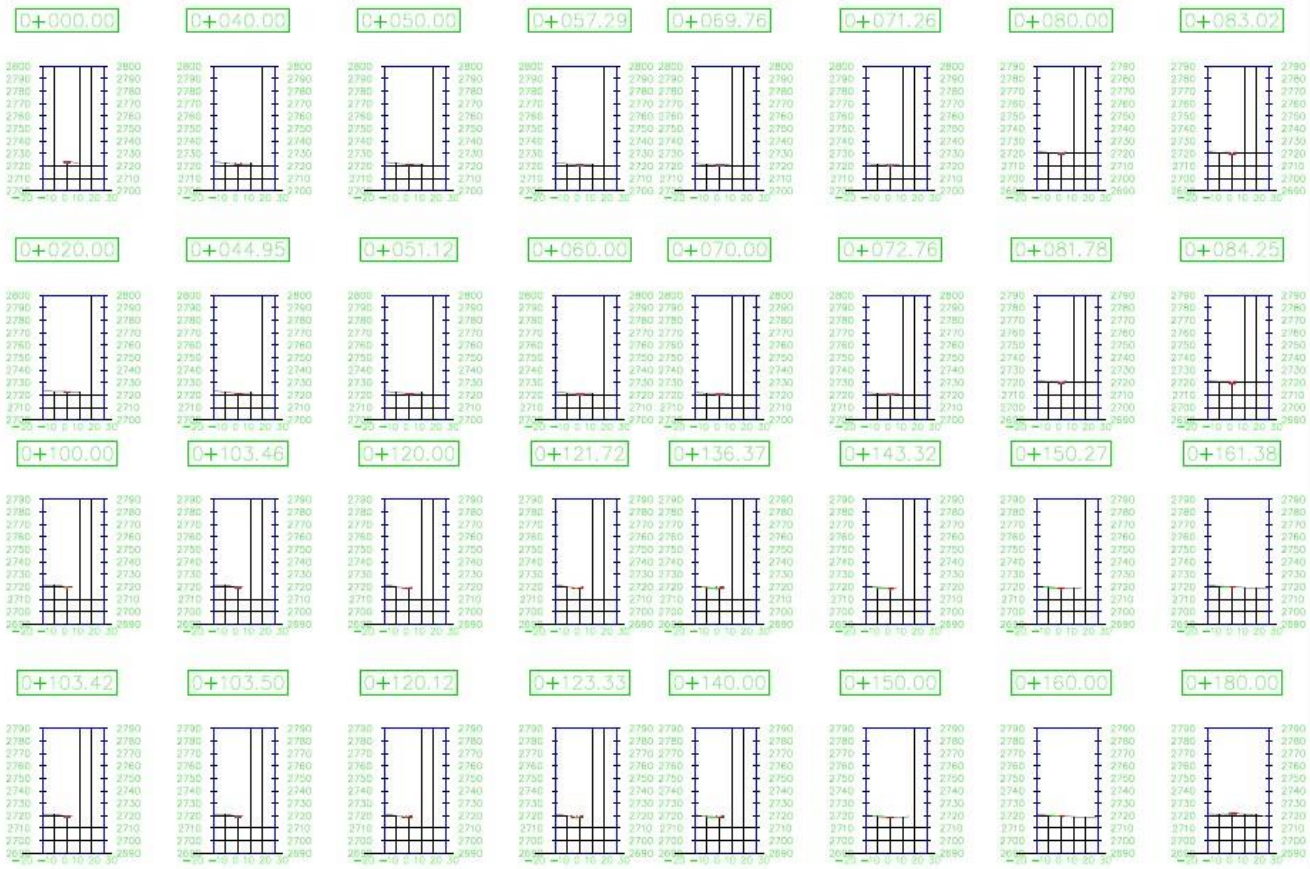
Integrantes:

VICTOR JHOE REDROBAN G.
CARLOS EDUARDO VEGA H.

PLANOS DE PLANTA Y PERFIL

JULIO 2024

ABSCISADO 2+000 - 3+000



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

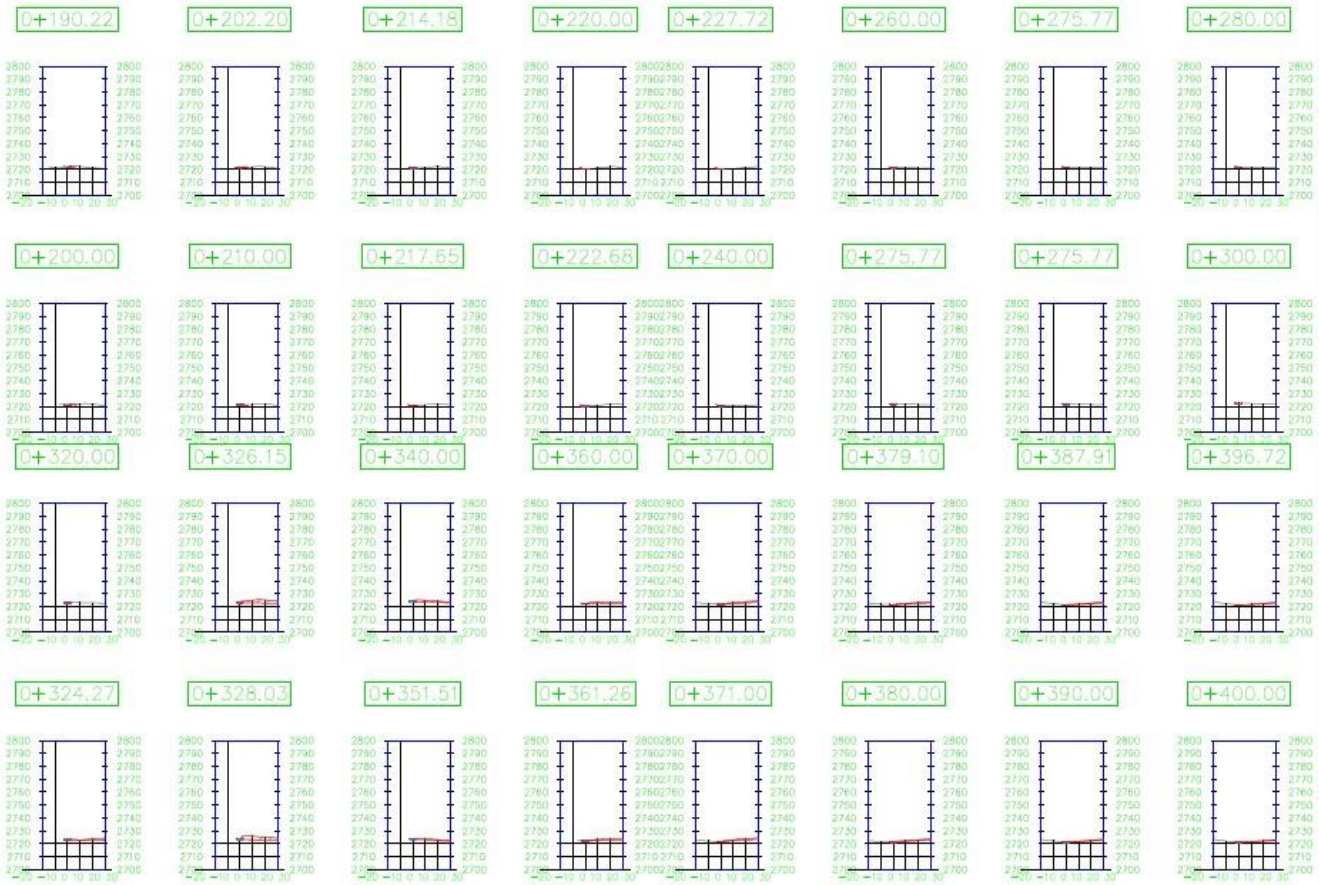
DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VIA COCHAPATA - MORASLOMA DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+000 KM, PERTENECIENTE AL CANTON NABON, PROVINCIA DEL AZUAY

Integrantes:

VICTOR JHOE REDROBAN G.
CARLOS EDUARDO VEGA H.

PLANOS DE CORTE Y RELLENO

JULIO 2024



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

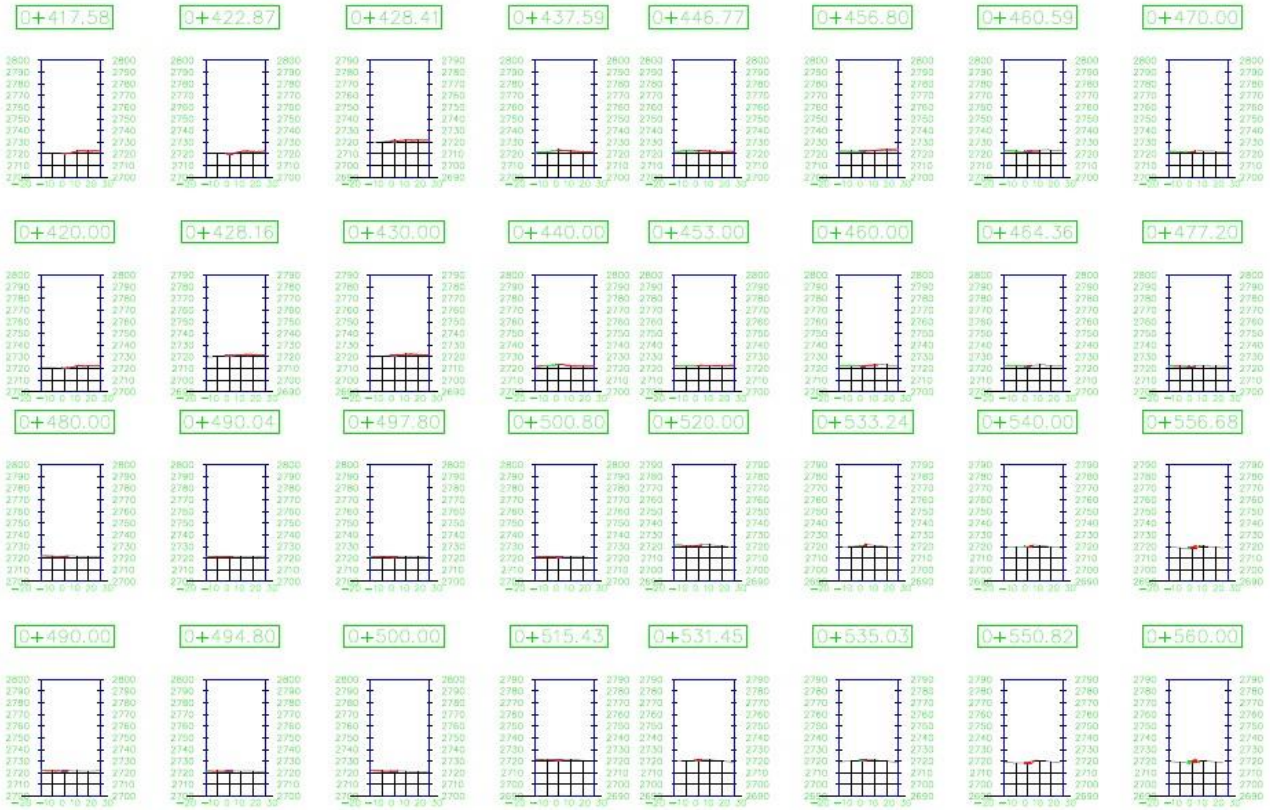
DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VIA COCHAPATA - MORASLOMA DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+000 KM, PERTENECIENTE AL CANTON NABON, PROVINCIA DEL AZUAY

Integrantes:

VICTOR JHOE REDROBAN G.
CARLOS EDUARDO VEGA H.

PLANOS DE CORTE Y RELLENO

JULIO 2024



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

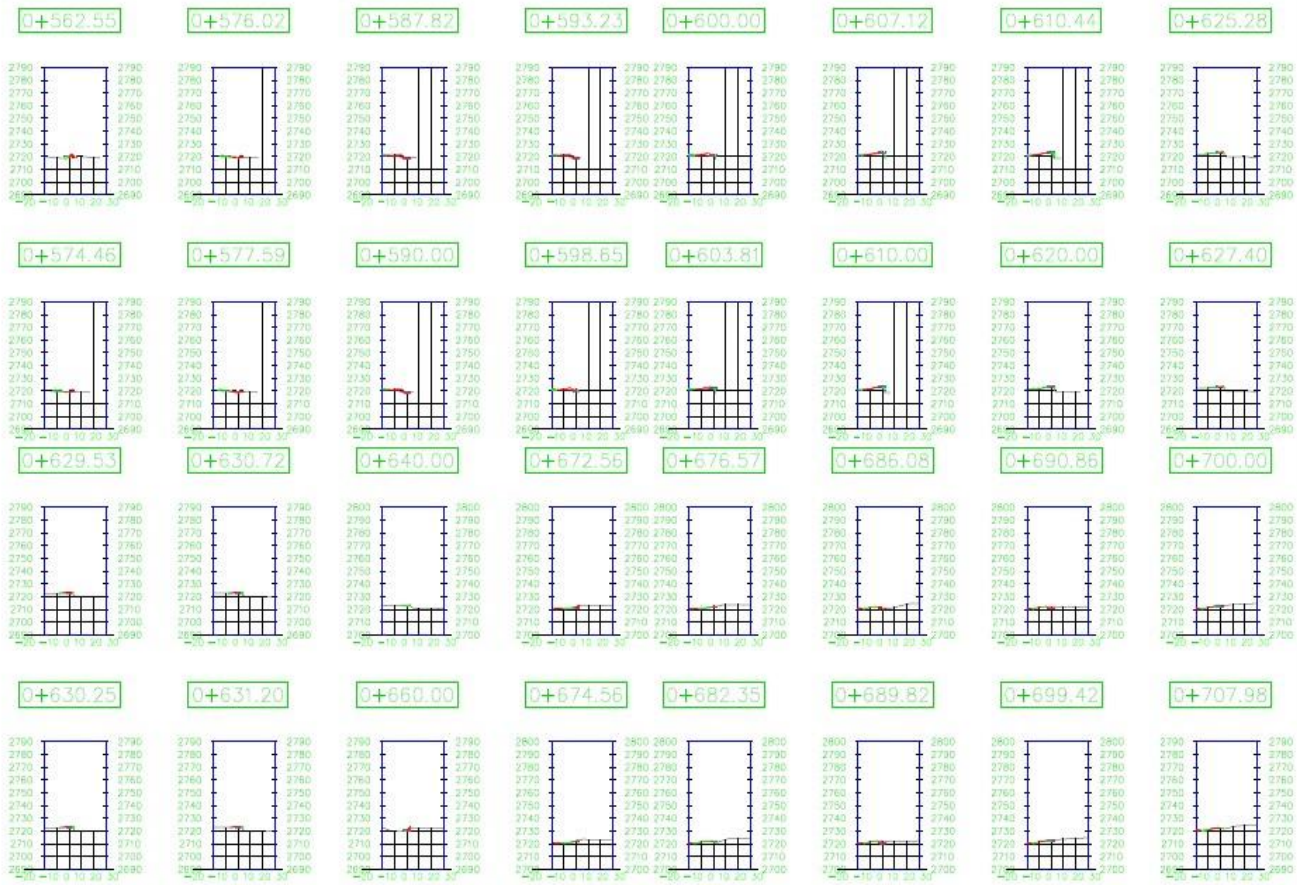
DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VIA COCHAPATA - MORASLOMA DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+000 KM, PERTENECIENTE AL CANTON NABON, PROVINCIA DEL AZUAY

Integrantes:

VICTOR JHOE REDROBAN G.
CARLOS EDUARDO VEGA H.

PLANOS DE CORTE Y RELLENO

JULIO 2024



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

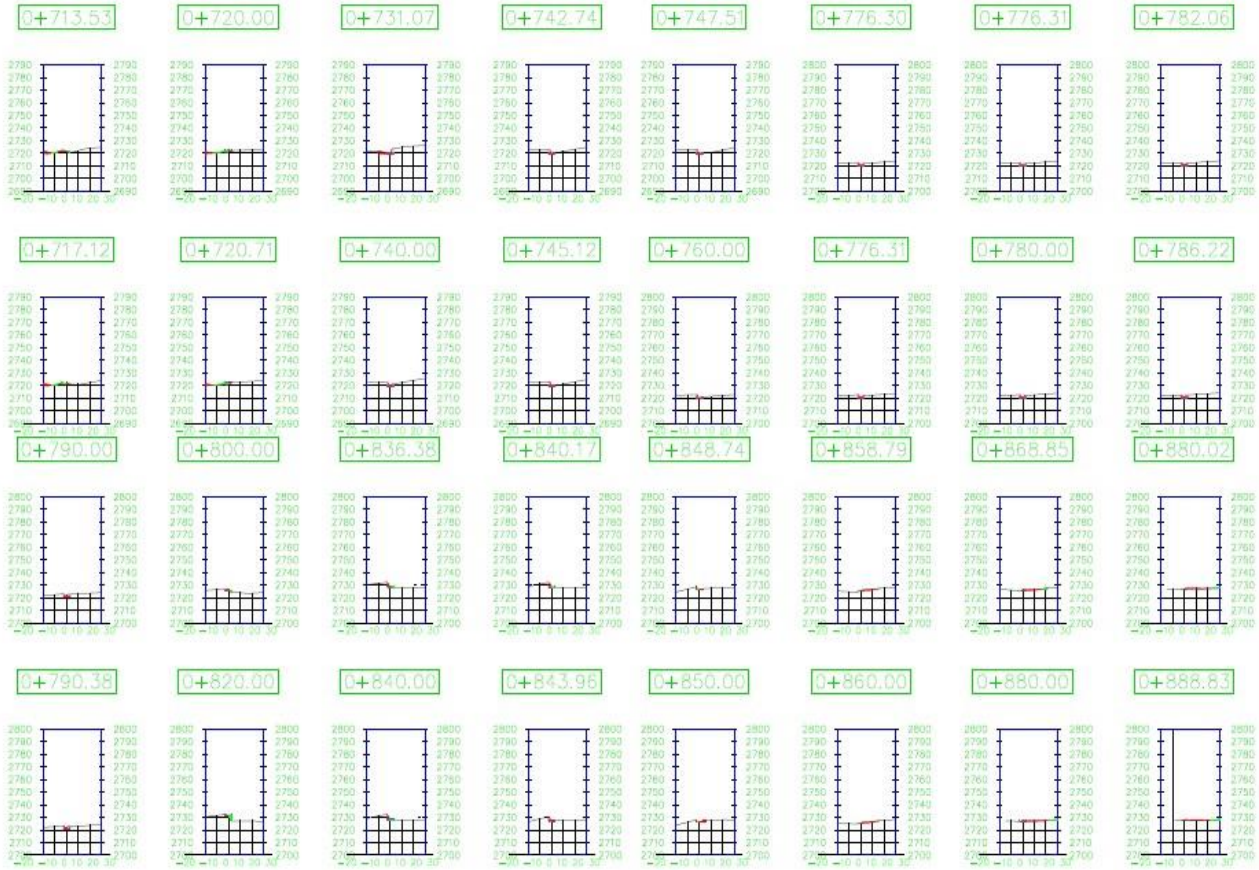
DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VIA COCHAPATA - MORASLOMA DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+000 KM, PERTENECIENTE AL CANTON NABON, PROVINCIA DEL AZUAY

Integrantes:

VICTOR JHOE REDROBAN G.
CARLOS EDUARDO VEGA H.

PLANOS DE CORTE Y RELLENO

JULIO 2024



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

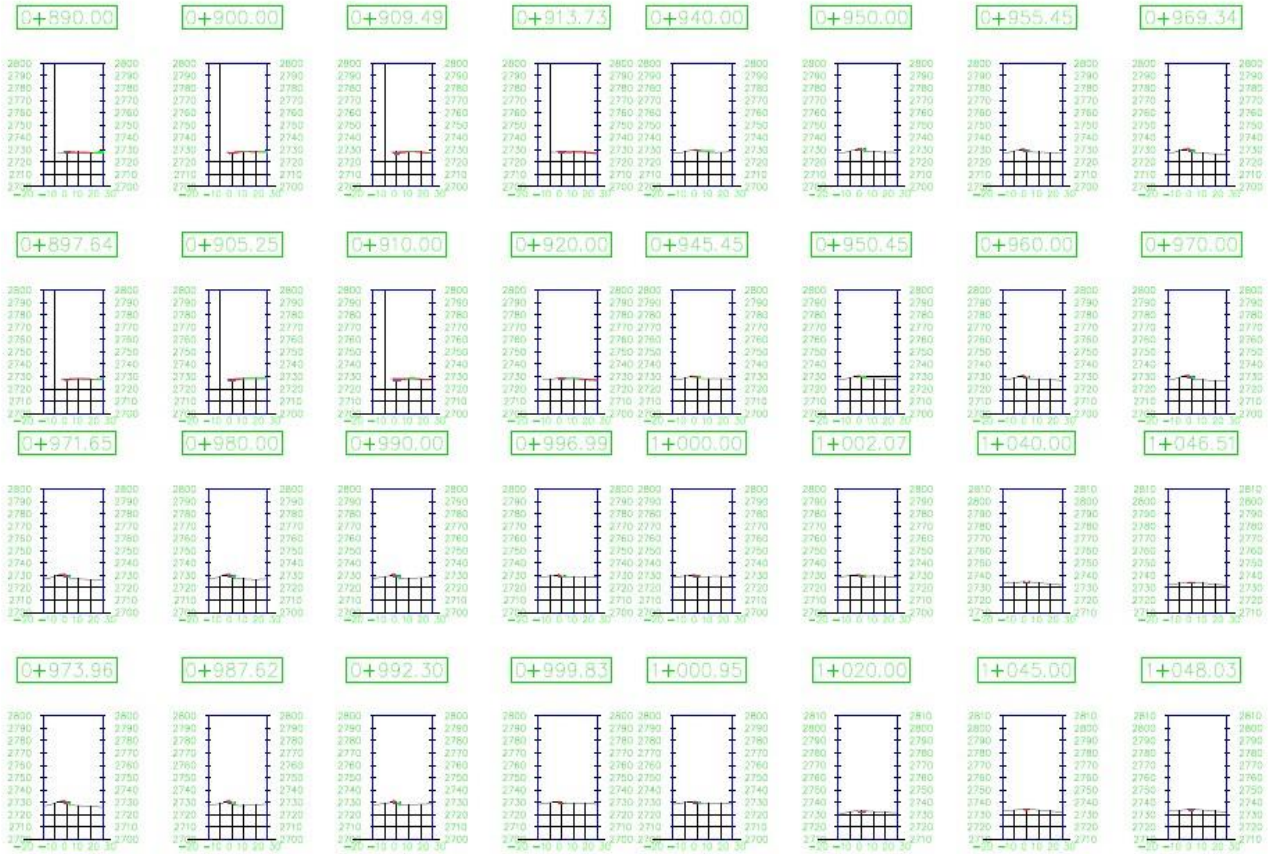
DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VIA COCHAPATA - MORASLOMA DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+000 KM, PERTENECIENTE AL CANTON NABON, PROVINCIA DEL AZUAY

Integrantes:

VICTOR JHOE REDROBAN G.
CARLOS EDUARDO VEGA H.

PLANOS DE CORTE Y RELLENO

JULIO 2024



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

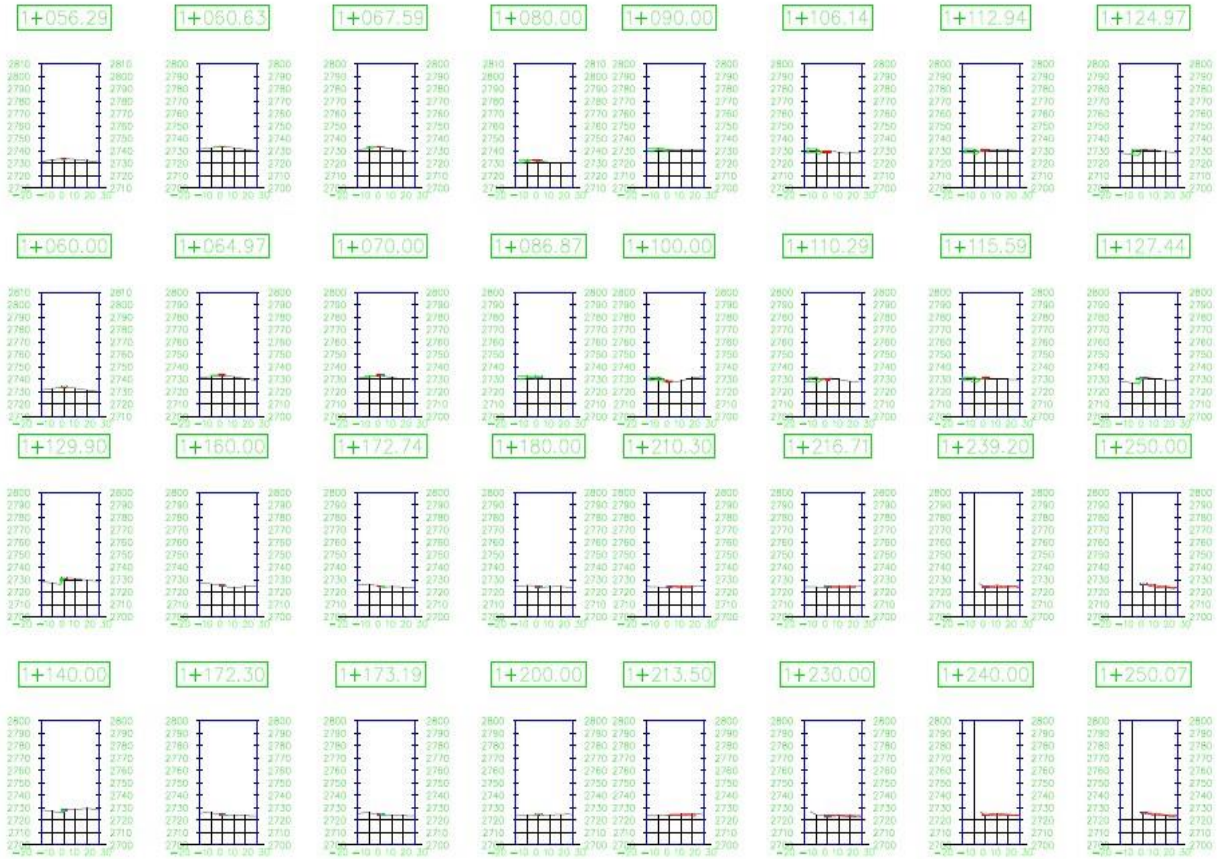
DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VIA COCHAPATA - MORASLOMA DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+000 KM, PERTENECIENTE AL CANTON NABON, PROVINCIA DEL AZUAY

Integrantes:

VICTOR JHOE REDROBAN G.
CARLOS EDUARDO VEGA H.

PLANOS DE CORTE Y RELLENO

JULIO 2024



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

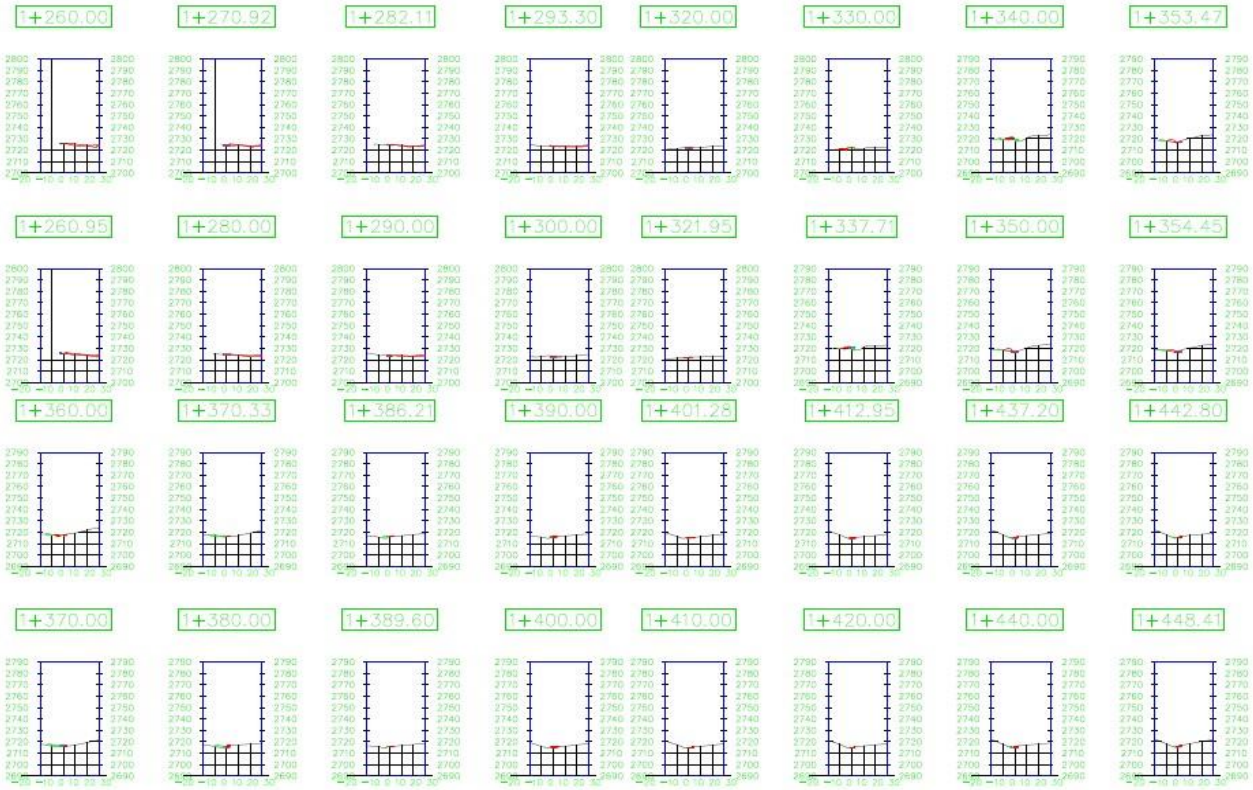
DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VIA COCHAPATA - MORASLOMA DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+000 KM, PERTENECIENTE AL CANTON NABON, PROVINCIA DEL AZUAY

Integrantes:

VICTOR JHOE REDROBAN G.
CARLOS EDUARDO VEGA H.

PLANOS DE CORTE Y RELLENO

JULIO 2024



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

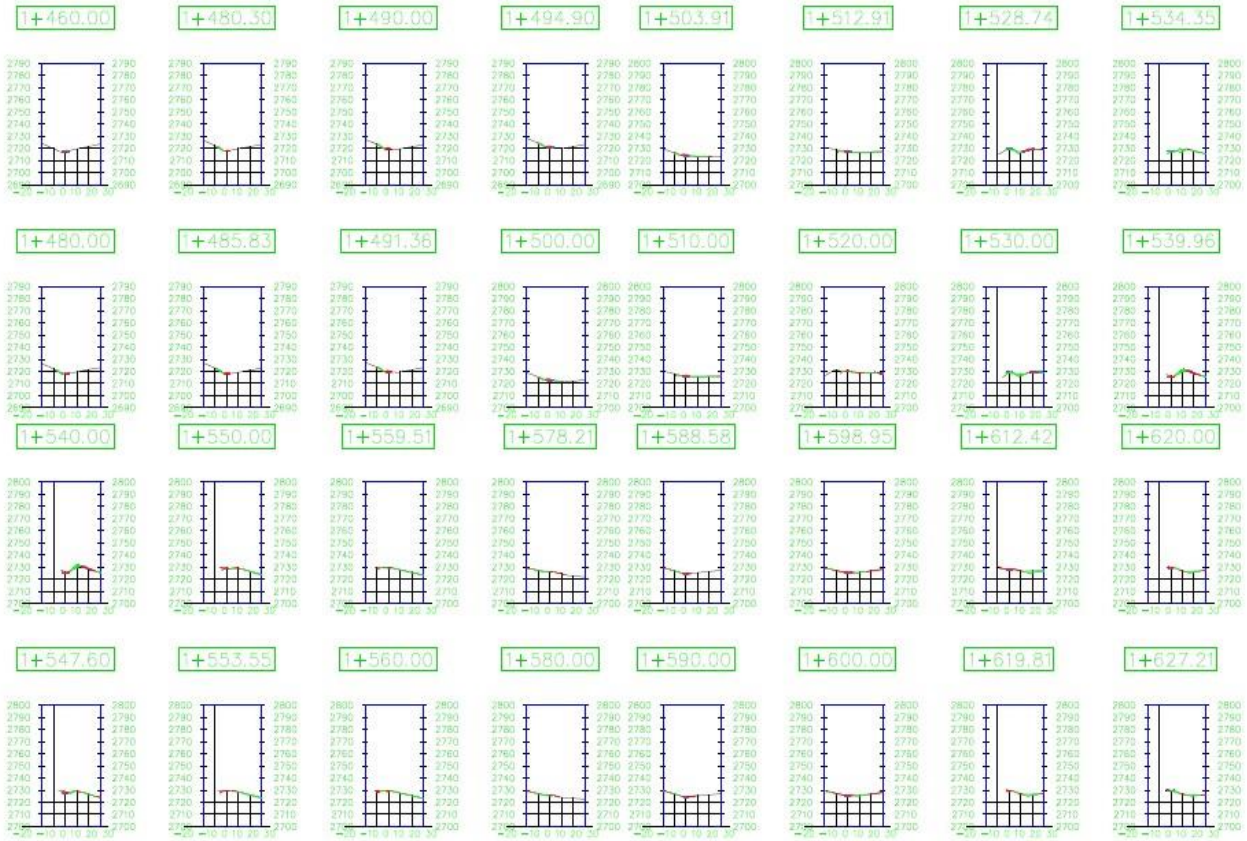
DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VIA COCHAPATA - MORASLOMA DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+000 KM, PERTENECIENTE AL CANTON NABON, PROVINCIA DEL AZUAY

Integrantes:

VICTOR JHOE REDROBAN G.
CARLOS EDUARDO VEGA H.

PLANOS DE CORTE Y RELLENO

JULIO 2024



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

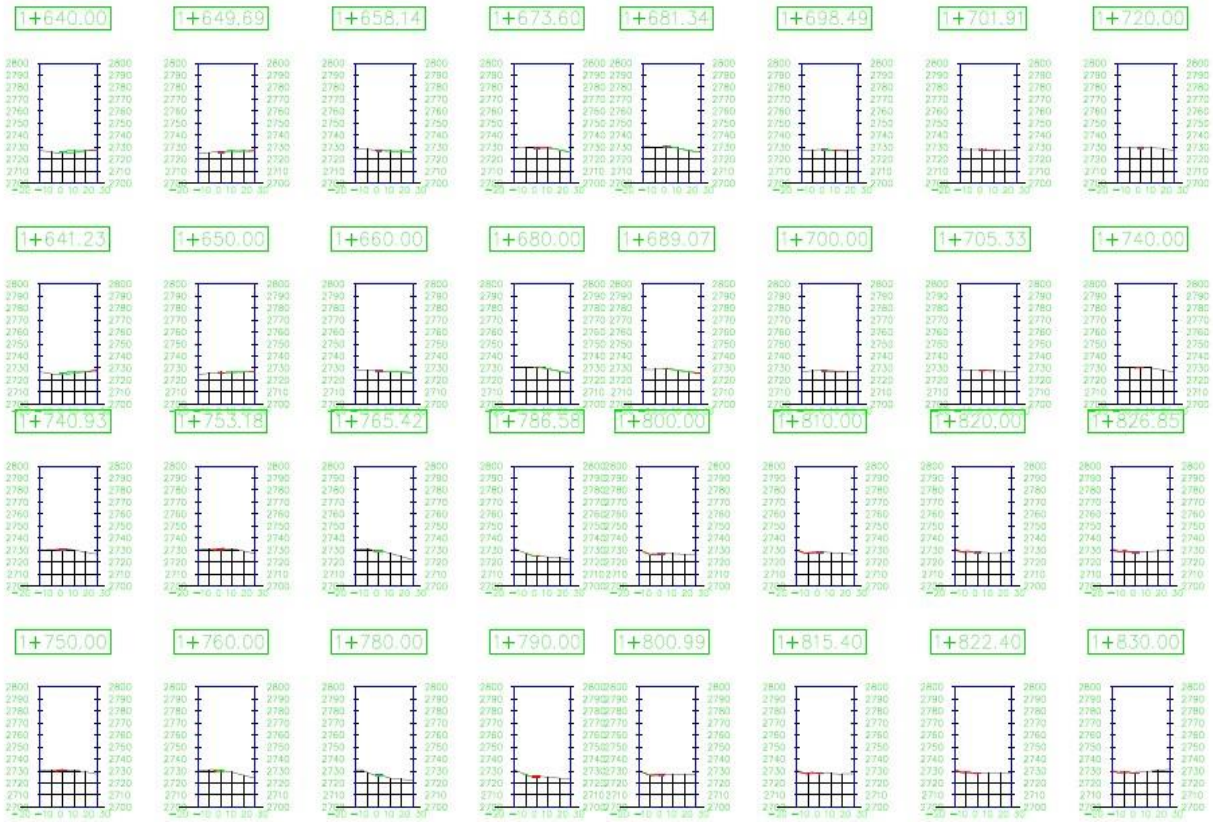
DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VIA COCHAPATA - MORASLOMA DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+000 KM, PERTENECIENTE AL CANTON NABON, PROVINCIA DEL AZUAY

Integrantes:

VICTOR JHOE REDROBAN G.
CARLOS EDUARDO VEGA H.

PLANOS DE CORTE Y RELLENO

JULIO 2024



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

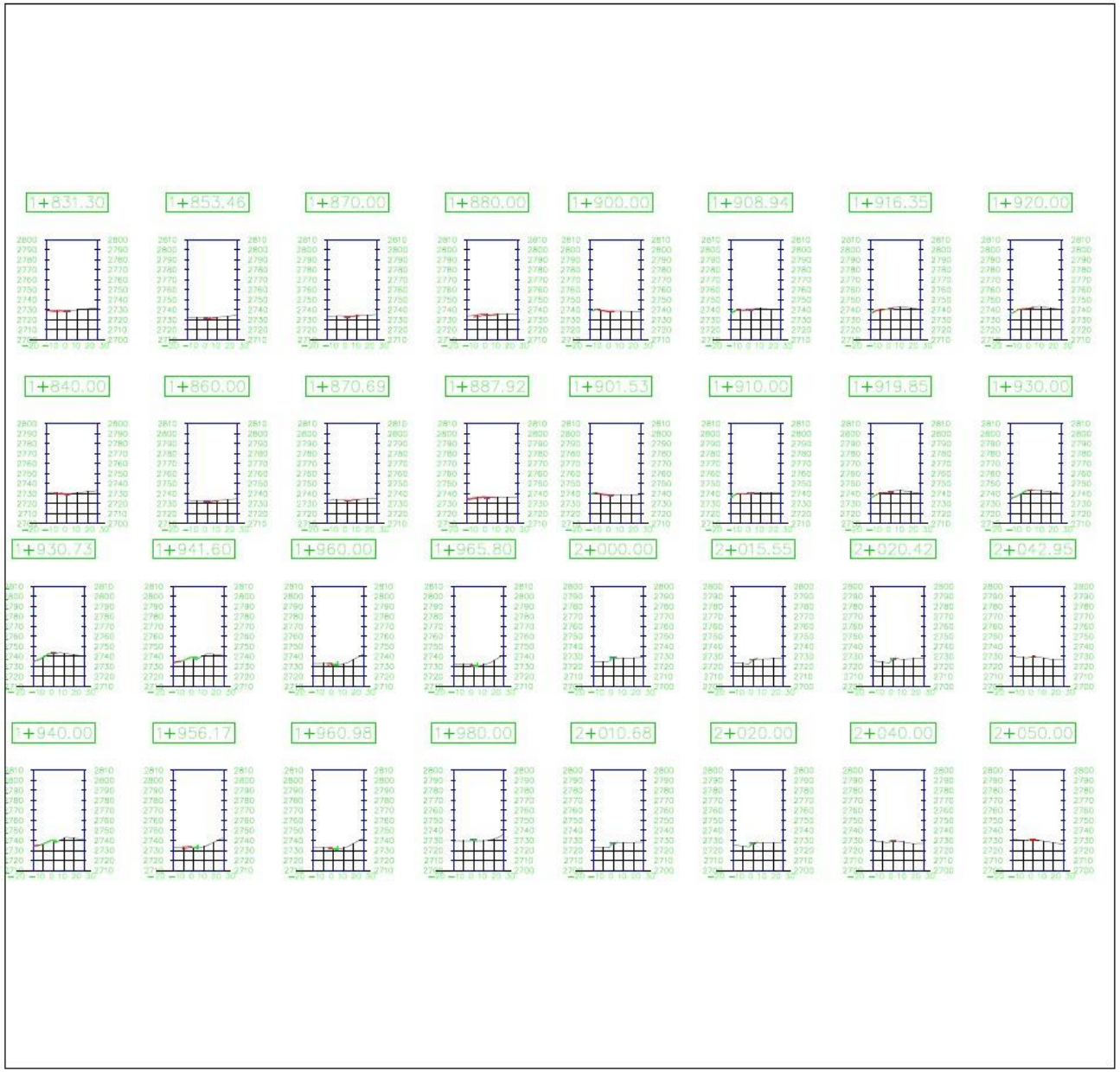
DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VIA COCHAPATA - MORASLOMA DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+000 KM, PERTENECIENTE AL CANTON NABON, PROVINCIA DEL AZUAY

Integrantes:

VICTOR JHOE REDROBAN G.
CARLOS EDUARDO VEGA H.

PLANOS DE CORTE Y RELLENO

JULIO 2024



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

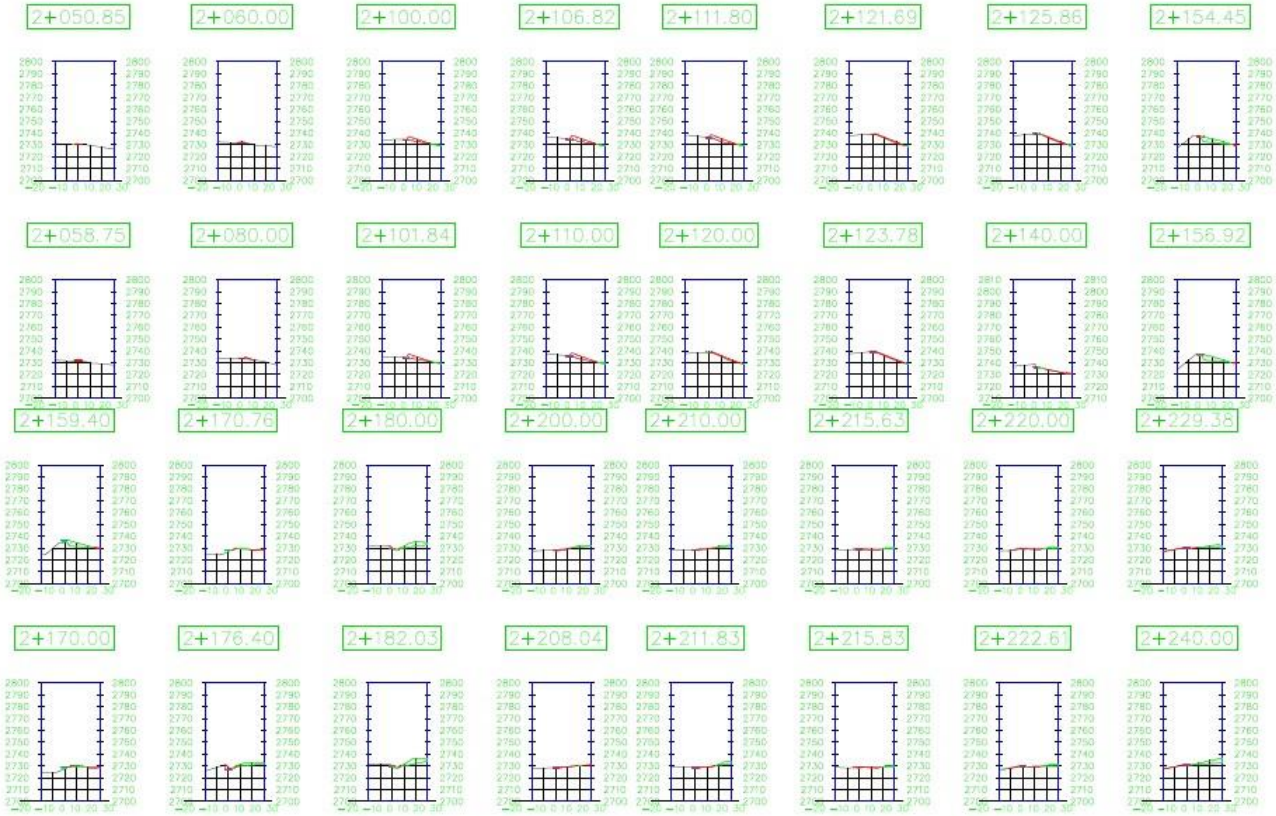
DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VIA COCHAPATA - MORASLOMA DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+000 KM, PERTENECIENTE AL CANTON NABON, PROVINCIA DEL AZUAY

Integrantes:

VICTOR JHOE REDROBAN G.
CARLOS EDUARDO VEGA H.

PLANOS DE CORTE Y RELLENO

JULIO 2024



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

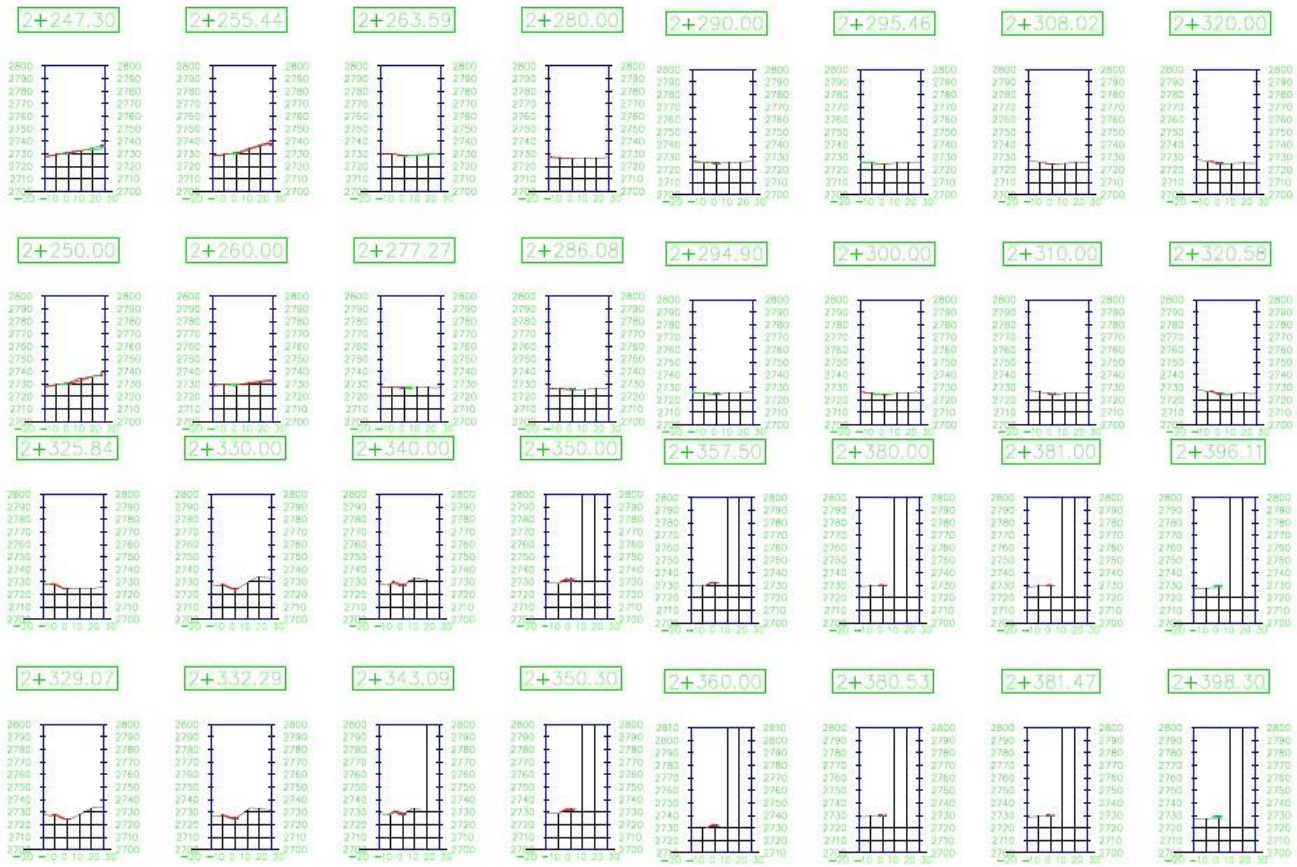
DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VIA COCHAPATA - MORASLOMA DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+000 KM, PERTENECIENTE AL CANTON NABON, PROVINCIA DEL AZUAY

Integrantes:

VICTOR JHOE REDROBAN G.
CARLOS EDUARDO VEGA H.

PLANOS DE CORTE Y RELLENO

JULIO 2024



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

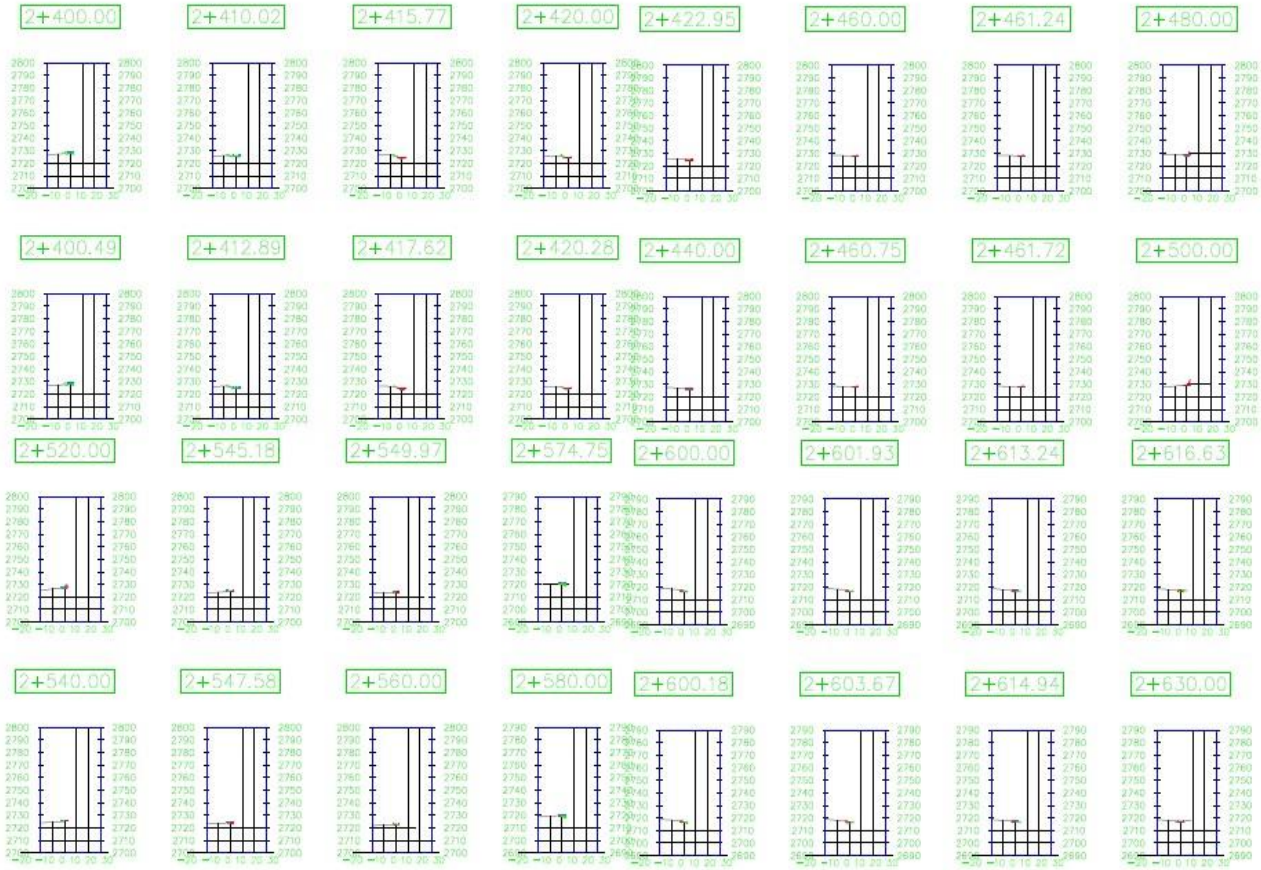
DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VIA COCHAPATA - MORASLOMA DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+000 KM, PERTENECIENTE AL CANTON NABON, PROVINCIA DEL AZUAY

Integrantes:

VICTOR JHOE REDROBAN G.
CARLOS EDUARDO VEGA H.

PLANOS DE CORTE Y RELLENO

JULIO 2024



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

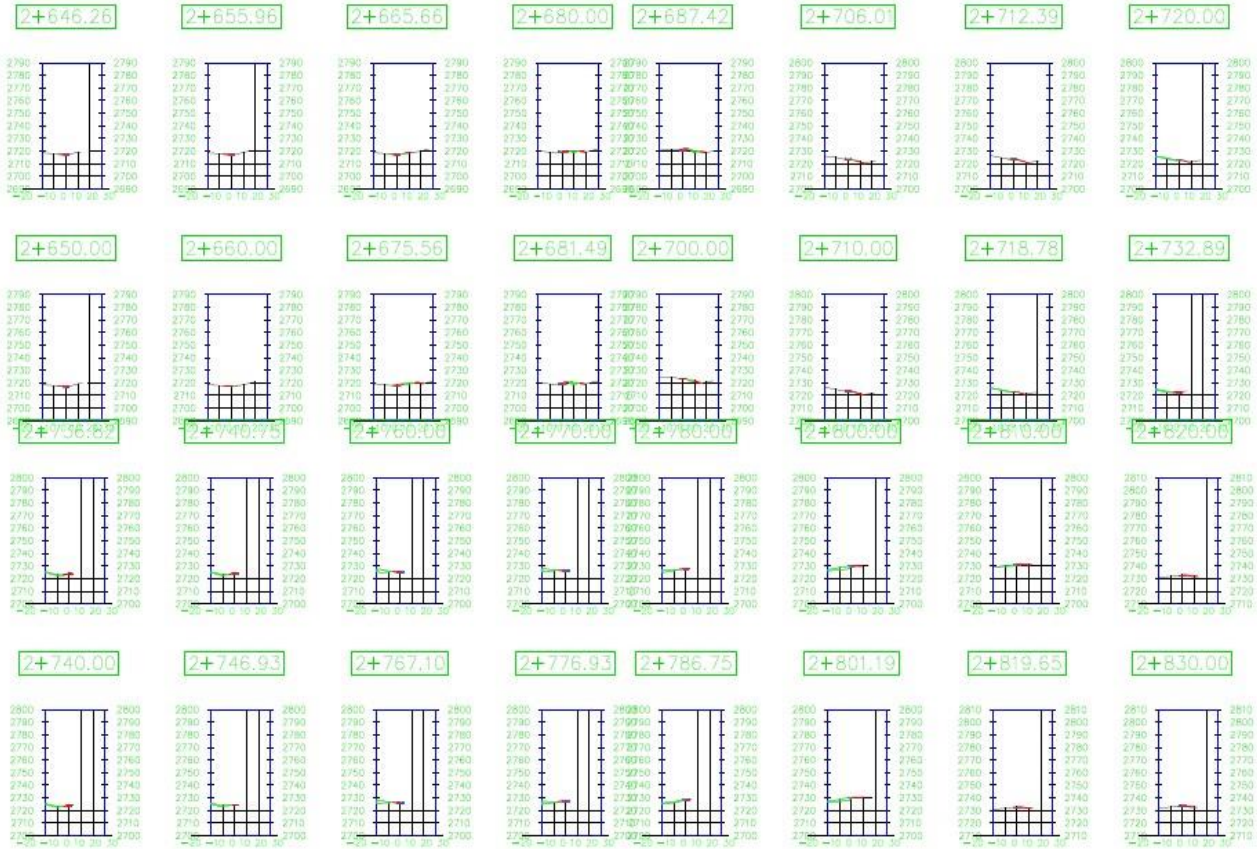
DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VIA COCHAPATA - MORASLOMA DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+000 KM, PERTENECIENTE AL CANTON NABON, PROVINCIA DEL AZUAY

Integrantes:

VICTOR JHOE REDROBAN G.
CARLOS EDUARDO VEGA H.

PLANOS DE CORTE Y RELLENO

JULIO 2024



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

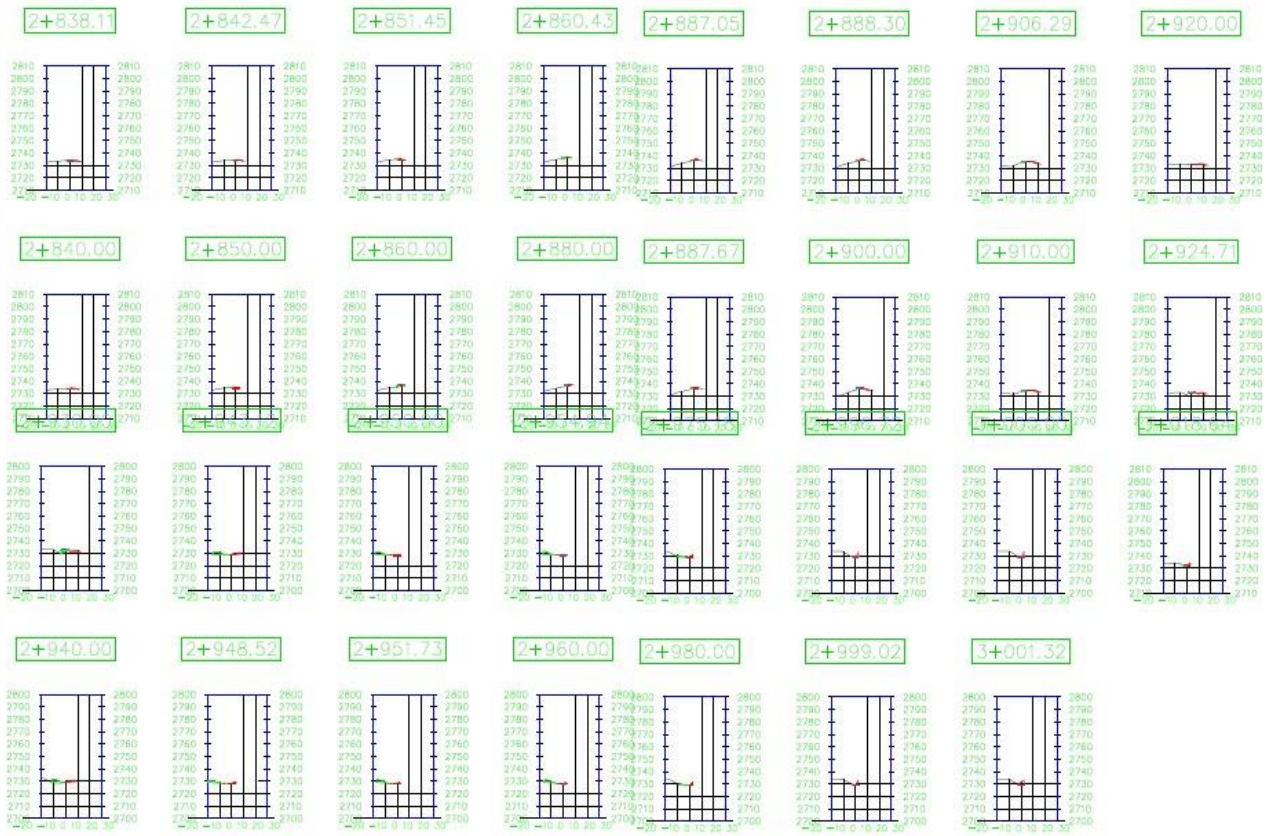
DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VIA COCHAPATA - MORASLOMA DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+000 KM, PERTENECIENTE AL CANTON NABON, PROVINCIA DEL AZUAY

Integrantes:

VICTOR JHOE REDROBAN G.
CARLOS EDUARDO VEGA H.

PLANOS DE CORTE Y RELLENO

JULIO 2024



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VIA COCHAPATA - MORASLOMA DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+000 KM, PERTENECIENTE AL CANTON NABON, PROVINCIA DEL AZUAY

Integrantes:

VICTOR JHOE REDROBAN G.
CARLOS EDUARDO VEGA H.

PLANOS DE CORTE Y RELLENO

JULIO 2024