

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.

Rehabilitación vial mediante estabilización y pavimentación asfáltica de calles urbanas de la ciudad de Naranjal.

INGE-3059

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

John William Magües Vera

Erick Sebastián Rojas Monge

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

Dedicatoria

Este trabajo es un reconocimiento a mis padres, cuyo esfuerzo, apoyo y ejemplo han sido fundamentales en cada etapa de mi formación. Gracias a sus enseñanzas y sacrificios fue posible alcanzar este objetivo académico, el cual representa también los valores que me han guiado a lo largo de mi vida.

John Willian Magües Vera

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedico, de manera especial, a mis padres, quienes constituyen mi razón de ser y el principal motor de mi formación personal y profesional. Su esfuerzo constante, su apoyo incondicional y sus enseñanzas han sido fundamentales para alcanzar este logro académico. Cada sacrificio realizado y cada palabra de aliento recibida han fortalecido mi perseverancia y mi compromiso con la excelencia. Que este trabajo represente un motivo de orgullo para ustedes y refleje, aunque sea en parte, los valores y principios que me han transmitido a lo largo de mi vida.

Erick Sebastián Rojas Monge.

Agradecimientos

A Dios, por guiarme y darme la fortaleza necesaria para culminar esta etapa académica.

A mi madre y a mi padre, por su apoyo incondicional, esfuerzo y confianza a lo largo de toda mi formación universitaria.

A mis hermanos, por su apoyo y motivación constante durante este proceso.

A Carolina, por su comprensión, acompañamiento y respaldo en esta etapa de mi vida académica.

A la Ing. Carola Gordillo, tutora de este proyecto, por su orientación académica y aportes técnicos durante el desarrollo del trabajo de titulación.

A mi compañero de tesis, Erick Rojas, por el compromiso, el trabajo en equipo y la colaboración durante la elaboración de este proyecto.

John Willian Magües Vera

Agradecimientos

A Dios, por brindarme fortaleza, sabiduría y constancia para culminar esta etapa de formación académica.

A mi familia, especialmente a mis padres, por su amor, apoyo incondicional y permanente motivación durante todo mi proceso universitario.

A la Ing. Carola Gordillo, mi tutora de proyecto, por su orientación técnica, disposición y valiosos aportes académicos que contribuyeron al desarrollo de este trabajo.

A mi compañero de tesis y futuro colega John Magües, por su compromiso, colaboración y apoyo constante a lo largo de esta etapa, así como por compartir una parte fundamental de mi vida universitaria.

Erick Sebastián Rojas Monge.

Declaración Expresa

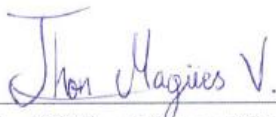
Nosotros John Willian Magues Vera y Erick Sebastián Rojas Monje acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor del proyecto de graduación corresponderá a los autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor de los autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 13 de octubre del 2025.



John Willian Magues Vera



Erick Sebastian Rojas Monje

Evaluadores

Ing. Lenin Dender

Profesor de Materia

Ing. Carola Gordillo

Tutor de proyecto

Resumen

En el cantón Naranjal se identifican deficiencias estructurales en diversas calles urbanas asociadas a la baja capacidad portante de la base y subrasante, el efecto del tránsito y la ausencia de una estructura vial adecuada. El presente proyecto tiene como objetivo formular una propuesta técnica de mejoramiento mediante estabilización de base y colocación de una capa asfáltica, orientada a optimizar la movilidad, la seguridad y las condiciones de servicio, planteando como hipótesis que la aplicación de técnicas de estabilización incrementa la capacidad de soporte del suelo y prolonga la vida útil de la infraestructura. El desarrollo del estudio incluyó aforos vehiculares, excavación de calicatas, ensayos de laboratorio como granulometría, límites de consistencia, compactación y CBR, así como el diseño estructural conforme a la metodología AASHTO 1993 y la normativa nacional vigente. Los resultados evidenciaron una mejora significativa de las propiedades mecánicas del material tratado y una estructura adecuada para el tránsito proyectado. La propuesta permitió alcanzar indicadores favorables de desempeño estructural, reducción de costos de mantenimiento, mejora en la movilidad urbana y disminución de impactos ambientales, fortaleciendo la calidad de la infraestructura vial del sector.

Palabras Clave: capacidad portante, estabilización de suelos, diseño estructural, tránsito vehicular, sostenibilidad.

Abstract

In the canton of Naranjal, structural deficiencies are identified in several urban roads associated with low subgrade bearing capacity, traffic effects, and the absence of an adequate pavement structure. The aim of this project is to formulate a technical improvement proposal through base stabilization and the placement of an asphalt layer, oriented toward optimizing mobility, safety, and service conditions, if stabilization techniques increase soil bearing capacity and extend infrastructure service life. The study included traffic counts, exploratory trenches, laboratory tests such as gradation analysis, Atterberg limits, compaction, and CBR, as well as structural design based on the AASHTO 1993 methodology and current national standards. The results showed a significant improvement in the mechanical properties of the treated material and a pavement structure suitable for the projected traffic demand. The proposal achieved favorable indicators related to structural performance, maintenance cost reduction, improvement in urban mobility, and mitigation of environmental impacts, contributing to the strengthening of roadway infrastructure quality in the study area.

Keywords: bearing capacity, soil stabilization, structural design, traffic flow, sustainability.

Índice general

Resumen.....	I
Abstract.....	II
Índice de Tablas	VII
Índice de figuras.....	X
1 INTRODUCCIÓN	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Descripción del Problema.....	4
1.3 Justificación del Problema	6
1.4 Objetivos.....	7
1.4.1 Objetivo General.....	7
1.4.2 Objetivos Específicos.....	8
2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
2.1 Revisión de literatura	10
2.2 Área de estudio	14
2.3 Trabajo de campo y laboratorio	18
2.3.1 Aforo Vehicular	18
2.3.2 Calicatas en sitio	19
2.4 Análisis de datos	27

2.4.1	Resultados del Aforo Vehicular.....	27
2.4.2	Análisis de resultados del material de subrasante y relleno.....	30
2.4.3	Límites de Atterberg.....	30
2.4.4	Granulometría.....	34
2.4.5	Proctor modificado.....	39
2.4.6	Resultados de CBR.....	44
2.5	Análisis de alternativas.....	52
3	DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES.....	60
3.1	Análisis y estudios preliminares.....	60
3.1.1	Periodo de Diseño.....	60
3.1.2	Trafico Promedio Diario Anual.....	61
3.1.3	Tráfico Promedio Diario Anual Proyectado.....	66
3.1.4	Cálculo de ESAL's de diseño.....	68
3.1.5	Nivel de confiabilidad (R).....	72
3.1.6	Nivel de serviciabilidad (PSI).....	73
3.1.7	Coefficiente de drenaje (m_i).....	74
3.1.8	Desviación estándar global (S_o).....	75
3.1.9	Módulo resiliente de la subrasante.....	76
3.1.10	Módulo resiliente del material granular existente (subbase).....	77

3.1.11	Módulo resiliente de la base estabilizada con emulsión	78
3.1.12	Módulo resiliente de la carpeta asfáltica.....	80
3.2	Diseño del pavimento flexible (AASHTO 1993)	81
3.2.1	Número estructural (SN).....	81
3.2.2	Coefficiente estructural (a_i) y coeficiente de drenaje (m_i) por capa.....	82
3.2.3	Espesores del pavimento.....	83
4	ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL	86
4.1	Descripción del proyecto	86
4.2	Línea base ambiental.....	87
4.3	Actividades del proyecto.....	88
4.4	Fase de preparación del área	89
4.4.1	Fase de construcción.....	89
4.4.2	Fase de operación y mantenimiento posterior	89
4.4.3	Identificación de impactos ambientales	90
4.5	Valoración de impactos ambientales	93
4.6	Propuestas de medidas de prevención/mitigación	96
4.6.1	Manejo adecuado durante la limpieza y desalojo	96
4.6.2	Mantenimiento preventivo en la movilización de máquinas y equipos	96
4.6.3	Control del material del terreno durante la rehabilitación de la vía.....	96

4.6.4	Control del polvo en la excavación y movimiento de tierra	97
4.7	Resultados de medidas	97
4.7.1	Conclusiones	97
4.7.2	Recomendaciones	98
5	PRESUPUESTO	101
5.1	Estructura Desglosada de Trabajo	101
5.2	Especificaciones Técnicas	104
5.3	Rubros y análisis de precios unitarios.....	105
5.4	Cantidades de obra	106
5.5	Costo del proyecto	108
5.6	Cronograma de obra.....	109
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	112
6.1	Conclusiones	112
6.2	Recomendaciones	113
	Referencias.....	116
7	PLANOS Y ANEXOS	119
7.1	Anexo 1 - TPDA	119
7.2	Anexo 2 - APUS	124
7.3	Anexo 3 Planos	138

Índice de Tablas

Tabla 1	Conteo de 10am - 18pm del Viernes 14 de Noviembre de 2025	28
Tabla 2	Límites de Atterberg – Terreno Natural	31
Tabla 3	Resultados de los límites de Atterberg – Terreno Natural.....	31
Tabla 4	Límites de Atterberg - relleno base cruda.....	32
Tabla 5	Resultados de los límites de Atterberg - Relleno Base Cruda	33
Tabla 6	Determinación de la fracción retenida sobre el tamiz n°200 mediante lavado – Terreno natural.....	34
Tabla 7	Datos granulometría gruesa – base cruda	35
Tabla 8	Datos de granulometría fina – base cruda.....	37
Tabla 9	Resultados de granulometría – base cruda.....	38
Tabla 10	Datos del molde de terreno natural	39
Tabla 11	Datos del molde de la base cruda.....	39
Tabla 12	Tabla de resultados del Proctor Modificado del terreno natural.....	40
Tabla 13	Tabla de resultados del Proctor Modificado de la base cruda	41
Tabla 14	Punto máximo de la curva para terreno natural	43
Tabla 15	Punto máximo de la curva para Base Cruda	43
Tabla 16	Resultados de Humedad y Densidad CBR terreno natural	44
Tabla 17	Resultados de Humedad y Densidad CBR base cruda	46
Tabla 18	Resultados del deformímetro para el terreno natural.....	47

Tabla 19 Resultados del deformímetro para la base cruda	47
Tabla 20 Resultados de esfuerzos del terreno natural.....	48
Tabla 21 Resultados de esfuerzo de la base cruda.....	49
Tabla 22 Resultado de CBR Terreno Natural.....	51
Tabla 23 Resultado de CBR Base Cruda.....	52
Tabla 24 Puntaje de criterios de evaluación	54
Tabla 25 Matriz de Likert	58
Tabla 26 Periodo de diseño recomendado según el tipo de vía y nivel de tránsito	60
Tabla 27 Tráfico Promedio Diario Observado.....	61
Tabla 28 Ajuste mensual en base a los consumos de diésel y gasolina en Guayas	62
Tabla 29 Trafico promedio Diario Anual	63
Tabla 30 Trafico Promedio Diario Anual de Diseño	65
Tabla 31 Tasa de crecimiento anual de Tráfico Vehicular de la Provincia del Guayas ...	66
Tabla 32 TPDA Proyectado.....	67
Tabla 33 Tabla de fórmulas para cálculo del factor de equivalencia.....	69
Tabla 34 Estimación de Ejes Equivalentes	70
Tabla 35 Proyección del Tráfico Promedio Diario Anual y cálculo de ESAL's acumulados	71
Tabla 36 Capacidad de drenaje	74
Tabla 37 Coeficiente de drenaje para pavimentos flexibles	74
Tabla 38 Valores de desviación estándar (SO).....	75

Tabla 39	Parámetros utilizados para el cálculo del número estructural (SN).....	81
Tabla 40	Resumen de coeficientes.....	83
Tabla 41	Diseño de espesores de pavimento	83
Tabla 42	Espesores del Pavimento	84
Tabla 43	Ponderaciones de magnitud e importancia	90
Tabla 44	Matriz de Leopold.....	91
Tabla 45	Escala de valoración de impacto ambiental.....	93
Tabla 46	Escala de colores para la valoración de impacto ambiental.....	94
Tabla 47	Impacto ambiental según a la matriz de Leopold	94
Tabla 48	Precios unitarios del Proyecto.....	106
Tabla 49	Cantidades del Proyecto.....	107
Tabla 50	Costo total del proyecto	108

Índice de figuras

Figura 1 Clasificación Vehicular de la MTOP	19
Figura 2 Excavación Calicata	20
Figura 3 Medición de la Capa de Relleno.....	21
Figura 4 Secado de muestras en Laboratorio.....	22
Figura 5 Granulometría Estrato Base.....	23
Figura 6 Granulometría por tamizado.....	23
Figura 7 Muestra Seca de Ensayos de Limites de Atterberg	25
Figura 8 Ejecución del Ensayo Proctor.....	26
Figura 9 Curva del límite líquido – Terreno Natural	32
Figura 10 Curva del límite líquido – Relleno Base Cruda.....	33
Figura 11 Curva granulométrica – base cruda	38
Figura 12 Humedad vs Densidad Seca – Terreno Natural.....	42
Figura 13 Humedad vs Densidad Seca – Base Cruda.....	43
Figura 14 Gráfica Esfuerzo vs Deformación Terreno Natural.....	50
Figura 15 Gráfica Esfuerzo vs Deformación Base Cruda.....	50
Figura 16 Gráfica CBR vs Densidad Terreno Natural.....	51
Figura 17 Gráfica CBR vs Densidad Base Cruda.....	52
Figura 18 Coeficientes de transformación a vehículo liviano	65
Figura 19 Niveles sugeridos de confiabilidad según la clasificación funcional de la vía. 73	
Figura 20 Módulo resiliente de la subrasante	76

Figura 21 Módulo resiliente de la subbase	78
Figura 22 Módulo resiliente de base tratada con emulsionante asfáltico	79
Figura 23 Módulo resiliente de la carpeta asfáltica	80
Figura 24 Cálculo del Número Estructural	82
Figura 25 Diagrama de fases del proyecto.....	101
Figura 26 Diagrama de fase preliminar	102
Figura 27 Diagrama de fase de diseño	102
Figura 28 Diagrama de fase de productos.....	103
Figura 29 Diagrama de fase de construcción	104
Figura 30 Cronograma de obra	110

Capítulo 1

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes.

La infraestructura vial constituye uno de los pilares fundamentales para el desarrollo económico y social de un territorio (Banco Mundial, 2022). En el contexto urbano, las calles, avenidas y vías de acceso permiten la movilidad de personas, bienes y servicios, además de influir directamente en la competitividad y calidad de vida de los habitantes. La Organización Mundial del Banco resalta que la inversión en vialidad urbana genera un efecto multiplicador sobre la economía local, ya que mejora la productividad, la accesibilidad y la integración territorial. En Ecuador, este principio cobra especial relevancia ante el crecimiento acelerado de las ciudades en vía desarrollo, donde el mantenimiento y la rehabilitación de las vías existentes se convierten en una necesidad prioritaria.

Durante las últimas décadas, el enfoque de la ingeniería vial ha evolucionado desde la simple construcción de caminos hacia la gestión integral del pavimento, considerando su desempeño, durabilidad y sostenibilidad (Plata Rangel et al., 2022). Los avances tecnológicos en materiales, métodos constructivos y control de calidad han permitido optimizar los diseños de pavimentos, reducir los costos de mantenimiento y aumentar su vida útil. La aplicación de técnicas de estabilización de suelos y bases (mediante el uso de cemento, cal o emulsiones asfálticas) se ha consolidado como una alternativa eficaz para mejorar las propiedades estructurales del suelo y prolongar la vida de los pavimentos flexibles (Giler & Mogrovejo-Carrasco, 2023).

En América Latina, países como Colombia, México y Chile han incorporado programas de rehabilitación vial urbana basados en la estabilización in situ y en el reciclado de materiales,

impulsando prácticas más sostenibles y económicamente eficientes. Estas metodologías permiten aprovechar las capas existentes, disminuir el consumo de recursos naturales y reducir las emisiones asociadas al transporte de materiales. En Ecuador, diversas municipalidades han adoptado estas tecnologías en proyectos de mejoramiento barrial y mantenimiento de la red secundaria, destacando su aplicabilidad en zonas de tránsito medio y suelos de baja capacidad portante (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Naranjal., 2024).

A nivel nacional, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) y los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) cantonales han promovido en los últimos años estrategias de conservación vial con énfasis en la durabilidad, la economía y la sostenibilidad ambiental. La Norma Ecuatoriana Vial (NEVI) y las metodologías derivadas del Manual AASHTO 93 establecen criterios técnicos para el diseño de pavimentos flexibles adaptados a las condiciones locales. En este marco, las investigaciones recientes en universidades y centros tecnológicos ecuatorianos han evaluado la viabilidad del uso de emulsiones asfálticas en procesos de estabilización, obteniendo resultados favorables en resistencia, trabajabilidad y desempeño frente a la humedad.

El avance de estas técnicas no solo responde a una necesidad técnica, sino también a una visión de desarrollo sostenible alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, particularmente con el ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura) y el ODS 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles). La implementación de pavimentos más duraderos, con menor impacto ambiental y mayor eficiencia constructiva, contribuye directamente a estos objetivos, al mejorar la conectividad, reducir las emisiones de polvo y fomentar la movilidad

segura en entornos urbanos (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Naranjal., 2024).

En el contexto urbano ecuatoriano, el deterioro progresivo de las calles lastradas y de los pavimentos envejecidos ha generado la necesidad de buscar soluciones integrales que combinen la ingeniería estructural, el control de calidad y la planificación sostenible. Las técnicas de estabilización con emulsión asfáltica han cobrado relevancia porque permiten intervenir vías deterioradas sin requerir la remoción total de las capas existentes, reduciendo significativamente los tiempos de ejecución y los costos globales de la obra. Además, su desempeño favorable frente a condiciones de humedad y tránsito moderado las convierte en una opción ideal para zonas urbanas como Naranjal, donde el régimen de lluvias y el uso residencial condicionan la durabilidad del pavimento.

En síntesis, los antecedentes técnicos y normativos muestran una evolución constante en las estrategias de rehabilitación vial, orientadas a garantizar la funcionalidad, sostenibilidad y resiliencia de las infraestructuras urbanas. Este marco de referencia sustenta la pertinencia del presente estudio, que se enmarca en el análisis y aplicación de soluciones de estabilización y pavimentación asfáltica para mejorar la red vial urbana de la ciudad de Naranjal.

1.2 Descripción del Problema

La ciudad de Naranjal, ubicada en la provincia del Guayas, presenta actualmente un déficit considerable en la calidad de su infraestructura vial urbana. Más del 78 % de las calles permanecen sin pavimentar y con superficies de lastre que se deterioran progresivamente por efecto del tránsito constante, la humedad y la falta de mantenimiento periódico (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Naranjal., 2024). Esta situación afecta la movilidad

cotidiana de los habitantes, incrementa los tiempos de desplazamiento y deteriora las condiciones de vida en los barrios residenciales.

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Naranjal, responsable de la gestión de la red vial cantonal, identifica que la mayor parte de las vías secundarias carece de una estructura portante adecuada, lo que genera deformaciones, baches, polvo en temporada seca y encharcamientos en época lluviosa (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Naranjal., 2024). Tales condiciones no solo limitan el tránsito vehicular y peatonal, sino que también repercuten en la salud pública, la seguridad y el mantenimiento de los vehículos.

Actualmente, la ausencia de una estructura rígida o flexible bien conformada provoca que la superficie vial pierda rápidamente su capacidad de soporte, generando costos recurrentes de bacheo y nivelación que no ofrecen una solución duradera. Además, el crecimiento urbano ha incrementado la demanda de tráfico en zonas donde las calles aún no cuentan con pavimento, lo que agrava el deterioro y dificulta la movilidad hacia centros educativos, comerciales y de servicios.

El problema es actual y susceptible de medición, pues puede evaluarse a través de parámetros geotécnicos como el CBR, la granulometría y los límites de consistencia, así como mediante indicadores funcionales de transitabilidad y confort. La observación en campo evidencia la falta de homogeneidad en las capas de rodadura, la deficiente evacuación de aguas pluviales y la presencia de material granular de baja calidad (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Naranjal., 2024).

En el ámbito institucional, el GAD Municipal de Naranjal ha mostrado apertura para ejecutar proyectos de rehabilitación de calles secundarias que beneficien a sectores poblacionales

de alto tránsito peatonal, especialmente en áreas cercanas a instituciones educativas. La aplicación de técnicas de estabilización con emulsión asfáltica y pavimento en caliente se presenta como una alternativa viable, sustentada en la normativa AASHTO 93 y las especificaciones ecuatorianas NEVI, que permiten formular soluciones acordes a las condiciones geotécnicas y climáticas locales.

En síntesis, el problema que enfrenta Naranjal radica en la deficiente condición estructural y funcional de su red vial urbana, lo que limita la movilidad, afecta la salud y compromete la sostenibilidad del entorno. Resolver esta situación requiere diseñar y aplicar una propuesta técnica integral de rehabilitación que combine criterios de ingeniería, eficiencia económica y sostenibilidad ambiental.

1.3 Justificación del Problema

La rehabilitación de la red vial urbana en la ciudad de Naranjal representa una necesidad prioritaria tanto por razones técnicas como sociales. La actual condición de las calles sin pavimentar provoca afectaciones diarias en la movilidad, la salud y la economía local. Resolver este problema permitirá mejorar la conectividad interna del cantón, optimizar el flujo vehicular y peatonal, y reducir las emisiones de polvo que deterioran la calidad del aire y afectan a los habitantes, especialmente a los estudiantes de las instituciones cercanas a las zonas intervenidas.

Desde el punto de vista técnico, la aplicación de procesos de estabilización de la base con emulsión asfáltica y la colocación de una carpeta de pavimento flexible ofrece una solución moderna, durable y económicamente eficiente frente a los métodos tradicionales de bacheo o relleno granular. Estas técnicas incrementan la capacidad estructural del pavimento y asfalto, disminuyen la frecuencia de mantenimiento y prolongan la vida útil del pavimento. Además, su

implementación está respaldada por metodologías reconocidas, como AASHTO 93 y las normas NEVI, adaptadas a las condiciones geotécnicas del litoral ecuatoriano.

Socialmente, el mejoramiento de las calles secundarias fortalece la integración barrial, impulsa el comercio local y garantiza un acceso más seguro a servicios básicos. No intervenir el problema perpetuaría los impactos negativos actuales: deterioro del entorno urbano, aumento de los costos de operación vehicular, pérdida de productividad y riesgos sanitarios por exposición constante al polvo y al agua estancada.

La ejecución de este proyecto contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 9 y 11, promoviendo infraestructuras seguras, resilientes y sostenibles, así como comunidades más saludables y conectadas. En este sentido, el estudio no solo responde a un interés académico, sino también a una necesidad real del territorio, ofreciendo una propuesta técnica que combina eficiencia, sostenibilidad y bienestar social.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar una solución de rehabilitación estructural y funcional para las vías urbanas seleccionadas en la ciudad de Naranjal, incorporando la estabilización de la base con emulsión asfáltica y una capa de pavimentación asfáltica en caliente, con el propósito de que se garantice la eficiencia constructiva y la durabilidad del pavimento, de acuerdo con los criterios técnicos y normativos vigentes.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Caracterizar geotécnicamente la subrasante y la base existente en las vías seleccionadas, mediante ensayos de laboratorio (CBR, granulometría y límites de Atterberg), para la evaluación de su aptitud en procesos de estabilización con emulsión asfáltica.
2. Determinar la dosificación óptima de emulsión asfáltica para la estabilización de la base, aplicando ensayos Proctor modificado y CBR post-estabilización, complementados con el diseño de mezcla asfáltica en caliente mediante el método Marshall, con el fin de que se defina el contenido óptimo de ligante y la granulometría adecuada.
3. Diseñar la estructura del pavimento flexible aplicando los criterios establecidos por las normas AASHTO 93 y las normativas ecuatorianas NEVI y MTOP, para que se formule una propuesta técnica integral que incluya el cálculo de espesores estructurales según el tránsito proyectado.
4. Elaborar el cronograma de ejecución y el presupuesto referencial del proyecto, considerando materiales, equipos y procesos asociados a la estabilización y pavimentación, con el fin de que se garantice una planificación técnica y económica adecuada.
5. Proponer un plan de control de calidad en laboratorio y campo, junto con medidas de mitigación de riesgos ambientales y constructivos, que aseguren la correcta ejecución y sostenibilidad de la obra.

Capítulo 2

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Revisión de literatura

El desarrollo urbano sostenible requiere infraestructuras viales capaces de mantener su funcionalidad y durabilidad frente al incremento del tránsito y a las condiciones ambientales cambiantes. En los últimos años, los proyectos de rehabilitación de pavimentos urbanos han adquirido relevancia como una alternativa técnica y ambientalmente eficiente frente a la reconstrucción total de vías. Plati y Tsakoumaki (2023) señalan que la aplicación de métodos de rehabilitación sostenible en pavimentos permite reducir entre un 15 % y un 22 % las emisiones de dióxido de carbono y el consumo energético en comparación con las técnicas tradicionales. Estos enfoques se fundamentan en el aprovechamiento de materiales reciclados y en la optimización del ciclo de vida del pavimento, garantizando un equilibrio entre el desempeño estructural y la responsabilidad ambiental. En el contexto de América Latina, donde los presupuestos municipales son limitados y el deterioro de las calles es progresivo, este tipo de soluciones resulta esencial para mejorar la movilidad urbana sin comprometer los recursos disponibles (Caribe, 2021; Mundial, 2022).

El diseño estructural de los pavimentos constituye la base técnica para evaluar la capacidad de soporte y definir el espesor de las capas necesarias para resistir las cargas de tráfico. Tradicionalmente, el método AASHTO 1993 ha sido el más empleado a nivel internacional debido a su simplicidad y amplia base empírica. Este método se sustenta en la obtención del Número Estructural (SN), el cual integra factores como el tránsito proyectado, la confiabilidad del diseño, el módulo resiliente de la subrasante y los coeficientes estructurales de cada capa. No obstante, su principal limitación radica en que fue desarrollado a partir de

condiciones específicas de los Estados Unidos, lo que restringe su aplicación directa en regiones con características climáticas o geotécnicas distintas. En este sentido, Cota et al. (2022) destacan que la adaptación o regionalización de los parámetros de diseño es fundamental para garantizar que las soluciones propuestas reflejen el comportamiento real de los materiales y las condiciones ambientales locales. En su estudio desarrollado en Baja California (México), los autores demostraron que la calibración del grado de desempeño del asfalto (PG), la temperatura promedio y las condiciones regionales de tránsito mejora la durabilidad del pavimento y reduce la aparición de fisuras prematuras.

En Ecuador, la aplicación del método AASHTO 1993 continúa siendo la práctica más común en proyectos urbanos y rurales, especialmente en calles secundarias donde los volúmenes de tránsito pesado son reducidos (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013). En estos casos, el diseño estructural debe priorizar el equilibrio entre el costo, la durabilidad y la facilidad constructiva. La adaptación de los coeficientes estructurales en función del tipo de material disponible y de la capacidad portante del suelo resulta indispensable, particularmente en suelos tipo C, como los presentes en el cantón Naranjal, cuya capacidad portante promedio se aproxima a los 500 kPa (ensayos de laboratorio, presente estudio). Este tipo de análisis permite garantizar que las soluciones propuestas sean no solo seguras, sino también económica y técnicamente viables.

El diagnóstico del estado de los pavimentos constituye una etapa fundamental para determinar el tipo de intervención más adecuada. Los métodos funcionales, como el Pavement Condition Index (PCI), permiten cuantificar el nivel de deterioro a partir de inspecciones visuales sistemáticas. (Moreno-Ponce et al., 2025) aplicaron este índice en el caso de la calle Eloy Alfaro,

en el cantón Jipijapa (Ecuador), evidenciando que las principales fallas presentes en los pavimentos urbanos corresponden a fisuras por fatiga, deformaciones plásticas y pérdida de agregados. Dichos resultados sirvieron como base para priorizar intervenciones de mantenimiento correctivo y rehabilitación superficial. La utilidad del PCI radica en su capacidad para integrar la severidad y la extensión de las fallas en un único valor representativo del estado del pavimento, facilitando la toma de decisiones en los gobiernos locales. En barrios como los de Naranjal, donde las calles presentan daños superficiales, pero conservan una base estructural aceptable, esta herramienta resulta clave para justificar la aplicación de técnicas de estabilización y recapeo asfáltico en lugar de una reconstrucción total.

Las técnicas de rehabilitación varían en función del tipo y la severidad de los daños presentes en la estructura del pavimento. Entre las opciones más comunes se incluyen el bacheo localizado, el sellado de grietas, el reciclado en frío o en caliente, el recapeo con mezcla asfáltica y la estabilización de capas. De Figueiredo y dos Santos (2022) señalan que la selección de la técnica más adecuada depende de factores como el tipo de falla, la disponibilidad de materiales, las condiciones climáticas y el nivel de tránsito. En su estudio, basado en la aplicación de algoritmos de decisión a sistemas de gestión de pavimentos urbanos, demostraron que las estrategias preventivas o de rehabilitación parcial pueden extender la vida útil del pavimento entre un 30 % y un 40 % en comparación con intervenciones reactivas o tardías. En este contexto, la rehabilitación mediante estabilización de suelos se presenta como una solución técnica adecuada para calles secundarias con bajo volumen vehicular, donde las fallas principales se concentran en la subrasante o en la base, pero la estructura general del pavimento mantiene su integridad.

La estabilización de suelos consiste en la mejora de las propiedades mecánicas y la durabilidad de materiales granulares o finos mediante la adición de agentes estabilizantes, tales como cemento, cal o adiciones minerales. Este proceso tiene como objetivo incrementar la resistencia a la compresión, el módulo resiliente y la capacidad de soporte (CBR), además de reducir la susceptibilidad a la humedad y la plasticidad del suelo. (Ubani et al., 2025) evaluaron la resistencia y durabilidad de una mezcla de arcilla tropical estabilizada con polvo de cantera y cemento Portland, encontrando incrementos superiores al 70 % en la resistencia a la compresión simple (UCS) cuando se emplearon contenidos de cemento entre el 4 % y el 10 %. Los autores resaltan que la incorporación del polvo de cantera como material fino de relleno mejora la trabajabilidad y reduce la retracción, lo cual resulta especialmente beneficioso en climas cálidos y húmedos. Estos resultados confirman la viabilidad del uso de estabilizantes locales y subproductos minerales para el fortalecimiento de las capas inferiores de los pavimentos urbanos, reduciendo la necesidad de importar materiales de alto costo o elevado impacto ambiental.

La implementación de la estabilización de suelos en zonas tropicales, como la región Costa del Ecuador, debe considerar factores adicionales, entre ellos la variabilidad estacional de la humedad y la calidad de los materiales locales. En áreas con suelos arcillosos o limosos, la estabilización con cemento permite disminuir el límite plástico y mejorar la resistencia al corte, incrementando la vida útil de la estructura del pavimento (Little & Nair, 2009; White et al., 2013) Desde el punto de vista operativo, esta técnica presenta ventajas significativas, ya que no requiere maquinaria pesada y puede ejecutarse con mano de obra local, lo que contribuye a la generación de empleo y al fortalecimiento de las capacidades técnicas municipales. Asimismo, al

incorporar materiales provenientes de canteras cercanas, se reduce el transporte y las emisiones asociadas al proceso constructivo (Plati & Tsakoumaki, 2023).

2.2 Área de estudio

El área de estudio se encuentra en el cantón Naranjal, perteneciente a la provincia del Guayas, en la región Costa del Ecuador. La zona específica de intervención corresponde al barrio “Ciudadela Los Robles”, localizado en el sector urbano de la ciudad. Sus coordenadas geográficas aproximadas son 2°40'45" de latitud sur y 79°36'45" de longitud oeste, según la cartografía nacional del Instituto Geográfico Militar (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2021).

El cantón Naranjal limita al norte con el cantón Balao y la provincia de Azuay, al sur con el cantón El Guabo (provincia de El Oro), al este con la provincia del Cañar y al oeste con el cantón Balao. Su cabecera cantonal, la ciudad de Naranjal, se sitúa a una altitud promedio de 13 metros sobre el nivel del mar, dentro de una planicie aluvial conformada principalmente por depósitos sedimentarios finos (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Naranjal., 2024).

La Ciudadela Los Robles se ubica en el perímetro urbano de Naranjal y presenta un trazado vial de tipo reticular, con predominancia de calles de lastre y aceras de hormigón en sectores consolidados. La vía seleccionada para el presente estudio constituye un eje secundario de acceso interno, que conecta varias manzanas residenciales con el segundo colegio más grande del cantón, lo cual le otorga una relevancia funcional dentro de la red vial (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Naranjal., 2024). A pesar de no ser una arteria principal, esta calle cumple un papel importante en la movilidad estudiantil y vecinal, especialmente en horas pico.

Por su ubicación dentro del área urbana consolidada, el sector cuenta con servicios básicos como energía eléctrica, agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial, aunque algunos tramos presentan deficiencias en el drenaje superficial debido a la pendiente reducida del terreno (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Naranjal., 2024). La intervención proyectada busca mejorar las condiciones de transitabilidad y seguridad de esta vía, así como disminuir la generación de polvo y encharcamientos que afectan a los residentes y peatones.

El relieve del área de estudio es predominantemente plano, con pendientes inferiores al 2 %, propias de la llanura costera ecuatoriana. Esta condición topográfica favorece el desarrollo urbano, pero también implica una baja capacidad de drenaje natural, lo que genera acumulaciones de agua durante la época lluviosa (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2021). El tipo de suelo corresponde a material de lastre natural con presencia de finos arcillosos, de baja capacidad portante y alta variabilidad en humedad, características que justifican la aplicación de un proceso de estabilización con emulsión asfáltica previo al diseño del pavimento flexible.

El clima de Naranjal es tropical húmedo, con una temperatura media anual de aproximadamente 26 °C y una humedad relativa promedio del 80 %. El régimen de lluvias se concentra entre los meses de diciembre y mayo, con precipitaciones promedio anuales de 1 800 a 2 000 mm, seguidas de un período seco entre junio y noviembre (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2021). Estas condiciones climáticas generan variaciones significativas en el contenido de humedad de la subrasante, lo que puede afectar el desempeño del pavimento si no se adoptan técnicas adecuadas de estabilización y drenaje.

Desde el punto de vista geotécnico, los suelos del área presentan una composición granular con proporciones variables de limo y arcilla, pertenecientes a la clasificación tipo C según la normativa NEVI y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) (ASTM D2487-17, 2017; Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013b). Los valores típicos de CBR natural se estiman entre 5 % y 8 %, lo que indica una baja resistencia sin tratamiento. En consecuencia, la rehabilitación propuesta se sustenta en la mejora de la base existente mediante emulsión asfáltica, que incrementa la cohesión, la resistencia a la humedad y la capacidad estructural del suelo (Little & Nair, 2009).

En cuanto al estado actual, la vía se encuentra conformada por una capa irregular de material granular de lastre, sin estructura definida de subbase o base estabilizada. Las irregularidades superficiales, baches y acumulación de polvo son evidentes, especialmente en la temporada seca. En época de lluvias, el terreno presenta encharcamientos y pérdida de material granular, afectando la transitabilidad de vehículos y peatones (observación directa en campo, presente estudio). La falta de confinamiento lateral y el drenaje insuficiente contribuyen al deterioro progresivo del camino.

El tráfico vehicular predominante corresponde a vehículos livianos, especialmente motocicletas y automóviles particulares, con tránsito ocasional de camionetas y tricimotos de transporte local. La intensidad de tránsito se incrementa en horarios de ingreso y salida estudiantil debido a la cercanía del establecimiento educativo (levantamiento de tránsito, presente estudio). Esta condición define un nivel de tránsito bajo a medio, por lo cual la propuesta estructural del pavimento flexible se dimensionará conforme a los criterios de diseño

de la AASHTO 1993 y la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI) para vías urbanas secundarias (AASHTO, 1993; Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013).

El uso de suelo en el entorno inmediato es predominantemente residencial, aunque se observa una creciente presencia de actividades comerciales de pequeña escala, como tiendas, talleres y servicios (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Naranjal., 2024). Este dinamismo urbano genera una demanda constante de mejoramiento vial, ya que las calles en mal estado afectan la accesibilidad y la calidad de vida de los habitantes. El proyecto, por tanto, no solo tiene un enfoque técnico, sino también un impacto directo en el desarrollo socioeconómico del sector.

El cantón Naranjal cuenta con una población aproximada de 50 000 habitantes (Censos, 2022) concentrada principalmente en su cabecera cantonal. La expansión urbana reciente ha generado nuevos barrios residenciales como Los Robles, que albergan familias jóvenes y trabajadores vinculados a actividades comerciales y agrícolas. La presencia del colegio cercano convierte la zona en un punto de afluencia diaria de estudiantes y transporte escolar, por lo que la mejora de la vía tiene una función social significativa, al garantizar seguridad y accesibilidad en condiciones de lluvia o polvo.

Las deficiencias actuales en la vialidad generan problemas de salud respiratoria y contaminación por polvo durante la estación seca, así como dificultades de movilidad en época lluviosa (World Health Organization, 2018). La población local ha manifestado, a través de reuniones barriales, su interés en la pavimentación y mejoramiento de la vía, evidenciando la necesidad de una intervención técnica sostenible que considere la participación comunitaria y la planificación urbana del GAD Municipal.

Desde el punto de vista ambiental, la intervención propuesta no representa un riesgo significativo, ya que se desarrollará sobre un eje vial existente, dentro de un entorno urbano consolidado. Sin embargo, será necesario implementar medidas de control de polvo, drenaje superficial y manejo adecuado de materiales, conforme a las especificaciones del Manual Ambiental del MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013) La utilización de emulsión asfáltica como agente estabilizante contribuye a la sostenibilidad del proyecto, al reducir el consumo de cemento y las emisiones de CO₂ asociadas a procesos tradicionales de construcción (Plati & Tsakoumaki, 2023b).

2.3 Trabajo de campo y laboratorio

2.3.1 Aforo Vehicular

En el diseño y evaluación de una vía urbana es fundamental conocer el flujo de tránsito existente, ya que este permite caracterizar la demanda vehicular y establecer criterios técnicos para el análisis funcional del pavimento. El aforo vehicular constituye la herramienta principal para cuantificar los volúmenes de tránsito y su composición, información necesaria para estimar parámetros como el Tránsito Promedio Diario y evaluar el comportamiento del tráfico en la vía (Garber et al., 2009).

Según la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12 del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, el conteo vehicular puede realizarse mediante métodos manuales o automáticos; sin embargo, el conteo manual resulta más adecuado en vías urbanas de bajo volumen, ya que permite una clasificación directa y confiable de los vehículos. En el tramo analizado, el tránsito está conformado por vehículos livianos (automóviles y motocicletas) y camiones de dos ejes con

doble rueda trasera (2DB), categorías consideradas en el aforo realizado (AASHTO, 1993; Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013).

Figura 1

Clasificación Vehicular de la MTOP

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2D		 I I	7	5,50	2,60	3,00
2DA		 I I	10	7,50	2,60	3,50
2DB		 I I	18	12,20	2,60	4,10
3-A		 I I I	27	12,20	2,60	4,10
4-C		 I I I I	31	12,20	2,60	4,10

Nota. Tomado del MTOP.

2.3.2 Calicatas en sitio

Las actividades en campo iniciaron con la excavación de una zanja exploratoria en uno de los tramos representativos de la vía. La excavación, realizada con retroexcavadora, alcanzó una profundidad aproximada de 1,20 m, permitiendo exponer el perfil estratigráfico del suelo.

Durante esta inspección se observó la presencia de un material predominantemente arcilloso limoso con abundante grava subangular, característico de depósitos aluviales propios de la zona. También se evidenciaron zonas con mayor humedad y manchas oscuras asociadas a procesos de saturación superficial, lo cual es consistente con la falta de drenaje pluvial en las calles del sector. Sobre el material extraído se tomaron fotografías y mediciones de campo, lo

que permitió registrar el espesor de las capas y definir los puntos de muestreo para los ensayos posteriores.

Figura 2

Excavación Calicata



Figura 3

Medición de la Capa de Relleno.



Una vez identificada la estratigrafía, se procedió a la toma de muestras disturbadas, que fueron almacenadas en sacos debidamente rotulados para su transporte al laboratorio de suelos. En las imágenes se observa la manipulación y revisión manual del material extraído, lo que permitió separar partículas gruesas y verificar la distribución granulométrica preliminar. Parte del material fue extendido sobre superficies de concreto para facilitar el secado natural y la homogenización antes de su preparación en laboratorio.

Figura 4

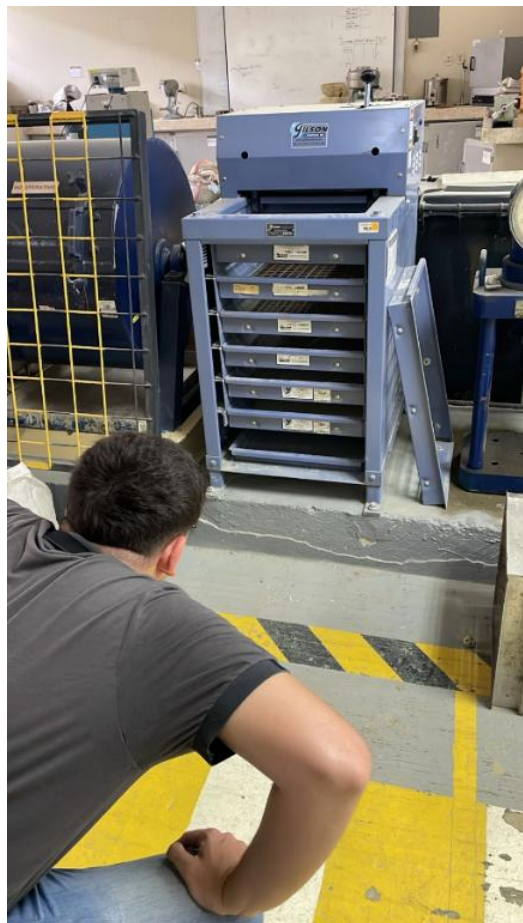
Secado de muestras en Laboratorio.



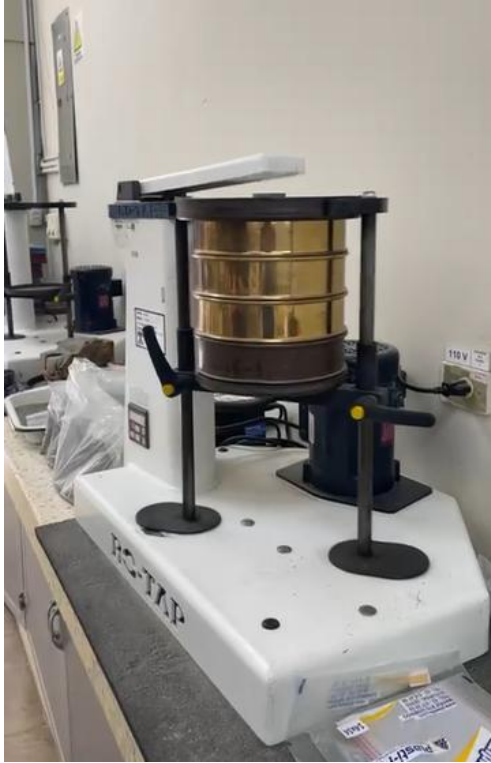
En el laboratorio se realizaron ensayos de granulometría por tamizado, utilizando una torre de tamices mecánica tipo Gilson. Este equipo permitió separar el material en diferentes fracciones granulométricas, clasificando los agregados según su tamaño y determinando el porcentaje de grava, arena y finos presentes. Las fotografías muestran el equipo de tamices y el proceso de verificación de cada fracción. Los resultados evidenciaron una alta presencia de grava y material grueso, lo cual confirma la naturaleza heterogénea del suelo del sector y respalda la decisión de aplicar una técnica de estabilización para mejorar su cohesión y estructura.

Figura 5

Granulometría Estrato Base

**Figura 6**

Granulometría por tamizado



Posteriormente, se desarrollaron los ensayos de límites de Atterberg, en el laboratorio, con el objetivo de determinar la plasticidad del suelo fino. Estos parámetros permitieron clasificar el material como moderadamente plástico, corroborando la tendencia a deformaciones bajo condiciones saturadas. Los valores obtenidos son consistentes con suelos arcillosos limosos, los cuales incrementan su humedad natural durante la temporada lluviosa, condición que afecta negativamente la capacidad de soporte de las calles del barrio.

Figura 7*Muestra Seca de Ensayos de Limites de Atterberg*

Se ejecutó también el ensayo Proctor estándar, indispensable para establecer la relación entre contenido de humedad y densidad seca máxima del material. La gráfica obtenida en Excel, visible en una de las fotografías, muestra los puntos experimentales y la curva resultante, la cual permitió determinar el contenido óptimo de humedad (W_{opt}) y la densidad seca máxima (γ_{dmax}). La correlación obtenida ($R^2 = 0.9989$) indica una adecuada consistencia en los datos experimentales y que el suelo presenta un comportamiento compacto adecuado cuando se trabaja dentro de los rangos de humedad apropiados. Estos resultados son esenciales para guiar la compactación en obra, especialmente en procesos de estabilización con cemento.

Figura 8

Ejecución del Ensayo Proctor.



A continuación, se llevó a cabo el ensayo CBR (California Bearing Ratio), tanto en condiciones no remoldeadas como remoldeadas, para cuantificar la capacidad de soporte del suelo. Aunque las imágenes no muestran el equipo directamente, la preparación del material es visible durante su procesado y cribado. Los valores obtenidos en el ensayo indicaron una capacidad portante baja a media, acorde con suelos arcillosos limosos con presencia de grava. Estos resultados justifican la necesidad de mejorar la subrasante mediante estabilización, ya que un CBR bajo comprometería la vida útil del pavimento si no se realizan intervenciones previas.

Además, se complementó la caracterización del suelo con el ensayo de abrasión Los Ángeles, aplicado al material grueso para evaluar la resistencia al desgaste de las gravas presentes en el suelo. Las imágenes del proceso de separación granulométrica y manipulación de agregados evidencian la diversidad de tamaños y formas del material recolectado. Los resultados del ensayo mostraron índices de abrasión dentro de rangos aceptables para materiales reutilizables como parte de bases estabilizadas o rellenos.

Finalmente, se efectuó una evaluación del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) del barrio, mediante conteo manual de vehículos en horarios representativos. Las observaciones indican que el tránsito está compuesto principalmente por motocicletas y automóviles ligeros, con un flujo bajo y sin presencia significativa de transporte pesado. Este dato es crucial, ya que confirma que las vías pertenecen a la categoría de bajo volumen de tránsito según AASHTO, y por lo tanto, son óptimas para soluciones de estabilización y pavimento flexible de bajo espesor.

En conjunto, el trabajo de campo y laboratorio permitió obtener una caracterización detallada del suelo y las condiciones operacionales del sector. Los ensayos desarrollados proporcionaron evidencia técnica suficiente para fundamentar la necesidad de una estabilización con cemento que mejore la capacidad de soporte y reduzca la susceptibilidad a la humedad del material existente. Asimismo, los datos obtenidos servirán como insumo directo para el diseño estructural del pavimento y la propuesta de intervención que se plantea en capítulos posteriores.

2.4 Análisis de datos

2.4.1 Resultados del Aforo Vehicular

El aforo vehicular del presente estudio se realizó mediante conteo manual en un punto estratégico de la vía, seleccionado para garantizar el registro completo del tránsito sin posibilidad

de desvíos. La medición fue ejecutada por un solo observador durante jornadas continuas de ocho horas, incluyendo los periodos de mayor intensidad vehicular u horas pico.

El conteo se llevó a cabo durante cinco días, considerando tres días laborables y dos días correspondientes al fin de semana, con el objetivo de obtener una caracterización representativa del tránsito. En la tabla siguiente se presentan los valores obtenidos, clasificados según el tipo de vehículo, lo que permite un análisis adecuado de los volúmenes registrados.

Tabla 1

Conteo de 10am - 18pm del Viernes 14 de Noviembre de 2025

		14-nov			
Hora	Intervalos	Tipos de vehículos			2DB
		Motos	Livianos	Buses	
10:00 – 11:00	10:00 – 10:15	18	16	0	0
	10:15 – 10:30	21	18	0	0
	10:30 – 10:45	24	22	1	0
	10:45 – 11:00	26	25	0	1
11:00 – 12:00	11:00 – 11:15	30	26	1	0
	11:15 – 11:30	34	30	0	0
	11:30 – 11:45	52	45	2	0
	11:45 – 12:00	58	50	2	1
12:00 – 13:00	12:00 – 12:15	55	54	2	1
	12:15 – 12:30	60	52	3	2
	12:30 – 12:45	36	34	1	0

	12:45 – 13:00	25	26	0	0
13:00 – 14:00	13:00 – 13:15	22	20	1	0
	13:15 – 13:30	24	18	0	1
	13:30 – 13:45	20	16	0	0
	13:45 – 14:00	18	15	0	0
	14:00 – 14:15	26	23	0	1
14:00 – 15:00	14:15 – 14:30	24	22	0	0
	14:30 – 14:45	27	25	0	1
	14:45 – 15:00	25	24	0	0
	15:00 – 15:15	24	22	1	1
15:00 – 16:00	15:15 – 15:30	25	23	1	0
	15:30 – 15:45	23	21	0	1
	15:45 – 16:00	24	24	1	0
	16:00 – 16:15	32	30	1	1
16:00 – 17:00	16:15 – 16:30	34	32	1	1
	16:30 – 16:45	33	31	1	1
	16:45 – 17:00	35	32	1	1
	17:00 – 17:15	38	35	1	1
17:00 – 18:00	17:15 – 17:30	40	37	1	1
	17:30 – 17:45	45	42	2	1

2.4.2 *Análisis de resultados del material de subrasante y relleno*

El análisis de los materiales obtenidos en campo se desarrolló mediante los ensayos de límites de Atterberg y granulometría, los cuales permiten evaluar la plasticidad, estructura, contenido de finos y el comportamiento general del suelo frente a la humedad y las cargas de tráfico. Los resultados se presentan en tablas y figuras insertadas en esta sección para facilitar la interpretación de la calidad del suelo y su incidencia en el estado actual del pavimento.

2.4.3 *Límites de Atterberg*

Los límites de Atterberg se determinaron para el terreno natural y para el material de relleno. En la Tabla 2 se presentan los valores obtenidos para el terreno natural, donde se observa un límite líquido de 41 %, un límite plástico de 19 % y un índice de plasticidad de 22 %. Estos valores reflejan un comportamiento plástico alto, característico de suelos arcillosos con sensibilidad significativa a la humedad. En la Figura 8 se muestra la curva característica del ensayo de límite líquido, donde se aprecia una tendencia de incremento de humedad acorde al número de golpes, típica de materiales cohesivos.

Tabla 2*Límites de Atterberg – Terreno Natural*

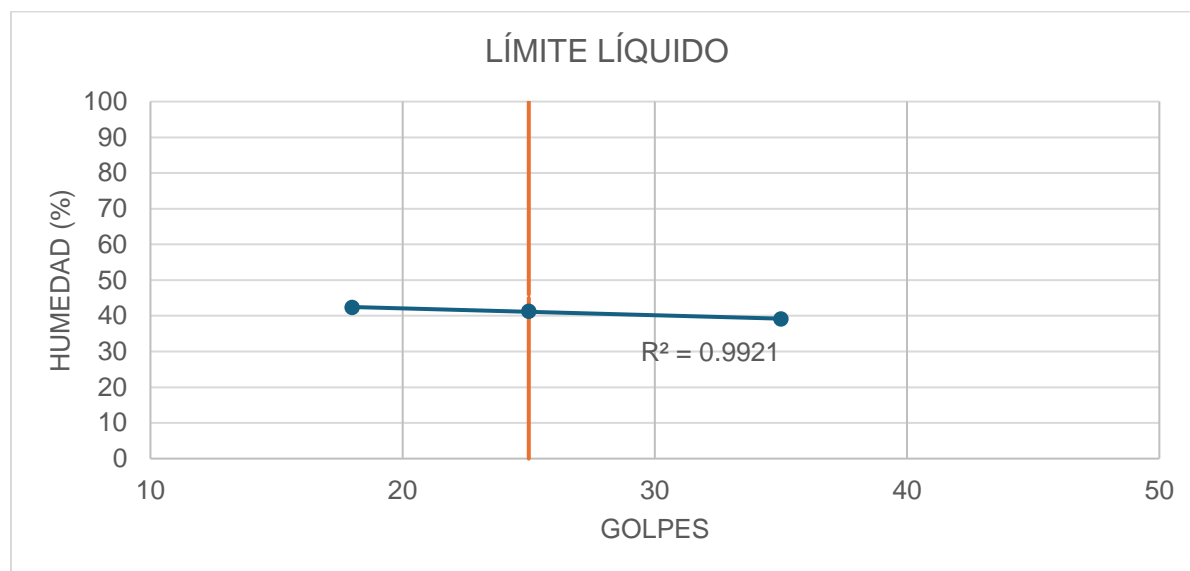
DATOS	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
RECIPIENTE #	121.00	105.00	27.00	17.00	4.00
PESO RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1)	15.17	15.97	15.93	17.87	16.24
PESO RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	12.54	13.18	12.99	15.98	14.58
PESO DE AGUA (P3= P1-P2)	2.63	2.79	2.94	1.89	1.66
PESO DE RECIPIENTE (P4)	6.17	6.05	6.05	6.27	6.00
PESO DE MUESTRA SECA (P5= P2-P4)	6.37	7.13	6.94	9.71	8.58
% DE HUMEDAD (W= P3*100/P5)	41.29	39.13	42.36	19.46	19.35
# DE GOLPES	25.00	35.00	18.00		

Tabla 3*Resultados de los límites de Atterberg – Terreno Natural*

RESULTADOS	
LÍMITE LÍQUIDO [%]	41
LÍMITE PLÁSTICO [%]	19
ÍNDICE PLÁSTICO [%]	22

Figura 9

Curva del límite líquido – Terreno Natural



Nota. Elaboración propia

En el caso de la base cruda, en la Tabla 3 se presentan los resultados del material, donde se obtuvo un límite líquido de 20 %, un límite plástico de 14 % y un índice de plasticidad de 6 %. Este comportamiento corresponde a suelos de plasticidad baja, con menor susceptibilidad a variaciones de humedad. La Figura 10 muestra su curva de límite líquido, presentando una pendiente menos pronunciada en comparación con el terreno natural.

Tabla 4

Límites de Atterberg - relleno base cruda

DATOS	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
RECIPIENTE #	118.00	7.00	4.00	126.00	28.00

PESO RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1)	13.32	13.59	15.51	9.91	9.79
PESO RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	12.08	12.32	13.93	9.44	9.31
PESO DE AGUA (P3= P1-P2)	1.24	1.27	1.58	0.47	0.48
PESO DE RECIPIENTE (P4)	6.12	6.09	6.00	6.10	5.96
PESO DE MUESTRA SECA (P5= P2-P4)	5.96	6.23	7.93	3.34	3.35
% DE HUMEDAD (W= P3*100/P5)	20.81	20.39	19.92	14.07	14.33
# DE GOLPES	15.00	23.00	33.00		

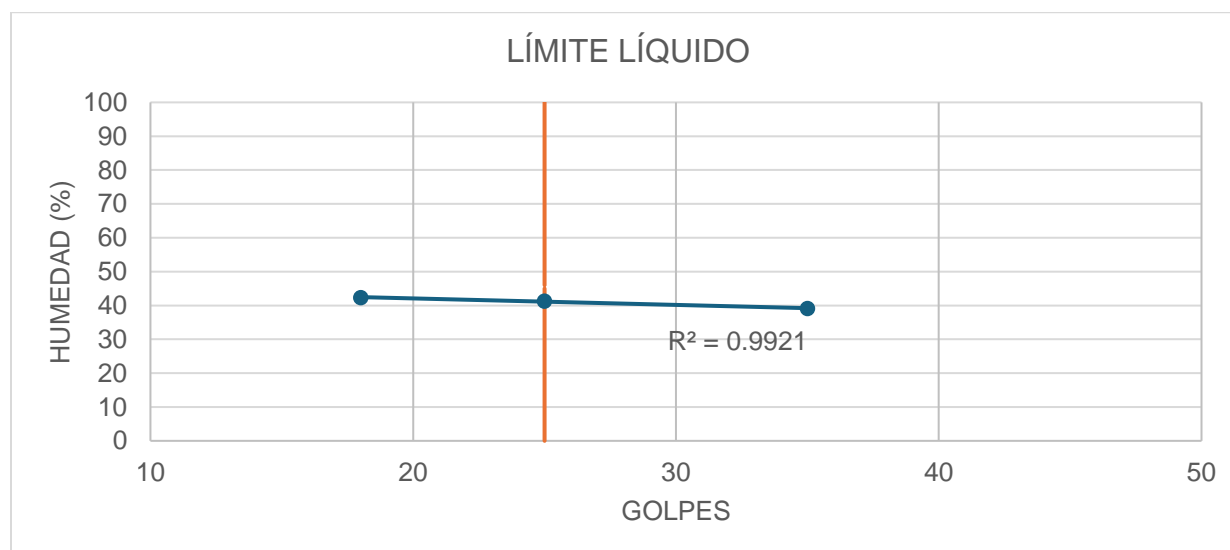
Tabla 5

Resultados de los límites de Atterberg - Relleno Base Cruda

RESULTADOS	
LÍMITE LÍQUIDO [%]	20
LÍMITE PLÁSTICO [%]	14
ÍNDICE PLÁSTICO [%]	6

Figura 10

Curva del límite líquido – Relleno Base Cruda



Los resultados anteriores permiten identificar que el terreno natural presenta plasticidad alta, mientras que el relleno muestra plasticidad baja. Esta diferencia influye directamente en la capacidad estructural del pavimento.

2.4.4 Granulometría

En el caso del terreno natural, la caracterización granulométrica se centró en la determinación del material fino que pasa el tamiz N°200 mediante el ensayo de lavado. Esta decisión se tomó debido a la alta presencia de partículas finas observada durante la preparación de la muestra, lo que hacía innecesario desarrollar una curva granulométrica completa, ya que el comportamiento del suelo está dominado por esta fracción.

Los resultados obtenidos indican que aproximadamente el 74 % del material corresponde a partículas más finas que el tamiz N°200 como se indica en la tabla 5, evidenciando un claro predominio de finos en la subrasante. Esta condición explica la sensibilidad del suelo frente a variaciones de humedad y su limitada capacidad portante en estado natural, aspectos que coinciden con los valores de plasticidad determinados en los ensayos de límites de Atterberg.

Tabla 6

Determinación de la fracción retenida sobre el tamiz n°200 mediante lavado – Terreno natural

TERRENO NATURAL		
ID del recipiente		27
Masa del recipiente (g)	A	157.93
Masa del recipiente + muestra seca antes del lavado (g)	B	280.99
Masa de la muestra seca antes del lavado (g)	C=(B-A)	123.06

Masa del recipiente + muestra lavada y secada al horno (g)	D	189.55
Masa de la muestra seca retenida sobre tamiz N°200 (g)	E=(D-A)	31.62
Masa de la muestra que pasó el tamiz N°200 (g)	F=(C-E)	91.44
Porcentaje más fino que el tamiz N°200 (g)	G=(F/C)*100	74.31

Nota. Elaboración propia

Para la caracterización granulométrica del material correspondiente a la base cruda se realizó un análisis por tamizado en seco, considerando tanto la fracción gruesa como la fracción fina del agregado. A diferencia del terreno natural, este material presentó un bajo contenido de finos, por lo que no fue necesario aplicar el procedimiento de lavado por el tamiz N°200.

El ensayo se desarrolló separando la muestra en dos etapas. En una primera fase se efectuó la granulometría gruesa, empleando tamices de mayor abertura (3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8" y N°4), registrando la masa retenida parcial en cada uno de ellos. Posteriormente, el material que pasó el tamiz N°4 fue utilizado para realizar la granulometría fina, mediante tamices N°10, N°40 y N°200, con el fin de completar la distribución granulométrica del agregado.

Tabla 7

Datos granulometría gruesa – base cruda

BASE CRUDA		
GRANULOMETRÍA GRUESA		
#Tamiz	Abertura (mm)	Masa retenida parcial (g)
3"	76.200	0.00
2"	50.800	1400.00

1 1/2"	38.100	458.00
1"	25.400	1004.00
3/4"	19.050	678.00
1/2"	12.700	656.00
3/8"	9.525	378.00
N° 4	4.750	844.00
Fondo		2964.00
TOTAL		8382.00

Nota. Elaboración propia

Tabla 8*Datos de granulometría fina – base cruda*

BASE CRUDA						
GRANULOMETRÍA FINA						
#Tamiz	Abertura (mm)	Masa retenida 1 (g)	Masa retenida 2 (g)	Masa retenida 3 (g)	Masa retenida 4 (g)	Masa retenida parcial (g)
10	2.000	26.80	63.9	51.1	55.5	197.30
40	0.425	81.90	82.9	73.6	74.3	312.70
200	0.075	65.10	36.6	50.3	52.3	204.30
Fondo		15.30	8.5	11.6	11.6	47.00
TOTAL		189.10	191.90	186.60	193.70	761.30

Nota. Elaboración propia

Para obtener los resultados de la granulometría, se utilizaron las siguientes fórmulas y pasos:

Porcentaje retenido en cada tamiz:

$$\% \text{Retenido} = \left(\frac{\text{Masa retenida}}{\text{Masa total de la muestra}} \right) \times 100 \quad (2.1)$$

Porcentaje acumulado retenido:

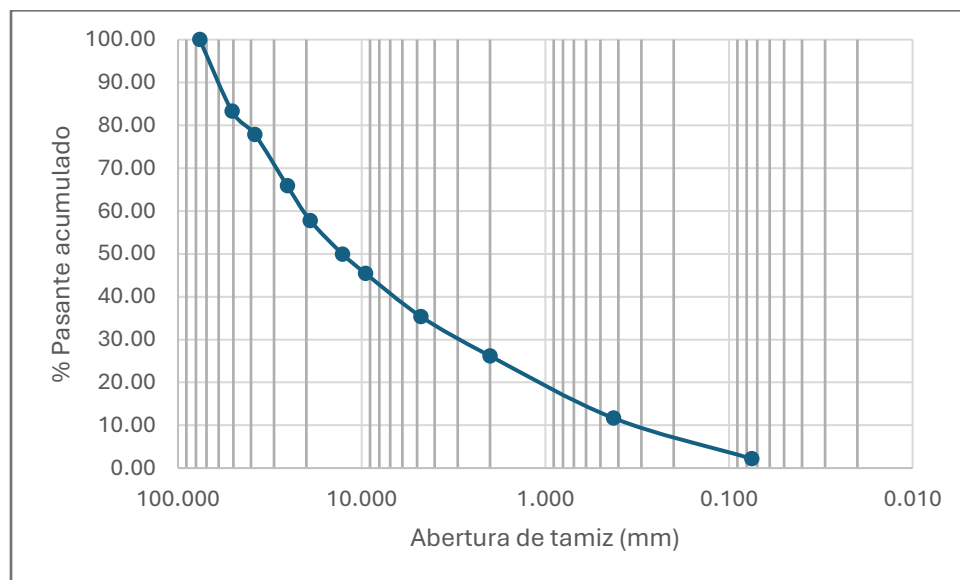
$$\% \text{Retenido acumulado} = \sum \% \text{Retenido de los tamices anteriores} \quad (2.2)$$

Porcentaje pasante acumulado:

$$\% \text{Pasante acumulado} = 100 - \% \text{Retenido acumulado} \quad (2.3)$$

Tabla 9*Resultados de granulometría – base cruda*

Tamiz	Abertura (mm)	%Retenido Parcial	%Retenido acumulado	% Pasante acumulado (TOTAL)
3"	76.200	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	16.70	16.70	83.30
1 1/2"	38.100	5.47	22.17	77.83
1"	25.400	11.97	34.14	65.86
3/4"	19.050	8.09	42.23	57.77
1/2"	12.700	7.83	50.06	49.94
3/8"	9.525	4.51	54.57	45.43
N°4	4.750	10.07	64.64	35.36
10	2.000	9.18	73.82	26.18
40	0.425	14.51	88.33	11.67
200	0.075	9.49	97.82	2.18
Fondo		2.18	100.00	0.00

Nota. Elaboración Propia**Figura 11***Curva granulométrica – base cruda*

Nota. Elaboración propia

2.4.5 Proctor modificado

Se obtuvieron y registraron los datos correspondientes al molde utilizado en los ensayos Proctor realizados sobre el terreno natural y la base cruda, los cuales fueron empleados para el cálculo de la densidad seca y el contenido de humedad de cada material.

Tabla 10

Datos del molde de terreno natural

DATOS DEL MOLDE	
Masa (kg)	2
Volumen (m3)	0.000944

Tabla 11

Datos del molde de la base cruda

DATOS DEL MOLDE	
Masa (kg)	2.716
Volumen (m3)	0.002105

Luego de obtener las masas de la muestra en estado húmedo y seco, se determina la cantidad de agua evaporada durante el proceso de secado. A partir de este resultado, se calcula la masa de suelo seco, descontando previamente la masa del recipiente utilizado. Con estos valores

se procede a calcular el contenido de humedad de la muestra, expresado como el porcentaje de agua respecto a la masa de suelo seco.

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{\text{Masa de suelo seco (g)}}{\text{Masa de agua evaporada (g)}} \times 100 \quad (2.4)$$

Para la determinación de la densidad húmeda del material, se emplean los datos del molde y la masa del material compactado, considerando la diferencia de masas y el volumen del molde utilizado en el ensayo.

$$\text{Densidad húmeda } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) = \frac{[(\text{Masa compactada} + \text{molde})] - (\text{Masa del molde})}{\text{Volumen del molde}} \quad (2.5)$$

Posteriormente, la densidad seca se obtiene a partir de la densidad húmeda, corrigiendo el valor mediante un factor calculado en función del contenido de humedad previamente determinado.

$$\text{Factor} = (\text{Humedad} + 100) \times 0.01 \quad (2.6)$$

$$\text{Densidad seca } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) = \frac{\text{Densidad húmeda}}{\text{Factor}} \quad (2.7)$$

Tabla 12

Tabla de resultados del Proctor Modificado del terreno natural

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD HUMEDA				
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Masa compactada + molde A (kg)	3.888	3.869	3.776	3.734
Densidad húmeda (A-B) / V (kg/m³)	2000.00	1979.87	1881.36	1836.86
DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD				
Masa de agua añadida (g)	300	450	600	150
ID del recipiente	49	12	8	4

Masa del recipiente A (g)	70	70	66	70
Masa de suelo húmedo + recipiente B (g)	228	254	282	292
Masa de suelo seco + recipiente C (g)	212.14	223.93	241.45	277.86
Masa de agua evaporada D=B-C (g)	15.86	30.07	40.55	14.14
Masa de suelo seco E=C-A	142.14	153.93	175.45	207.86
Humedad F=D/E*100 (%)	11.16	19.53	23.11	6.80
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD SECA				
A = (F+100) * 0.01	1.1116	1.1953	1.2311	1.0680
Densidad seca= Densidad húmeda/A (kg/m3)	1799.24	1656.31	1528.17	1719.87

Tabla 13

Tabla de resultados del Proctor Modificado de la base cruda

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD HUMEDA				
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Masa compactada + molde A (kg)	7.55	7.642	7.822	7.83
Densidad húmeda (A-B) / V (kg/m3)	2296.44	2340.14	2425.65	2429.45
DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD				
Masa de agua añadida (g)	200	300	400	500
ID del recipiente	34	25	58	35
Masa del recipiente A (g)	66.7	69.16	70.20	71.49
Masa de suelo húmedo + recipiente B (g)	236.1	275.74	253.8	267.86
Masa de suelo seco + recipiente C (g)	230.19	267.62	243.44	252.45
Masa de agua evaporada D=B-C (g)	5.91	8.12	10.36	15.41

Masa de suelo seco E=C-A	163.49	198.46	173.24	180.96
Humedad F=D/E*100 (%)	3.61	4.09	5.98	8.52
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD SECA				
A = (F+100) * 0.01	1.0361	1.0409	1.0598	1.0852
Densidad seca= (Densidad húmeda) /A (kg/m3)	2216.32	2248.16	2288.78	2238.80

Con los valores obtenidos se elabora la gráfica que relaciona la densidad húmeda con el contenido de humedad. A partir de la curva generada se identifica el punto de mayor valor, el cual corresponde a la humedad óptima y a la densidad seca máxima del material.

Figura 12

Humedad vs Densidad Seca – Terreno Natural

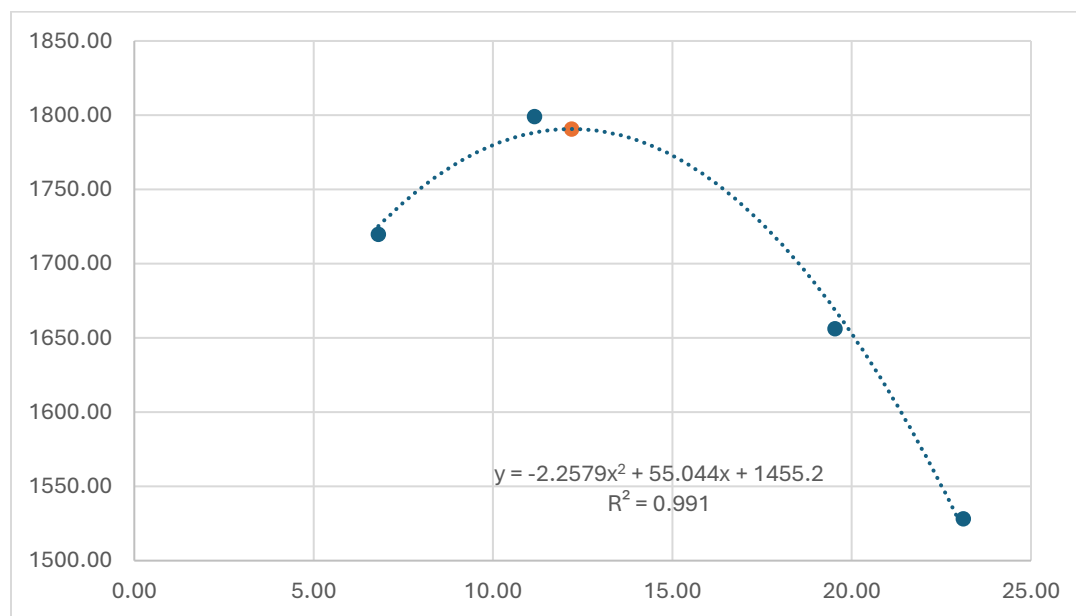
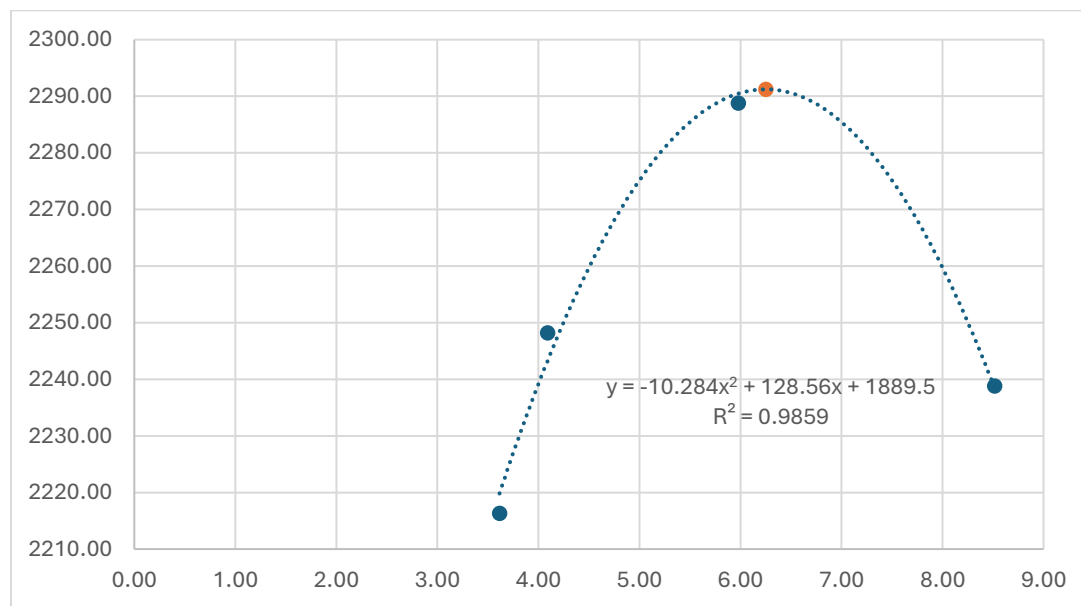


Tabla 14*Punto máximo de la curva para terreno natural*

HUMEDAD OPTIMA (%)
12.19
DENSIDAD MÁXIMA (kg/m3)
1790.7

Figura 13*Humedad vs Densidad Seca – Base Cruda***Tabla 15***Punto máximo de la curva para Base Cruda*

HUMEDAD OPTIMA (%)
6.3
DENSIDAD MÁXIMA (kg/m3)
2291.2

2.4.6 Resultados de CBR

Para la determinación de los parámetros necesarios en el ensayo CBR se registraron las masas correspondientes al recipiente, a la muestra en estado húmedo y a la muestra seca. A partir de la diferencia entre estos valores se calculó la masa de agua contenida en la muestra. De manera similar, la masa de suelo seco se obtuvo descontando la masa del recipiente.

El contenido de humedad se determinó empleando la expresión utilizada previamente en el ensayo Proctor modificado. Estos cálculos fueron realizados tanto antes como después del período de saturación de 24 horas, con el fin de evaluar el comportamiento del material bajo condiciones de mayor humedad.

Tabla 16

Resultados de Humedad y Densidad CBR terreno natural

DETERMINACIÓN DE HUMEDADES Y DENSIDADES						
	Antes			Después		
Golpes por capa	56	25	12	56	25	12
Id del recipiente	23	27	20	10	20	27
Masa del recipiente A (g)	154.1	158.0	142.6	143.9	142.6	158.0
HUMEDAD Masa de suelo húmedo + recipiente B (g)	551.3	602.6	583.4	509.2	558.1	644.7
Masa de suelo seco + recipiente C (g)	508.3	554.3	535.3	445.5	471.1	539.6
Masa de agua D=B-C (g)	43.0	48.3	48.1	63.7	87.0	105.1
Masa de suelo seco E=C-A (g)	354.2	396.3	392.7	301.6	328.5	381.6
Humedad F = D / E *100 (%)	12.14	12.19	12.25	21.12	26.48	27.54
DEN Id del molde	10	9	8	10	9	8

Masa del molde A (kg)	4.190	4.166	4.162	4.190	4.166	4.162
Volumen del molde V (m3)	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Masa compactada + molde B (kg)	8.480	8.158	7.977	8.626	8.394	8.350
Densidad húmeda (B-A) / V (kg/m3)	2025.50	1889.26	1802.93	2094.43	2000.95	1979.21
C= (F+100) *0.01	1.121	1.122	1.122	1.211	1.265	1.275
Densidad seca = Densidad húmeda/C (kg/m3)	1806.22	1684.01	1606.19	1729.21	1581.98	1551.81

Tabla 17

Resultados de Humedad y Densidad CBR base cruda

DETERMINACIÓN DE HUMEDADES Y DENSIDADES							
		Antes			Después		
		56	25	12	56	25	12
HUMEDAD	Golpes por capa	20	27	10	8	26	28
	Id del recipiente	142.6	158.0	143.9	143.5	157.5	155.9
	Masa del recipiente A (g)	608.3	581.5	560.2	807.8	555.8	528.3
	Masa de suelo húmedo + recipiente B (g)	581.6	557.1	535.6	753.5	521.1	494.9
	Masa de suelo seco + recipiente C (g)	26.7	24.4	24.6	54.3	34.7	33.4
	Masa de agua D=B-C (g)	439	399.1	391.7	610	363.6	339
	Masa de suelo seco E=C-A (g)	6.08	6.11	6.28	8.90	9.54	9.85
	Humedad F=D/E*100 (%)	2	12	14	2	12	14
DENSIDAD	Id del molde	4.170	4.226	4.146	4.170	4.226	4.146
	Masa del molde A (kg)	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	Volumen del molde V (m3)	9.259	9.12	8.803	9.403	9.321	9.034
	Masa compactada + molde B (kg)	2407.28	2308.49	2206.06	2475.40	2403.30	2315.49
	Densidad húmeda (B-A) /V (kg/m3)	1.0608	1.0611	1.0628	1.089	1.0954	1.0985
	C= (F+100) *0.01	2269.27	2175.49	2075.70	2273.06	2193.93	2107.82
Densidad seca = Densidad húmeda/C (kg/m3)							

Se registraron las lecturas obtenidas mediante el deformímetro durante el ensayo CBR, correspondientes al terreno natural y al material de base cruda, con el fin de evaluar el comportamiento de ambos materiales frente a la penetración aplicada.

Tabla 18*Resultados del deformímetro para el terreno natural*

Hincado del pistón		Dial 0.001"			Dial 0.0001"		
mm	pulgadas	56	25	12	56	25	12
0.00	0.000	0	0	0	0	0	0
1.27	0.050	50	50	50	7	5	3
1.91	0.075	75	75	75	12	7	5
2.54	0.100	100	100	100	18	9	6
3.81	0.150	150	150	150	26	14	8
5.08	0.200	200	200	200	34	18	10
7.62	0.300	300	300	300	44	25	13
10.16	0.400	400	400	400	51	31	15
12.70	0.500	500	500	500	57	37	17

Tabla 19*Resultados del deformímetro para la base cruda*

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN EN PRENSA (LECTURAS DIRECTAS)							
Hincado del pistón		Dial 0.001"			Dial 0.0001"		
mm	pulgadas	56	25	12	56	25	12
0.00	0.000	0	0	0	0	0	0
1.27	0.050	50	50	50	51	33	19
1.91	0.075	75	75	75	86	53	30
2.54	0.100	100	100	100	130	81	44
3.81	0.150	150	150	150	184	115	59

5.08	0.200	200	200	200	215	134	68
7.62	0.300	300	300	300	235	147	73
10.16	0.400	400	400	400	260	163	79
12.70	0.500	500	500	500	280	175	84

Para determinar la fuerza aplicada durante el ensayo CBR, tanto en el terreno natural como en el material de base cruda, se empleó la siguiente expresión:

$$Fuerza (kN) = x * (y * 0.0001) + Deformación \quad (2.8)$$

donde:

- $X = 446.17$, constante del equipo de ensayo
- y corresponde al valor registrado en la lectura del dial (0.0001")
- $Deformación = 0.1855$

Esta relación permite calcular la fuerza aplicada a partir de las lecturas obtenidas durante el ensayo, las cuales son utilizadas posteriormente para la determinación del índice CBR de ambos materiales.

Tabla 20

Resultados de esfuerzos del terreno natural

Hincado del pistón		Fuerza (kN)			Esfuerzo (Mpa)		
mm	pulgadas	56	25	12	56	25	12
0.00	0.000	0.186	0.186	0.186	0.094	0.094	0.094
1.27	0.050	0.498	0.409	0.319	0.253	0.208	0.163
1.91	0.075	0.721	0.498	0.409	0.367	0.253	0.208
2.54	0.100	0.989	0.587	0.453	0.503	0.299	0.231

3.81	0.150	1.346	0.810	0.542	0.685	0.412	0.276
5.08	0.200	1.702	0.989	0.632	0.867	0.503	0.322
7.62	0.300	2.149	1.301	0.766	1.094	0.662	0.390
10.16	0.400	2.461	1.569	0.855	1.253	0.799	0.435
12.70	0.500	2.729	1.836	0.944	1.389	0.935	0.481

Tabla 21

Resultados de esfuerzo de la base cruda

Hincado del pistón		Fuerza (kN)			Esfuerzo (Mpa)		
mm	pulgadas	56	25	12	56	25	12
0.00	0.000	0.186	0.186	0.186	0.094	0.094	0.094
1.27	0.050	2.461	1.658	1.033	1.253	0.844	0.526
1.91	0.075	4.023	2.550	1.524	2.048	1.298	0.776
2.54	0.100	5.986	3.799	2.149	3.048	1.935	1.094
3.81	0.150	8.395	5.316	2.818	4.274	2.707	1.435
5.08	0.200	9.778	6.164	3.219	4.979	3.139	1.639
7.62	0.300	10.670	6.744	3.443	5.433	3.434	1.753
10.16	0.400	11.786	7.458	3.710	6.001	3.797	1.889
12.70	0.500	12.678	7.993	3.933	6.455	4.070	2.003

Con los valores obtenidos durante el ensayo se elaboraron las gráficas que relacionan el esfuerzo con la deformación, tanto para el terreno natural como para la base cruda, con el fin de analizar el comportamiento de cada material frente a la carga aplicada.

Figura 14

Gráfica Esfuerzo vs Deformación Terreno Natural

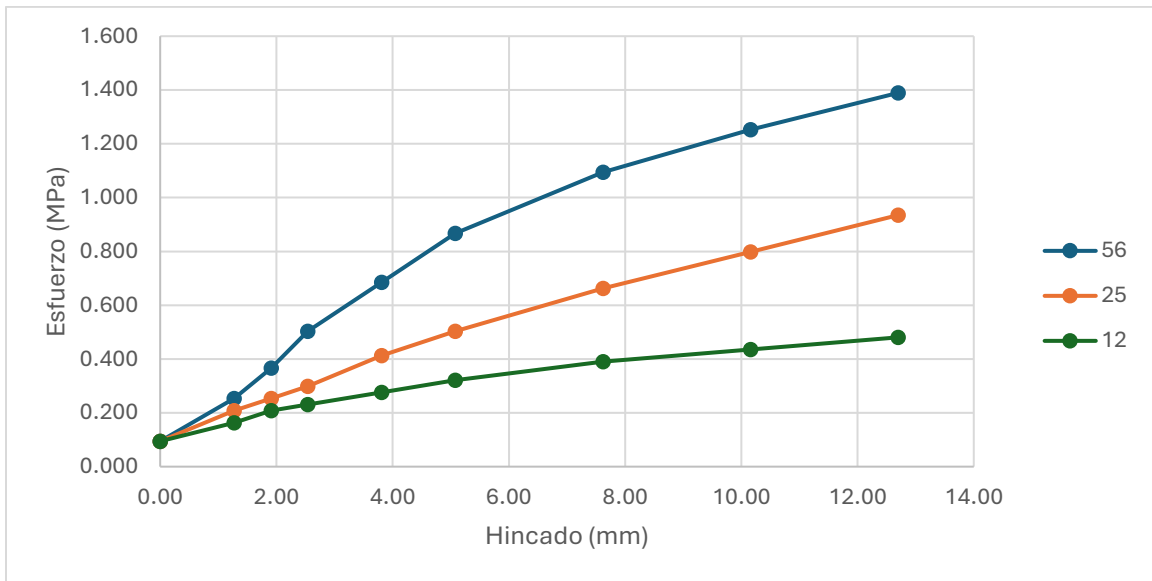
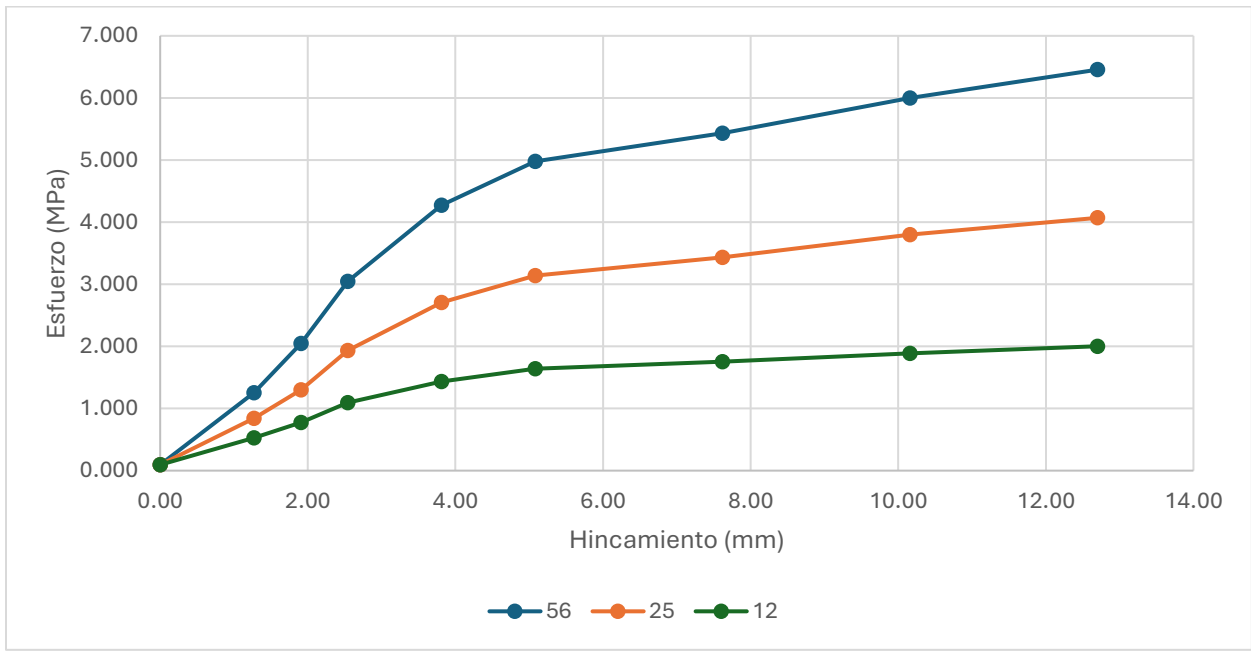


Figura 15

Gráfica Esfuerzo vs Deformación Base Cruda



Finalmente, se elaboró la gráfica que relaciona el CBR con la densidad seca obtenida antes del proceso de saturación, tanto para el terreno natural como para la base cruda. A partir de esta relación se determinó la línea de tendencia y, en conjunto con el valor de densidad seca correspondiente al 100 % del Proctor Modificado, se estimó el valor representativo del CBR para cada material.

Figura 16

Gráfica CBR vs Densidad Terreno Natural

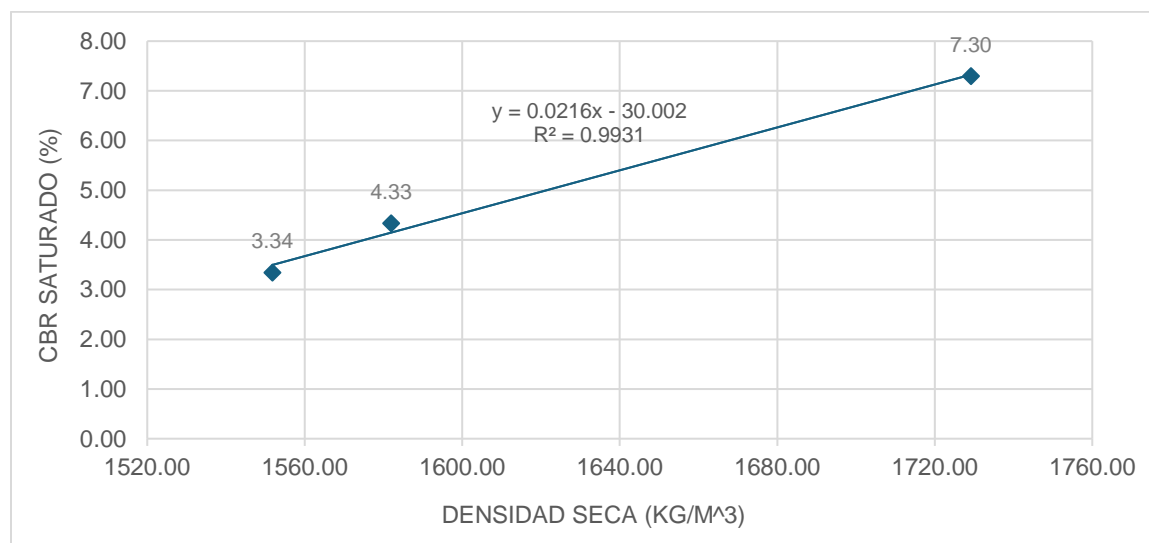
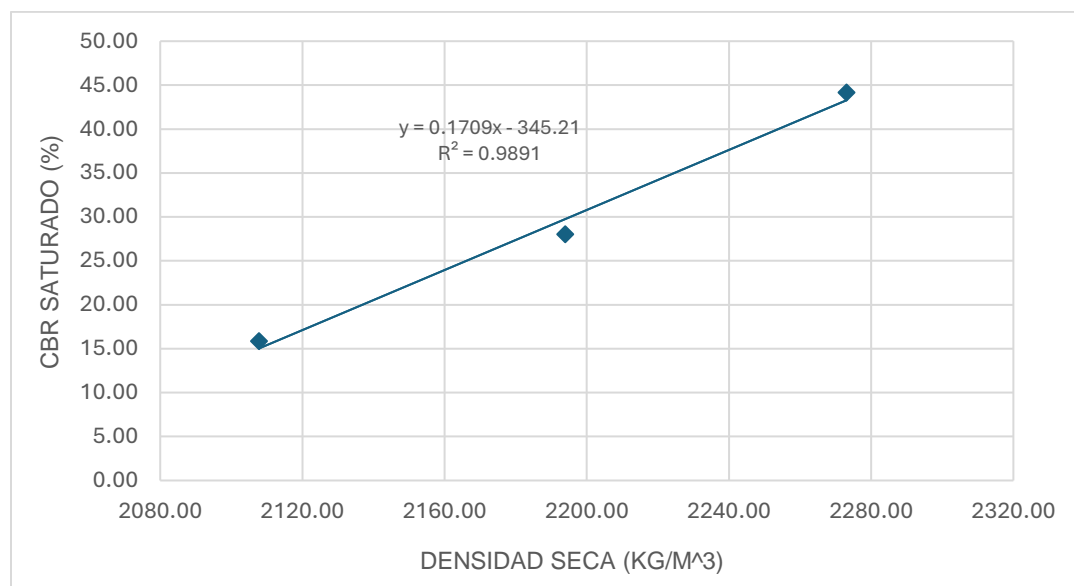


Tabla 22

Resultado de CBR Terreno Natural

CBR	Densidad al 95%
6.67	1701.1

Figura 17*Gráfica CBR vs Densidad Base Cruda***Tabla 23***Resultado de CBR Base Cruda*

CBR	Densidad al 100%
47.28	2291.2

2.5 Análisis de alternativas

La formulación y evaluación de alternativas de intervención constituyen una etapa fundamental para seleccionar la solución técnica más adecuada para la rehabilitación de las calles secundarias del barrio intervenido en el cantón Naranjal. En este proceso se consideraron tanto los métodos tradicionalmente empleados por las instituciones locales —particularmente la Prefectura del Guayas— como una alternativa técnica propuesta, basada en la estabilización del suelo y la posterior pavimentación asfáltica. La comparación entre ambas opciones se realizó

mediante criterios de evaluación ponderados según su relevancia estructural, económica y ambiental para el proyecto.

La Prefectura del Guayas ejecuta de forma rutinaria procesos de rehabilitación vial que consisten en la colocación tradicional de capas de subbase, base granular y carpeta asfáltica, variando sus espesores según la condición de la vía y las cargas previstas. Este enfoque ha sido ampliamente utilizado a lo largo del territorio provincial debido a su disponibilidad, facilidad de ejecución y familiaridad técnica. Sin embargo, en casos donde el deterioro es superficial, también se aplica el fresado de la capa superior y un bacheo localizado mediante mezcla asfáltica en caliente.

A pesar de su uso extendido, estas soluciones presentan limitaciones reconocidas a lo largo del tiempo. Entre las deficiencias más comunes se encuentran variaciones en la calidad del material, fallas en los procesos de transporte y compactación, y diseños que no siempre consideran adecuadamente la naturaleza del suelo o las cargas repetitivas que recibe la vía. Esto genera la necesidad de mantenimientos continuos y rehabilitaciones periódicas que incrementan los costos de operación y reducen la vida útil del pavimento.

Frente a estas restricciones, se plantea como alternativa la implementación de una metodología basada en la estabilización de la subrasante con cemento Portland, seguida de la construcción de una base granular y la colocación de una carpeta asfáltica de espesor óptimo. Esta alternativa se fundamenta en la evidencia obtenida durante la caracterización del suelo del sector, donde se identificó un material arcilloso-limoso con presencia de grava, capaz de mejorar significativamente su comportamiento mecánico cuando es sometido a procesos de estabilización. Adicionalmente, la estabilización contribuye a reducir deformaciones, aumentar la

capacidad de soporte, controlar la humedad y disminuir el riesgo de fallas prematuras, factores esenciales para garantizar la durabilidad del pavimento en zonas con precipitación elevada como Naranjal.

La formulación final de alternativas analizadas en este estudio se resume en:

- **Alternativa 1 (Tradicional):** Construcción de subbase, base granular y carpeta asfáltica convencional, según el procedimiento utilizado por la Prefectura del Guayas.
- **Alternativa 2 (Propuesta):** Estabilización del suelo existente con cemento Portland, construcción de base granular y colocación de carpeta asfáltica.

Para seleccionar la alternativa óptima, se establecieron seis criterios de evaluación: **costos**, velocidad de construcción, disponibilidad de material, durabilidad, desempeño estructural e impacto ambiental. Cada criterio recibió una ponderación acorde con las prioridades del proyecto y del cliente, otorgando mayor peso relativo a los costos, la durabilidad y el desempeño estructural, debido a su influencia directa en la sostenibilidad y eficiencia del pavimento.

Luego, cada alternativa fue evaluada mediante una escala tipo Likert, asignando un puntaje de 1 a 5 según su cumplimiento con cada criterio. Los puntajes fueron multiplicados por las ponderaciones correspondientes para obtener un índice comparativo.

Tabla 24

Puntaje de criterios de evaluación

Criterio	Puntaje	Descripción
Costos	1	Muy costoso

	2	Costoso
	3	Costos moderados
	4	Asequible
	5	Poco costoso
Velocidad de construcción	1	Muy baja velocidad
	2	Baja velocidad
	3	Velocidad moderada
	4	Alta velocidad
	5	Muy alta velocidad
Disponibilidad de material	1	Muy poca disponibilidad
	2	Poca disponibilidad
	3	Disponibilidad moderada
	4	Alta disponibilidad
	5	Muy alta disponibilidad
Durabilidad	1	Muy poca durabilidad
	2	Poca durabilidad

	3	Durabilidad moderada
	4	Alta durabilidad
	5	Muy alta durabilidad
Desempeño estructural	1	Muy poco desempeño
	2	Poco desempeño
	3	Desempeño moderado
	4	Alto desempeño
	5	Muy alto desempeño
Impacto ambiental	1	Muy alto impacto
	2	Alto impacto
	3	Impacto moderado
	4	Bajo impacto
	5	Muy bajo impacto

El presente capítulo permitió establecer los fundamentos teóricos, metodológicos y técnicos necesarios para comprender las condiciones actuales de las calles secundarias del barrio intervenido en el cantón Naranjal, así como el comportamiento del suelo y los parámetros que influyen directamente en el desempeño del pavimento. A partir de la revisión de literatura, se

identificó la importancia de aplicar metodologías de rehabilitación que combinen eficiencia estructural, sostenibilidad y viabilidad económica, especialmente en zonas urbanas con suelos de capacidad portante media y elevados niveles de precipitación.

El área de estudio mostró características geotécnicas y ambientales que justifican la implementación de procesos de estabilización para mejorar la subrasante, considerando que el suelo arcilloso-limoso presente en la zona presenta una plasticidad moderada, susceptibilidad a la humedad y una capacidad de soporte limitada. Los ensayos de laboratorio (granulometría, límites de Atterberg, Proctor, CBR y abrasión Los Ángeles) proporcionaron parámetros consistentes con la necesidad de reforzar el material existente antes de ejecutar la estructura del pavimento.

El trabajo de campo evidenció fallas recurrentes en la vía, como baches, irregularidades superficiales y acumulación de agua, asociadas a la falta de drenaje y al uso de soluciones convencionales que no consideran la variabilidad del suelo local. Estos hallazgos, junto con el tránsito de bajo volumen registrado, sustentan la pertinencia de utilizar alternativas que reduzcan la frecuencia de mantenimiento y aumenten la vida útil del pavimento.

Finalmente, el análisis de alternativas mostró que la estabilización de la subrasante con cemento, complementada con una base granular y carpeta asfáltica, constituye la opción más eficiente frente a la metodología tradicional utilizada por la Prefectura del Guayas. Esta alternativa obtuvo los puntajes más altos en durabilidad, desempeño estructural, disponibilidad de materiales, velocidad de ejecución e impacto ambiental, lo que la convierte en la solución técnicamente más adecuada para el contexto del proyecto.

Tabla 25*Matriz de Likert*

Criterios de evaluación	Ponderación	Alternativa 1 (Tradicional)	Alternativa 2 (Estabilización + Asfalto)
Costos	20%	3	4
Velocidad de construcción	15%	3	4
Disponibilidad de material	10%	3	4
Durabilidad	20%	3	5
Desempeño estructural	20%	3	5
Impacto ambiental	15%	3	4
Total	100%	2.95	4.35

Capítulo 3

3 DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

3.1 Análisis y estudios preliminares

3.1.1 *Periodo de Diseño*

El periodo de diseño adoptado para la estructura de pavimento flexible es de 20 años, de acuerdo con las recomendaciones de la metodología AASHTO 93, considerando las características de la vía y el nivel de tránsito proyectado, lo que permite garantizar un desempeño adecuado, así como la durabilidad y funcionalidad del pavimento durante su vida útil.

Tabla 26

Periodo de diseño recomendado según el tipo de vía y nivel de tránsito

Tipo de vía	Tránsito promedio diario (TPD)	Periodo de diseño recomendado (años)
Vías locales	Bajo	10 – 15
Vías colectoras	Bajo a medio	15 – 20
Vías arteriales urbanas	Medio	15 – 20
Vías arteriales principales	Medio a alto	20 – 30
Carreteras principales y de alto tráfico	Alto	20 – 30

Nota. Rangos de periodos de diseño recomendados en función del tipo de vía y del nivel de tránsito, de acuerdo con los lineamientos de la metodología AASHTO 93.

3.1.2 *Trafico Promedio Diario Anual*

Para la determinación del Tráfico Promedio Diario Anual no se aplicó la metodología tradicional basada en factores de ajuste completos, debido a que el aforo vehicular se realizó durante cinco días consecutivos, incluyendo tres días laborables y dos días de fin de semana, lo que permitió representar adecuadamente la variabilidad semanal del tránsito.

En función de esta distribución, el tránsito promedio diario se obtuvo sumando los volúmenes registrados durante los cinco días para cada tipo de vehículo y dividiendo el total para el número de días de conteo, sin aplicar un factor de ajuste semanal, ya que el registro incluyó tanto días laborables como no laborables, siendo estos valores la base para el análisis y diseño del pavimento.

Tabla 27

Tráfico Promedio Diario Observado

Tráfico Promedio Diario Observado					
Día	Tipos de vehículo				Total
	Motos	Livianos	Buses	2DB	
1	928	870	27	23	1848
2	1025	934	25	18	2002
3	706	639	6	6	1357
4	499	425	3	5	932
5	1074	972	31	9	2086
Total	4232	3840	92	61	8225
TPDS	846	768	18	12	1645

$$864 + 768 + 18 + 12 = 1645 \text{ veh\u00edculos} \quad (3.2)$$

Para determinar el tr\u00e1fico actual (Ta):

$$T_a = \frac{\text{Total de veh\u00edculos}}{\text{Tiempo}} = \frac{1645}{5} = 329 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda} \quad (3.2)$$

Para la determinaci\u00f3n del factor mensual (Fm) se utiliz\u00f3 la Tabla de Ajuste Mensual para Buses y Pesados de Dos o M\u00e1s Ejes en Base a los Consumos de Di\u00e9sel, elaborada por la empresa Geoplades en el a\u00f1o 2012. Esta tabla se fundamenta en el an\u00e1lisis del consumo de combustible en la provincia del Guayas, correspondiente al mes en el cual se realiz\u00f3 el conteo vehicular, permitiendo ajustar el tr\u00e1nsito observado a un valor representativo anual.

Tabla 28

Ajuste mensual en base a los consumos de di\u00e9sel y gasolina en Guayas

Factor mensual		
Mes	Livianos	Pesados
Enero	1.06575	1.07140
Febrero	1.14721	1.20920
Marzo	1.02794	1.04510
Abril	1.05467	1.11900
Mayo	0.98367	1.01100
Junio	1.01940	1.00290
Julio	0.97762	0.97730
Agosto	0.94915	0.94730
Septiembre	0.97645	0.95620
Octubre	0.95115	0.91830

Noviembre	1.00082	0.97020
Diciembre	0.89258	0.86320

Nota. Tabla adaptada de la Tabla de ajuste mensual para buses y pesados de dos o más ejes en base a los consumos de diésel y gasolina, elaborada por Geoplades.

$$fm \text{ (livianos)} = 1.00082$$

$$fm \text{ (pesados)} = 0.97020$$

Para la determinación del factor horario (Fh), se realizó la conversión del volumen vehicular registrado durante un periodo de ocho horas a un equivalente de veinticuatro horas, considerando que el conteo manual se efectuó únicamente en horario diurno. La selección del periodo de conteo se basó en información proporcionada por los moradores del sector, quienes indicaron que las horas consideradas concentran la mayor parte del tránsito diario que circula por la vía.

En función de esta información, se asumió que el tránsito nocturno representa un incremento aproximado del 10 % respecto al volumen observado durante el periodo de conteo. Por esta razón, se adoptó un factor horario de $Fh = 1.10$, el cual permite ajustar el tránsito registrado a un valor diario representativo, evitando una sobreestimación de las solicitudes vehiculares. Este factor se emplea posteriormente en el cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual.

Tabla 29

Trafico promedio Diario Anual

Tráfico Promedio Diario Anual

Día	Tipos de vehículo				Total
	Motos	Livianos	Buses	2DB	
1	929	871	26	22	1848
2	1026	935	24	17	2002
3	707	640	6	6	1358
4	499	425	3	5	933
5	1075	973	30	9	2086
Total	4235	3843	89	59	8227
TPDA	847	769	18	12	1645

Nota. Se detalla los valores del cálculo del TPDA.

Para el diseño estructural del pavimento no es suficiente considerar únicamente el Tráfico Promedio Diario Anual observado, ya que los distintos tipos de vehículos generan efectos diferentes sobre la estructura. Por ello, el tránsito se expresa en una unidad común equivalente, representada por el vehículo liviano. En este estudio, la conversión se realizó transformando las motocicletas a vehículos livianos equivalentes mediante los coeficientes del Cuadro A3.3 del Manual de Diseño de Pavimentos del MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013).

Figura 18*Coefficientes de transformación a vehículo liviano*

TIPO DE VEHICULO	COEFICIENTE DE TRANSFORMACIÓN	TIPO DE VEHICULO	COEFICIENTE DE TRANSFORMACION
Livianos	1	Remolques con capacidad de carga en kg:	
Motocicletas	0.5	Hasta 6000	3
Buses pesados con capacidad de carga en kg:		12000	3.5
Hasta 2000	1.5	20000	4
5000	2	30000	5
8000	2.5	Mayor a 30000	6
14000	3.5		
Mayor a 14000	4.5		
NOTA: Para terrenos condulados y montañosos estos coeficientes aumentan 1.4 y 2.0 veces respectivamente, menos para vehiculos livianos.			

Nota. Tomado del Cuadro A3.3 del Manual de Diseño de Pavimentos del Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

Como resultado de esta transformación, se obtuvo el Tráfico Promedio Diario Anual de diseño, el cual refleja de forma más adecuada las solicitudes vehiculares que actuarán sobre la estructura del pavimento durante su vida útil. Los valores obtenidos del proceso de conversión se presentan en la tabla correspondiente.

Tabla 30**Trafico Promedio Diario Anual de Diseño**

Tráfico Promedio Diario Anual Diseño

Día	Tipos de vehículo			Total
	Livianos	Buses	2DB	
1	1335	26	22	1384
2	1448	24	17	1489
3	993	6	6	1004
4	675	3	5	683
5	1510	30	9	1549
Total	5961	89	59	6109
TPDA	1192	18	12	1222

Nota. Elaboración Propia.

3.1.3 Tráfico Promedio Diario Anual Proyectado

La proyección del Tráfico Promedio Diario Anual se realizó de manera incremental a partir del año base, aplicando anualmente las tasas de crecimiento vehicular establecidas por el Departamento de Factibilidad del Ministerio de Obras Públicas para la provincia del Guayas. Dichas tasas se aplicaron de forma diferenciada para vehículos livianos, buses y camiones de dos ejes, de acuerdo con el periodo de análisis correspondiente.

Tabla 31

Tasa de crecimiento anual de Tráfico Vehicular de la Provincia del Guayas

Periodo	Tipo de vehículo		
	Livianos	Buses	Camión 2 Ejes Grande 2DB
2020-2024	4.95	2.67	2.96

2025-2029	4.45	2.40	2.67
2030-2034	4.04	2.18	2.43
2035-Adelante	4.04	2.18	2.43

Nota. Fuente: Departamento de Factibilidad – MOP.

La proyección del tránsito para cada tipo de vehículo se realizó aplicando de forma anual la tasa de crecimiento correspondiente, según la siguiente expresión iterativa:

$$\text{Tráfico}_{i+1} = \text{Tráfico}_i \cdot (1 + r)^t \quad (3.3)$$

Donde:

- Tráfico_{i+1} = Tránsito proyectado para el año siguiente.
- Tráfico_i = Tránsito del año base o del año inmediatamente anterior.
- r = Tasa de crecimiento anual correspondiente al tipo de vehículo, tomada de las tablas del Departamento de Factibilidad del MOP.
- t = tiempo en años.

Este método permite reflejar de forma directa el crecimiento progresivo del tránsito vehicular, utilizando información oficial y evitando la aplicación de modelos teóricos generalizados, garantizando coherencia con los datos reales del conteo y las condiciones locales de la vía.

Tabla 32

TPDA Proyectado

Tiempo Años	Año	Livianos	Buses	2DB	TPDA Proyectado
0	2025	1,192	18	12	1,222

1	2026	1,245	18	12	1,276
2	2027	1,301	19	12	1,332
3	2028	1,359	19	13	1,390
4	2029	1,419	20	13	1,452
5	2030	1,476	20	13	1,510
6	2031	1,536	20	14	1,570
7	2032	1,598	21	14	1,633
8	2033	1,663	21	14	1,698
9	2034	1,730	22	15	1,766
10	2035	1,800	22	15	1,837
11	2036	1,872	23	16	1,911
12	2037	1,948	23	16	1,987
13	2038	2,027	24	16	2,067
14	2039	2,109	24	17	2,150
15	2040	2,194	25	17	2,236
16	2041	2,282	25	18	2,325
17	2042	2,375	26	18	2,418
18	2043	2,470	27	18	2,515
19	2044	2,570	27	19	2,616
20	2045	2,674	28	19	2,721

Nota. Se detallan los valores del TPDA a 20 años.

3.1.4 Cálculo de ESAL's de diseño

El cálculo de los Ejes Simples Equivalentes (ESAL's) de diseño se realizó utilizando el Tráfico Promedio Diario Anual proyectado, mediante la aplicación de factores de equivalencia

por eje que permiten representar el efecto del tránsito vehicular sobre la estructura del pavimento en función de un eje estándar. Estos factores se determinaron a partir de la ley de la cuarta potencia, de acuerdo con los criterios establecidos en la Guía AASHTO 93, empleando las cargas de referencia definidas en las tablas del Apéndice D para ejes simples y sus respectivas configuraciones de ruedas (AASHTO, 1993)

Tabla 33

Tabla de fórmulas para cálculo del factor de equivalencia

Tipo de eje	Ecuación del eje equivalente	Descripción de variables
Eje simple de ruedas simples (EES1)	$EE_{s1} = \left(\frac{P}{6.6}\right)^4$	<ul style="list-style-type: none"> • EE_{s1}: eje equivalente para eje simple con ruedas simples • P: carga real aplicada por eje, en toneladas • 6.6: carga estándar de referencia para eje simple con rueda simple, en toneladas
Eje simple de ruedas dobles (EES2)	$EE_{s2} = \left(\frac{P}{8.2}\right)^4$	<ul style="list-style-type: none"> • EE_{s2}: eje equivalente para eje simple con ruedas dobles • P: carga real aplicada por eje, en toneladas • 8.2: carga estándar de referencia para eje simple con ruedas dobles, en toneladas

Nota. Las ecuaciones se basan en la ley de la cuarta potencia y corresponden a los criterios establecidos en la Guía AASHTO 93, Apéndice D.

El factor de equivalencia por eje se calculó mediante la siguiente expresión:

$$FE = (P / P_0)^4 \quad (3.4)$$

Donde:

- FE es el factor de equivalencia del eje,
- P es la carga real por eje, en toneladas,

- P_0 es la carga estándar de referencia, igual a 6.6 t para ejes simples de rueda simple y 8.2 t para ejes simples de rueda doble.

A partir de los factores de equivalencia por eje, se calculó el factor camión para cada categoría vehicular mediante la suma de los factores correspondientes a sus ejes, según la configuración del vehículo. De este modo se obtuvieron los factores camión para vehículos livianos, buses y camiones de dos ejes (2DB), los cuales representan el daño relativo generado por cada tipo de vehículo y se presentan en la tabla correspondiente.

Tabla 34

Estimación de Ejes Equivalentes

Vehículo	TPDA actual	Tipo de eje	Carga Permisible (Ton)	Factor Equivalencia	FACTOR CAMIÓN
Livianos	1192	Eje Simple/ Rueda simple	0.5	3.29385E-05	0.00025
		Eje Simple/ Rueda simple	0.8	0.000215866	
Buses	18	Eje Simple/ Rueda simple	3	0.042688341	0.57374
		Eje Simple/ Rueda doble	7	0.531051635	
2DB	12	Eje Simple/ Rueda simple	7	1.265366749	4.50365
		Eje Simple/ Rueda doble	11	3.238286961	
FACTOR CAMIÓN TOTAL					5.08

Nota. Elaboración Propia.

Una vez definido el factor camión, los ESAL's anuales se calcularon conforme a la expresión:

$$ESAL_a = TPDA_{proy} * FC * 365 * FD * FCa \quad (3.5)$$

Donde:

- $ESAL_a$ es el número de ESAL's anuales
- $TPDA_{proy}$ es el Tráfico Promedio Diario Anual proyectado
- FC es el factor camión
- FD es el factor de distribución direccional
- FCa es el factor de carril.

Los parámetros considerados para el análisis del tránsito son los siguientes:

- Año del conteo de tráfico: 2025-2045.
- Factor de distribución direccional: 0.5, considerando una distribución uniforme del tránsito en ambos sentidos de circulación.
- Factor de carril: 1, correspondiente al carril de análisis.

Finalmente, los ESAL's acumulados durante el periodo de diseño se obtuvieron mediante la suma progresiva de los valores anuales calculados. Los resultados obtenidos del cálculo anual y acumulado de ESAL's se presentan en la tabla correspondiente.

Tabla 35

Proyección del Tráfico Promedio Diario Anual y cálculo de ESAL's acumulados

Tiempo Años	Año	Livianos	Buses	2DB	TPDA Proyectado	Trafico Anual Total	ESAL's	ESAL's Acumulados
0	2025	1192	18	12	1222	445981	11652	11652
1	2026	1245	18	12	1276	465616	11959	23611

2	2027	1301	19	12	1332	486121	12274	35885
3	2028	1359	19	13	1390	507532	12598	48482
4	2029	1419	20	13	1452	529890	12930	61412
5	2030	1476	20	13	1510	551087	13240	74652
6	2031	1536	20	14	1570	573136	13557	88209
7	2032	1598	21	14	1633	596070	13882	102091
8	2033	1663	21	14	1698	619926	14215	116307
9	2034	1730	22	15	1766	644741	14557	130863
10	2035	1800	22	15	1837	670553	14906	145769
11	2036	1872	23	16	1911	697402	15263	161033
12	2037	1948	23	16	1987	725331	15630	176662
13	2038	2027	24	16	2067	754383	16005	192667
14	2039	2109	24	17	2150	784602	16389	209056
15	2040	2194	25	17	2236	816036	16782	225839
16	2041	2282	25	18	2325	848734	17185	243024
17	2042	2375	26	18	2418	882748	17598	260622
18	2043	2470	27	18	2515	918129	18021	278642
19	2044	2570	27	19	2616	954933	18453	297096
20	2045	2674	28	19	2721	993217	18896	315992

Nota. El TPDA proyectado y los ESAL's se determinaron aplicando tasas de crecimiento del MOP y factores de equivalencia según AASHTO 93.

3.1.5 Nivel de confiabilidad (R)

Para el diseño del pavimento se adoptó un nivel de confiabilidad del 85 %, considerando la función de la vía dentro del entorno urbano, correspondiente a una calle de uso frecuente, pero sin las exigencias estructurales de una vía arterial principal. Este nivel incorpora un margen

razonable de seguridad frente a variaciones del tránsito, materiales y condiciones constructivas, permitiendo garantizar un desempeño satisfactorio durante la vida útil del pavimento sin sobredimensionar la estructura.

Figura 19

Niveles sugeridos de confiabilidad según la clasificación funcional de la vía

Table 2.2. Suggested Levels of Reliability for Various Functional Classifications

Functional Classification	Recommended Level of Reliability	
	Urban	Rural
Interstate and Other Freeways	85-99.9	80-99.9
Principal Arterials	80-99	75-95
Collectors	80-95	75-95
Local	50-80	50-80

Nota. Fuente: AASHTO (1993)

3.1.6 Nivel de serviciabilidad (PSI)

Para el diseño del pavimento se adoptó un nivel de serviciabilidad inicial de 4.2, representativo de un pavimento nuevo en óptimas condiciones de operación, y un nivel de serviciabilidad final de 2.0, correspondiente al límite aceptable antes de requerir una intervención mayor. En consecuencia, se consideró una pérdida de serviciabilidad de 2.2, valor adecuado para una vía urbana, ya que permite un uso eficiente de la capacidad estructural del pavimento sin afectar de forma significativa la seguridad ni el confort de los usuarios.

3.1.7 *Coefficiente de drenaje (m_i)*

De acuerdo con la metodología AASHTO 1993, los coeficientes de drenaje (m_i) permiten considerar el efecto de las condiciones de humedad y la capacidad de drenaje de las capas granulares del pavimento sobre su aporte estructural. Estos coeficientes dependen tanto de la calidad del drenaje del material como del porcentaje de tiempo en el que la capa se encuentra expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación.

Para ello utilizamos las tablas 37 y 38:

Tabla 36

Capacidad de drenaje

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

Nota. Fuente: AASHTO (1993)

Tabla 37

Coefficiente de drenaje para pavimentos flexibles

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	<1%	1–5%	5–25%	>25%

Excelente	1.40–1.35	1.35–1.30	1.30–1.20	1.2
Bueno	1.35–1.25	1.25–1.15	1.15–1.00	1
Regular	1.25–1.15	1.15–1.05	1.00–0.80	0.8
Pobre	1.15–1.05	1.05–0.80	0.80–0.60	0.6
Muy pobre	1.05–0.95	0.95–0.75	0.75–0.40	0.4

Nota. Fuente: AASHTO (1993)

3.1.8 Desviación estándar global (S_o)

Con el propósito de facilitar la selección de este parámetro, la AASHTO proporciona valores recomendados de desviación estándar global en función del tipo de pavimento y de la existencia o no de errores en la predicción del tránsito. En la Tabla 39 se presentan los valores sugeridos para pavimentos rígidos y flexibles, los cuales sirven como referencia para la adopción del valor de S_o en el presente diseño.

Tabla 38

Valores de desviación estándar (S_o)

Condición	Pavimento Rígido	Pavimento Flexible
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito	0.34	0.44
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito	0.39	0.49

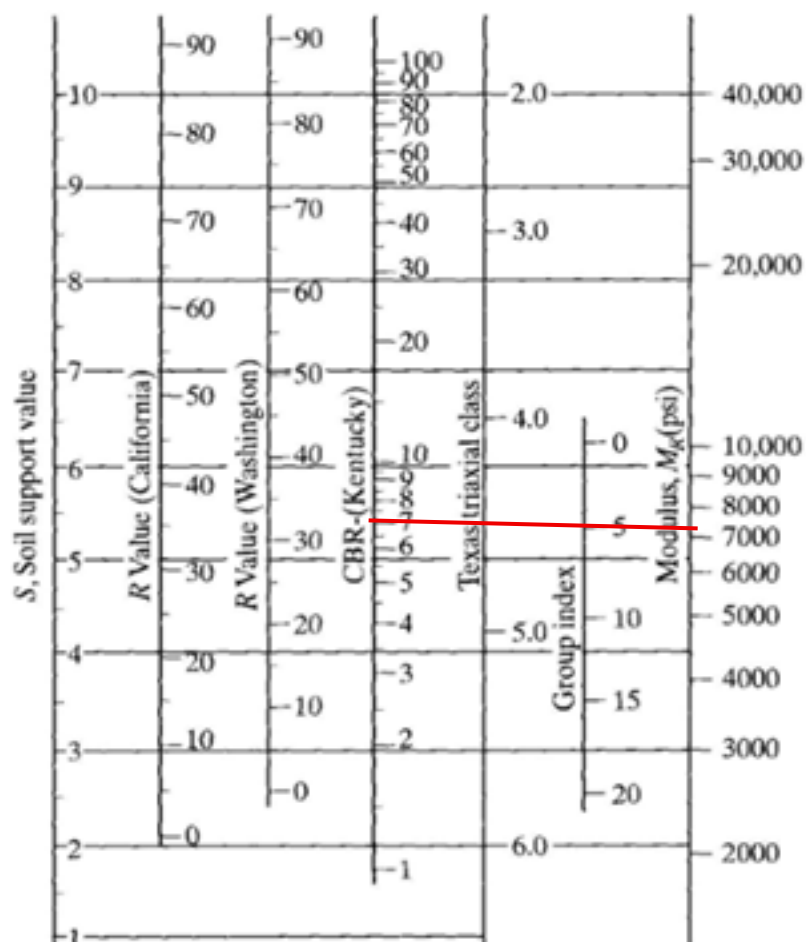
Nota. Fuente: AASHTO (1993)

3.1.9 Módulo resiliente de la subrasante

partir del ensayo de CBR de la subrasante (CBR = 6.67), se estimó el módulo resiliente mediante la carta de correlación de AASHTO 1993, obteniéndose un valor aproximado de $M_r = 7000$ psi (48.3MPa). Este valor fue adoptado como parámetro de entrada para el diseño, al representar de forma razonable el comportamiento esperado de la subrasante en condiciones de servicio.

Figura 20

Módulo resiliente de la subrasante



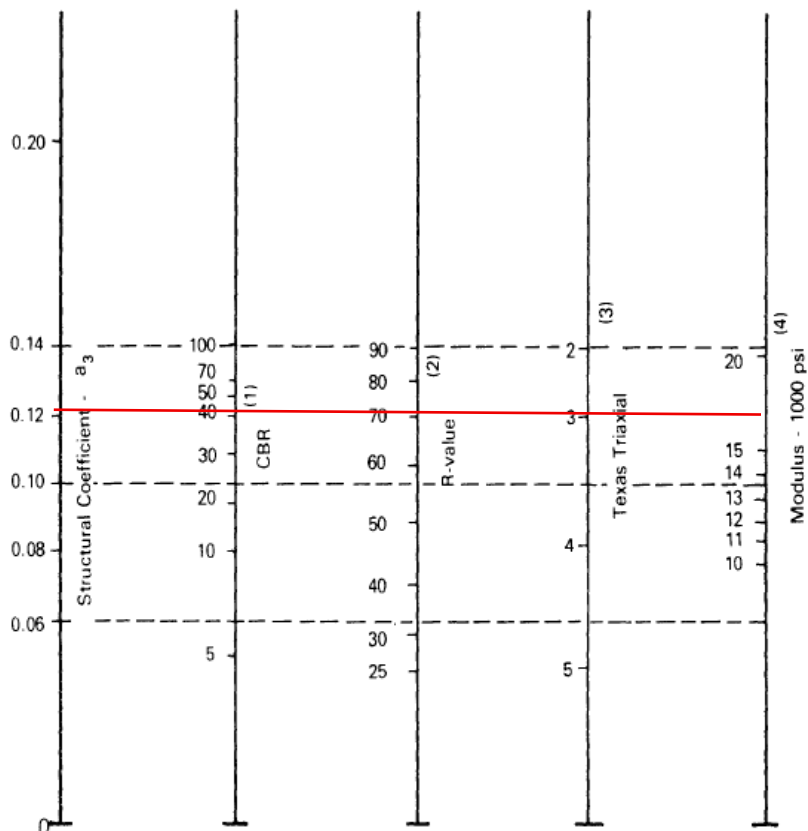
Nota. Fuente: AASHTO (1993)

3.1.10 Módulo resiliente del material granular existente (subbase)

En el presente proyecto, la subbase está constituida por el material granular existente, para el cual se determinó un valor de CBR de 47.28 %. Con base en este valor y utilizando la carta de correlación recomendada por AASHTO 1993, se estimó un módulo resiliente aproximado de $M_r = 18\,000$ psi (124.1 MPa). A partir de la misma correlación se adoptó un coeficiente estructural para la subbase granular de $a_3 = 0.12$, el cual representa de manera adecuada el aporte estructural del material en el cálculo del número estructural del pavimento bajo cargas repetidas.

Figura 21

Módulo resiliente de la subbase



Nota. Fuente: AASHTO (1993)

3.1.11 Módulo resiliente de la base estabilizada con emulsión

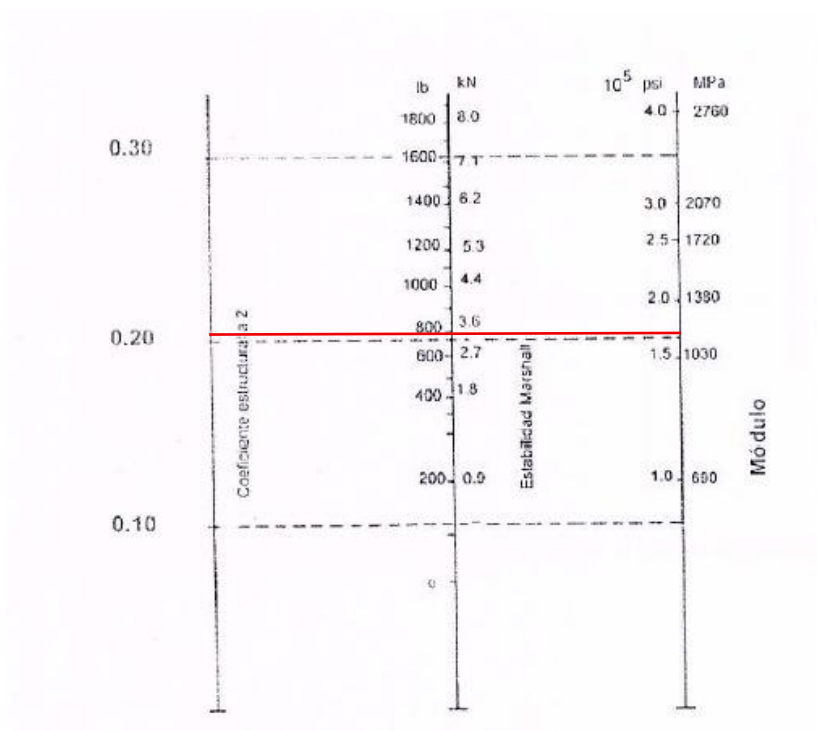
Las bases estabilizadas con emulsión asfáltica presentan un comportamiento mecánico superior al de los materiales granulares no tratados, debido a la cohesión adicional aportada por el ligante asfáltico, lo que se traduce en un mayor aporte estructural al pavimento. En la metodología AASHTO 1993, este tipo de capas se evalúa a partir de coeficientes estructurales

recomendados para materiales tratados con asfalto, siendo representativo para bases estabilizadas un coeficiente estructural del orden de $a_2 = 0.20$.

De acuerdo con las cartas de correlación proporcionadas por la guía AASHTO, un coeficiente estructural $a_2 = 0.20$ se asocia con un módulo resiliente aproximado de $M_r = 160\ 000$ psi (1103.2 MPa). Este valor refleja el incremento significativo de rigidez obtenido mediante el proceso de estabilización con emulsión asfáltica y fue adoptado para el diseño estructural del pavimento.

Figura 22

Módulo resiliente de base tratada con emulsionante asfáltico



Nota. Fuente AASHTO (1993)

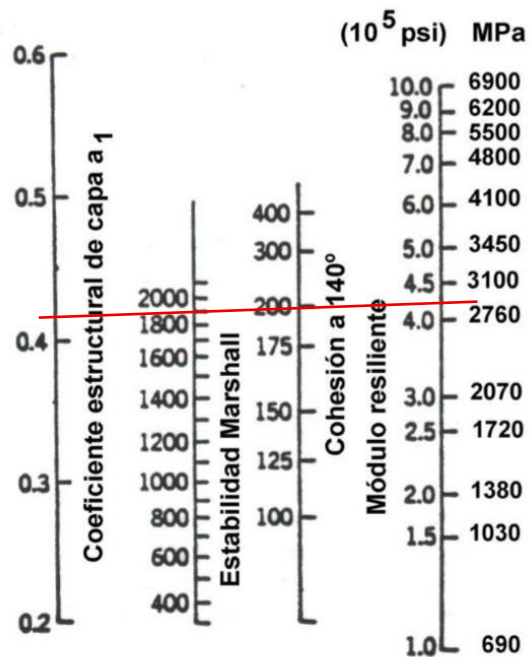
3.1.12 Módulo resiliente de la carpeta asfáltica

La guía AASHTO presenta correlaciones gráficas que relacionan el coeficiente estructural de la capa asfáltica con parámetros resistentes como la estabilidad Marshall y el módulo resiliente de la mezcla. Estas correlaciones permiten seleccionar valores típicos de a_1 para mezclas asfálticas densas, sin necesidad de realizar ensayos avanzados de caracterización.

De acuerdo con la relación mostrada en la Figura 23, un coeficiente estructural $a_1 = 0.42$ corresponde a una mezcla asfáltica con alta rigidez, asociada a un módulo resiliente del orden de 400000 psi (2757.9 MPa). Este valor es representativo de una carpeta asfáltica de buena calidad y fue adoptado para el diseño estructural del pavimento.

Figura 23

Módulo resiliente de la carpeta asfáltica



Nota. Fuente: AASHTO (1993)

3.2 Diseño del pavimento flexible (AASHTO 1993)

3.2.1 Número estructural (SN)

El método AASHTO 1993 utiliza el Número Estructural (SN) como un parámetro global que representa la capacidad estructural del pavimento para soportar las condiciones de tránsito y servicio del diseño, integrando el aporte de cada capa en función de su espesor, coeficiente estructural y drenaje. El SN se determina a partir de parámetros como el nivel de confiabilidad, la pérdida de serviciabilidad, la desviación estándar global y el módulo resiliente de la subrasante, cuyos valores adoptados se presentan en la Tabla 40 y constituyen la base del diseño estructural del pavimento.

Tabla 39

Parámetros utilizados para el cálculo del número estructural (SN)

Parámetros	
Confiabilidad (R)	85%
Desviación estándar global (So)	0.49
Serviciabilidad inicial (psi)	4.2
Serviciabilidad final (psi)	2
Módulo resiliente subrasante (psi)	7000
Ejes equivalentes totales	315992

Nota. Elaboración propia

Con los siguientes valores procedemos a calcular el número estructural con el programa “Ecuación AASHTO 93”. Donde se obtuvo un valor de $SN = 2.80$, tal como se muestra en la Figura 24.

Figura 24*Cálculo del Número Estructural*

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. The window title is 'Ecuación AASHTO 93'. The interface is divided into several sections:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'.
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu showing '85 % Zi=-1.037' and a text box for 'So' with the value '0.49'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (value: 4.2) and 'PSI final' (value: 2).
- Módulo resiliente de la subrasante:** Text box for 'Mr' (value: 7000) with the unit 'psi'.
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four empty text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'.
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular W18'. The 'Calcular SN' section shows 'W18 = 315992'.
- Número Estructural:** A text box showing 'SN = 2.80'.

At the bottom, there are two buttons: 'Calcular' and 'Salir'.

Nota. Elaboración Propia

3.2.2 Coeficiente estructural (a_i) y coeficiente de drenaje (m_i) por capa

Con base en la caracterización de los materiales y en los criterios establecidos por la metodología AASHTO 1993, se definieron los coeficientes estructurales y de drenaje correspondientes a cada una de las capas que conforman la estructura del pavimento, los cuales permiten cuantificar su aporte resistente y considerar la influencia de las condiciones de humedad sobre el desempeño estructural. En la Tabla 41 se presenta un resumen de los coeficientes estructurales (a_i) y de drenaje (m_i) adoptados, seleccionados a partir del análisis realizado y utilizados como parámetros fundamentales para el cálculo del Número Estructural del pavimento.

Tabla 40*Resumen de coeficientes*

Resumen de coeficientes	
Coefficiente estructural	
Carpeta asfáltica (a1)	0.42
Base estabilizada con emulsión (a2)	0.20
Material granular existente (a3)	0.12
Coefficiente de drenaje	
Carpeta asfáltica (m1)	1.00
Base estabilizada con emulsión (m2)	1.00
Material granular existente (m3)	0.85

Nota. Elaboración propia**3.2.3 Espesores del pavimento**

Mediante la ecuación establecida en la metodología AASHTO 1993, se realiza la determinación de los espesores requeridos para cada una de las capas que integran la estructura del pavimento. Dicha expresión permite relacionar los coeficientes estructurales y de drenaje con los espesores de las capas, a fin de evaluar la capacidad estructural total del paquete de pavimento.

$$SN = a_1 D_1 m_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad (3.5)$$

Tabla 41*Diseño de espesores de pavimento*

Diseño de espesores del pavimento	
Capas	Espesor (cm)
Carpeta asfáltica	5.00

Base estabilizada con emulsión	17.50
Material granular existente	57.50
Total espesor del pavimento	80.00

Nota. Elaboración propia

De acuerdo con la metodología AASHTO 1993, el Número Estructural requerido para el pavimento es de $SN = 2.80$, a partir del cual se definieron los espesores mínimos de las capas del paquete estructural, estimándose aproximadamente 5.0 cm para la carpeta asfáltica, 17.5 cm para la base estabilizada en sitio y 21.0 cm para la subbase granular.

La vía presenta actualmente un espesor aproximado de 80 cm de material granular existente, el cual, una vez considerados los espesores de la carpeta asfáltica y de la base estabilizada, mantiene un espesor efectivo cercano a 57.5 cm, valor superior al mínimo requerido para la subbase. Sobre este material se ejecuta la base estabilizada en sitio y posteriormente la carpeta asfáltica de rodadura, alcanzándose un Número Estructural efectivo de 4.586, mayor al valor exigido, lo que garantiza el cumplimiento de la capacidad estructural del pavimento propuesto.

Tabla 42

Espesores del Pavimento

Carpeta asfáltica	5 cm
Base estabilizada con emulsión	17.5 cm
Material granular existente	57.5 cm
Subrasante	

Nota. Elaboración propia

Capítulo 4

4 ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL

4.1 Descripción del proyecto

El proyecto plantea la mejora integral de una vía urbana en Naranjal mediante la intervención del material existente y la aplicación de una carpeta asfáltica. La propuesta no contempla reconstrucciones completas, sino el aprovechamiento del suelo del sitio, que será mejorado con emulsión asfáltica para obtener una base más estable y resistente a la humedad. Este tipo de intervenciones corresponde a estrategias de rehabilitación vial que permiten optimizar el desempeño estructural del pavimento y reducir costos frente a la reconstrucción total (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013; Plati & Tsakoumaki, 2023). Con ello se busca prolongar la vida útil del pavimento y reducir los problemas habituales de polvo, baches y deterioro en época lluviosa (AASHTO, 1993).

Desde la perspectiva ambiental, las actividades involucradas, como la limpieza inicial, el movimiento y mezcla de materiales, la operación de maquinaria y el transporte de agregados, pueden generar alteraciones temporales en el entorno inmediato. Este tipo de impactos ha sido ampliamente documentado en proyectos de rehabilitación vial urbana, donde los efectos se concentran principalmente en el suelo superficial, la calidad del aire y el entorno urbano inmediato (World Health Organization, 2018). Por esta razón, el estudio se orienta a identificar dichos efectos y a definir medidas de manejo ambiental que permitan prevenir, mitigar o controlar las afectaciones durante la ejecución de la obra (Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), 2005)

El proyecto se relaciona directamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible vinculados a infraestructura resiliente y ciudades sostenibles (ODS 9 y ODS 11), en la medida en

que promueve el uso eficiente de los recursos, el aprovechamiento de materiales existentes y la mejora de la seguridad vial y la accesibilidad urbana (CEPAL, 2012; Lee et al., 2016). Estas acciones contribuyen a un modelo de desarrollo urbano más sostenible, especialmente en ciudades intermedias con limitaciones presupuestarias.

Para evaluar los posibles impactos ambientales del proyecto se empleará la matriz de Leopold, herramienta ampliamente utilizada en estudios de impacto ambiental para identificar y jerarquizar las interacciones entre las actividades del proyecto y los componentes del medio físico, biótico y socioeconómico (Conesa Fernández-Vitoria, 2009; Leopold et al., 1971). Este enfoque facilita la priorización de acciones preventivas, el uso racional de recursos como el agua y la energía, y la definición de disposiciones técnicas que aseguren que la alternativa seleccionada genere la menor afectación ambiental posible durante su ejecución (Glasson & Therivel, 2013).

4.2 Línea base ambiental

El sector donde se realizará el proyecto corresponde a un barrio urbano de Naranjal que ha crecido de forma progresiva alrededor de vías que, hasta ahora, no cuentan con un pavimento definitivo. El entorno inmediato presenta un terreno mayormente plano y suelos que tienden a retener humedad durante los meses de lluvia. En la época seca, en cambio, el polvo se vuelve frecuente debido al tránsito diario y a la falta de una superficie estable.

En cuanto al medio físico, la zona no posee cuerpos de agua naturales dentro del tramo de intervención, pero sí canales y cunetas que recogen la escorrentía generada en las precipitaciones. El aire suele verse afectado por partículas en suspensión, especialmente cuando circulan motocicletas o tricimotos, ya que estas levantan el material suelto que existe

actualmente sobre la vía. Las condiciones del suelo muestran un estrato heterogéneo, conformado por material granular mezclado con finos, lo que explica la pérdida constante de nivel y la presencia de baches.

Desde el componente biótico, el área no alberga ecosistemas sensibles. La vegetación es dispersa y corresponde principalmente a pequeños árboles, arbustos ornamentales y jardines de las viviendas. La fauna asociada está compuesta por aves comunes y animales domésticos propios del entorno urbano.

En el aspecto social y económico, la vía es utilizada diariamente por residentes, estudiantes y pequeños comercios que dependen de ella para movilizarse. Durante las lluvias, el acceso se vuelve complicado por los encharcamientos, mientras que en verano la polvareda afecta la convivencia y la calidad del aire. Estas condiciones hacen que el mejoramiento vial sea una necesidad prioritaria para el barrio.

La información descrita permite identificar qué elementos del entorno son más susceptibles a verse alterados durante la ejecución de la obra, especialmente el suelo superficial, la calidad del aire y la movilidad de los habitantes.

4.3 Actividades del proyecto

Las actividades vinculadas a la rehabilitación de la vía seleccionada en Naranjal implican una serie de procesos que, por su naturaleza constructiva, pueden generar alteraciones temporales en el entorno físico, biótico y social del sector. Estas acciones se agrupan en tres fases principales.

4.4 Fase de preparación del área

Incluye la delimitación del tramo a intervenir, la limpieza superficial del terreno y el retiro de material suelto o elementos que interfieran con la obra. En esta etapa también se realiza el replanteo de niveles y el ingreso de maquinaria, lo que puede inducir emisiones de polvo, ruido y tránsito adicional dentro del barrio.

4.4.1 Fase de construcción

Esta etapa concentra la mayor parte de las actividades con incidencia ambiental.

- Regularización del terreno.
- Mezcla del material existente.
- Estabilización del material existente con emulsión asfáltica.
- Procesos de compactación necesarios para obtener una base uniforme.

Dado que el método empleado aprovecha el suelo del sitio, el movimiento de materiales es limitado y no se requieren volúmenes significativos de agregados provenientes de canteras. El transporte principal corresponde al suministro de la emulsión y a pequeñas cantidades de material de ajuste en caso de ser necesario. Durante esta fase pueden generarse emisiones de ruido y polvo, vibraciones por equipos de compactación y alteraciones temporales del suelo superficial.

4.4.2 Fase de operación y mantenimiento posterior

Una vez concluida la obra, las actividades se limitan a la limpieza del tramo, el control rutinario del estado del pavimento y la atención de reparaciones menores en caso de baches o deterioros puntuales. Aunque su impacto es considerablemente menor, esta fase implica el uso de maquinaria ligera y breves intervenciones que igualmente forman parte del ciclo del proyecto.

La identificación de estas actividades permite determinar con claridad cuáles son los puntos críticos que deben ser evaluados en la matriz de impactos y cuáles requerirán medidas específicas de prevención o mitigación.

4.4.3 *Identificación de impactos ambientales*

Para identificar, analizar y valorar los impactos ambientales se utilizará la matriz causa–efecto propuesto por Leopold. Este método dispone las componentes ambientales del proyecto en las filas y, en las columnas, las actividades previamente definidas. Cada celda representa la interacción entre una actividad y un componente, asignando un valor que corresponde a la magnitud y a la importancia del impacto (Ponce, 2008).

La magnitud expresa el nivel o intensidad del impacto generado, empleando valores negativos cuando se trata de efectos adversos y positivos en caso de efectos favorables. La importancia, en cambio, indica el peso o trascendencia del impacto sobre el medio ambiente, tomando en cuenta aspectos como su duración, alcance y posibilidad de revertirse.

Ambos parámetros, magnitud e importancia, se califican en una escala del 1 al 10, siguiendo una adaptación del esquema de ponderación planteado por Leopold et al. (1971).

Tabla 43

Ponderaciones de magnitud e importancia

Intensidad	Alteración	Ponderación (+/-)	Duración	Influencia	Ponderación
Baja	Baja	1	Temporal	Puntual	1
Baja	Media	2	Media	Puntual	2
Baja	Alta	3	Permanente	Puntual	3
Media	Baja	4	Temporal	Local	4

Media	Media	5	Media	Local	5
Media	Alta	6	Permanente	Local	6
Alta	Baja	7	Temporal	Regional	7
Alta	Media	8	Media	Regional	8
Alta	Baja	9	Temporal	Regional	9
Alta	Media	10	Media	Regional	10

Tabla 44*Matriz de Leopold*

Magnitud		Preparacion			Construccion			Operación y Mantenimiento						
		Movilización de maquinaria y equipos	Limpieza y desalojo	Trazo de nivelacion y replanteo	Excavacion y movimiento de tierra	Transporte de material	Extendido, nivelacion y compactacion de material	Gestion del Trafico	Revisión estructural	Limpieza de la via	Repacacion de baches			
Importancia														
Medio Físico	Agua	Calidad del agua					-4	4			+5	5		
		Contaminacion por solidos		-3	3		-4	4			+6	6		
		Contaminacion por fluidos					-3	3	-4	4				
	Suelo	Erosion		-4	4		-6	6			+4	+6		
		Vertido de materiales				-4	4					6		
		Cambio de permeabilidad				-5	5					6		
	Aire	Calidad del aire	-4	4		-4	4	-5	5			+4	+5	
		Particulas de polvo	-3	3		-2	2	-6	6			+5	+6	
		Emisiones de gases	-5	5				-6	6			+4	4	
		Contaminacion sonora	-4	4				-5	5			-3	4	
	Medio Básico	Flora	Desbroce de vegetacion		-4	4		-3	3					
			Fragmentacion de habitats de ecosistemas vegetales											
Degradacion de la vegetacion				-3	3									
Fauna		Efecto barrera												
		Alteracion del habitat		-3	3		-3	3						
		Reduccion de fuentes de alimento												
Medio Socioeconomico	Humanos	Diseño del paisaje		+4	+3						+6	6		
		Vibraciones	-3	3		-4	4	-4	4					
		Seguridad vial	-3	+4	+4	-4	5	+7	8	+9	+8	+7	8	
	Economia	Impacto del uso del suelo								+7	8	+7	8	
		Cambio de valor de suelo							+8	9	+5	6	+5	7
		Empleo	+4	+3	+2	+4	5	+4	5	+5	6	+3	3	+4

El análisis permitió reconocer varios impactos relevantes caracterizados por una elevada magnitud e influencia. Entre los efectos negativos se encuentran la contaminación por fluidos asociados a las labores de construcción, las emisiones gaseosas que deterioran la calidad del aire y el ruido generado por la operación de la maquinaria. En contraste, también se identificaron efectos positivos, especialmente la mejora en la seguridad vial. El proyecto tiene como objetivo fortalecer las condiciones de circulación, disminuir los riesgos en la vía y generar beneficios tanto para los usuarios como para la comunidad en su conjunto.

4.5 Valoración de impactos ambientales

Se realiza el cálculo del impacto ambiental mediante la valoración cuantitativa de Tito (2020), mediante la siguiente fórmula:

$$IA = \pm\sqrt{Imp * |Mag|} \quad (4.1)$$





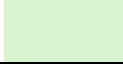

Tabla 45

Escala de valoración de impacto ambiental

Calificación del Impacto Ambiental	Valor del índice de impacto ambiental (IA)
Altamente significativo	$ IA \geq 6.5$
Significativo	$6.5 > IA \geq 4.5$
Despreciable	$ IA < 4.5$
Benéfico	$IA > 0$

Nota. Adaptado de tito (2020)

Tabla 46*Escala de colores para la valoración de impacto ambiental*

Impactos ambientales positivos		Impactos ambientales negativos	
$ IA \geq 6.5$		$ IA \geq 6.5$	
$6.5 > IA \geq 4.5$		$6.5 > IA \geq 4.5$	
$IA > 0$		$IA > 0$	

Con las escalas definidas, se realiza el cálculo del impacto ambiental correspondiente a cada celda de la matriz de Leopold.

Tabla 47*Impacto ambiental según a la matriz de Leopold*

	Magnitud	Importancia	Preparacion			Construccion			Operación y Mantenimiento				Promedio afectaciones			
			Movilización de maquinaria y equipos	Limpieza y desalojo	Trazo de nivelación y replanteo	Excavacion y movimiento de tierra	Transporte de material	Extendido, nivelación y compactacion de material	Gestion del Trafico	Revisión estructural	Limpieza de la via	Reparacion de baches	Positivos (+)	Negativos (-)		
Medio Fisico	Agua	Calidad del agua											5	5.00	-4.00	
		Contaminacion por solidos		-3		-4								6	6.00	-3.50
		Contaminacion por fluidos					-3	-4							0.00	-3.50
	Suelo	Erosion		-4		-6	5.5				4	6	5.16	5.16	5.16	-5.00
		Vertido de materiales				-4									0.00	-4.00
		Cambio de permeabilidad				-5		-6							0.00	-5.50
	Aire	Calidad del aire	-4			-4	-5	-4			4	5	4.00	4.00	4.00	-4.25
		Particulas de polvo	-3		-2	-6	-5	-4			5	6	5.50	5.50	5.50	-4.00
		Emisiones de gases	-5				-6	-4	3.5						3.46	-5.00
Contaminacion sonora		-4				-5	-4	-3.5						0.00	-4.12	
Medio Basico	Flora	Desbroce de vegetacion		-4		-3								0.00	-3.50	
		Fragmentacion de habitats de ecosistemas vegetales												0.00	0.00	
		Degradacion de la vegetacion		-3										0.00	-3.00	
	Fauna	Efecto barrera												0.00	0.00	
		Alteracion del habitat		-3		-3								0.00	-3.00	
								2					0.00	0.00		
Medio Socioeconomico	Humanos	Diseño del paisaje		4.5	3.5			6.5			6			5.10	0.00	
		Vibraciones	-3			-4	-4							0.00	-3.67	
		Seguridad vial	-3.5	5	4.5	4.5	-5	7.5	9	8	7.5	9	6.09	6.09	-4.23	
	Economia	Impacto del uso del suelo							7.5			7.5		7.48	0.00	
		Cambio de valor de suelo							7.5	5.5	5	7.5		6.36	0.00	
		Empleo	-4.5	3	2	4.5	4.5	5.5		3	3	-4.5		3.63	-4.47	
		Positivos (+)	0.00	4.12	3.31	4.47	4.47	6.23	6.86	5.49	5.05	6.83	4.68	2.17	-2.94	
Negativos (-)	-3.37	-3.40	-2.00	-4.33	-4.71	-3.75	-3.46	0.00	0.00	-4.47			-2.95	TOTALES		

4.6 Propuestas de medidas de prevención/mitigación

4.6.1 Manejo adecuado durante la limpieza y desalojo

Para evitar afectaciones innecesarias al entorno urbano, se delimitará claramente el área de trabajo antes de iniciar las actividades de limpieza y desalojo. Esto permitirá proteger jardines, áreas verdes urbanas y elementos existentes que no deban ser intervenidos. Las acciones preventivas se ejecutarán desde la fase inicial, reduciendo el desorden, optimizando el uso del espacio y evitando la eliminación accidental de vegetación ornamental o infraestructura menor. Con ello se contribuye a mantener la estética urbana y minimizar molestias para los residentes y la comunidad educativa cercana.

4.6.2 Mantenimiento preventivo en la movilización de máquinas y equipos

Con el objetivo de disminuir las emisiones vehiculares y mejorar el desempeño de la maquinaria utilizada en la rehabilitación vial, se realizará mantenimiento preventivo previo a su operación. Asimismo, para reducir el ruido producido por los equipos, se emplearán barreras acústicas móviles en zonas sensibles, especialmente cerca del colegio y las viviendas. La programación de las actividades se establecerá en horarios adecuados para evitar molestias a la comunidad. Se aplicarán también medidas de control de vibraciones a fin de prevenir afectaciones en edificaciones cercanas. Estas acciones contribuirán a mejorar la convivencia con el entorno urbano y reducir la contaminación atmosférica y acústica.

4.6.3 Control del material del terreno durante la rehabilitación de la vía

Dado que la intervención se realizará utilizando el mismo material existente en la calle, sin recurrir a canteras externas, las acciones de manejo estarán enfocadas en evitar la dispersión de polvo y la inestabilidad del suelo durante las labores de nivelación y mejoramiento. Para ello,

se aplicará riego periódico en el área de trabajo con el fin de controlar las partículas en suspensión, especialmente en las zonas cercanas al Colegio 7 de Noviembre y a las viviendas aledañas.

Asimismo, se cuidará que el material removido no quede disperso sobre calzadas o aceras, manteniendo un orden adecuado en el sitio de obra. Al finalizar la jornada, se realizará la limpieza del área intervenida para asegurar la seguridad peatonal y vehicular. Estas medidas contribuyen a reducir molestias para la comunidad y a mantener un ambiente urbano más seguro y saludable durante el proceso de rehabilitación.

4.6.4 Control del polvo en la excavación y movimiento de tierra

Durante la excavación y el movimiento del material existente, se aplicará humectación constante para minimizar la dispersión de polvo que pueda afectar a los estudiantes, docentes, peatones y vecinos. Se dotará al personal de equipos de protección como gafas y mascarillas para resguardar su salud. Estas medidas reducen las molestias para la comunidad y crean condiciones laborales más seguras.

4.7 Resultados de medidas

4.7.1 Conclusiones

A partir del análisis realizado mediante la matriz de Leopold (Tabla 14), se concluye que los impactos ambientales generados durante la fase de construcción del proyecto de rehabilitación vial urbana se concentran principalmente en el medio físico, especialmente en el aire y el suelo. Estos impactos están asociados a actividades propias de la obra, como el movimiento de maquinaria, excavación, transporte y compactación de materiales.

Los impactos negativos identificados, como la generación de polvo, el ruido y las emisiones de gases, presentan en su mayoría una magnitud baja a media y se caracterizan por ser temporales, ya que ocurren únicamente durante la ejecución de los trabajos. Una vez finalizada la obra, estos efectos tienden a desaparecer, siempre que se apliquen las medidas ambientales correspondientes.

Debido a que el proyecto se desarrolla en calles secundarias dentro de un área urbana consolidada, no se identifican afectaciones significativas sobre la fauna ni sobre ecosistemas naturales. Asimismo, al no contemplarse el uso de canteras ni la intervención de cuerpos de agua, la magnitud de los impactos ambientales adversos se reduce considerablemente.

En términos generales, el balance global de la matriz muestra que los impactos positivos del proyecto superan a los negativos, destacándose los beneficios sociales y urbanos derivados de la mejora de la infraestructura vial, lo que permite concluir que el proyecto es ambientalmente viable.

4.7.2 Recomendaciones

Se recomienda aplicar de manera constante las medidas de manejo ambiental durante la fase de construcción, con especial énfasis en el control del polvo mediante la humectación de las áreas de trabajo y una adecuada manipulación de los materiales.

Es importante asegurar el mantenimiento periódico de la maquinaria y equipos utilizados, con el fin de reducir las emisiones contaminantes y los niveles de ruido, minimizando así las molestias a los residentes del sector.

Asimismo, se recomienda implementar una correcta gestión del tránsito y señalización temporal en las zonas intervenidas, para garantizar la seguridad de peatones y conductores y reducir riesgos de accidentes.

Finalmente, se sugiere realizar un seguimiento ambiental durante la ejecución del proyecto, que permita verificar el cumplimiento de las medidas propuestas y asegurar que los impactos negativos se mantengan dentro de niveles aceptables, fortaleciendo los beneficios sociales asociados a la rehabilitación vial

Capítulo 5

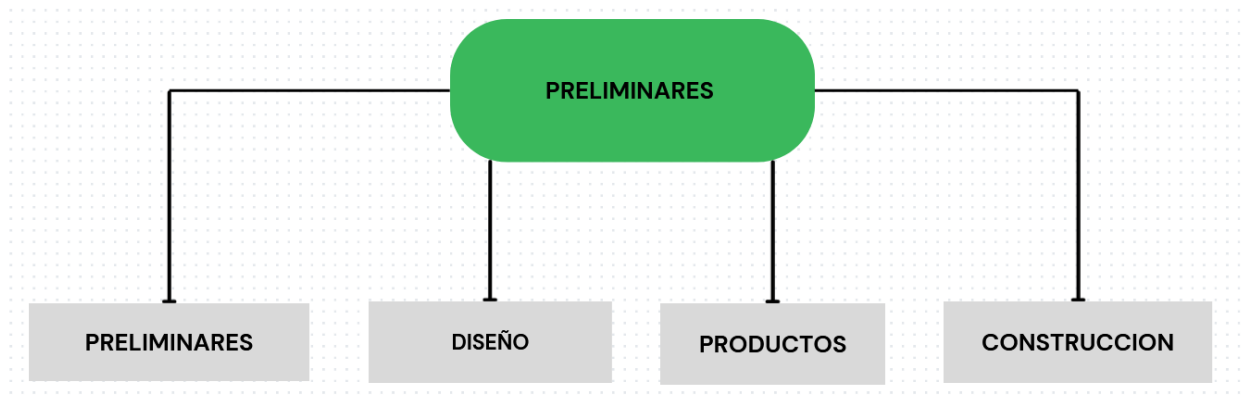
5 PRESUPUESTO

5.1 Estructura Desglosada de Trabajo

En el esquema gráfico presentado se muestra la estructura general del proyecto, en la cual se identifican y organizan sus diferentes fases, para posteriormente detallar las subdivisiones particulares de cada una, permitiendo así delimitar el alcance y facilitar el desarrollo integral del proyecto.

Figura 25

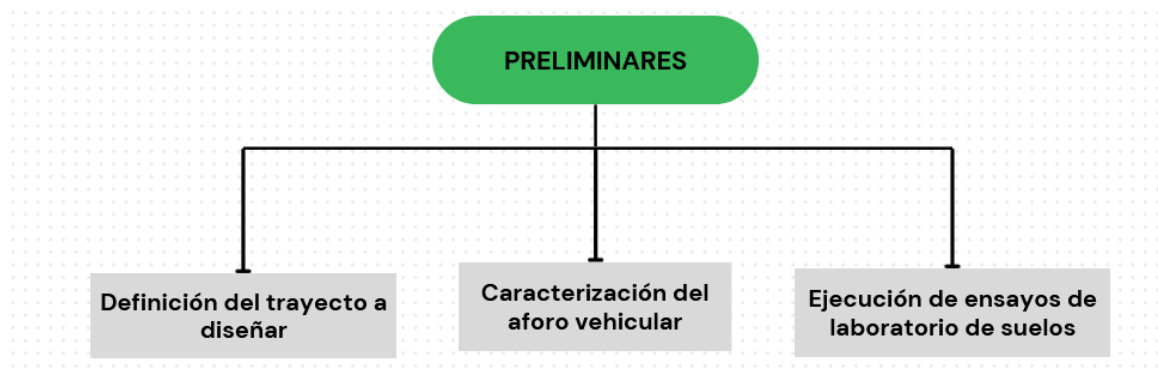
Diagrama de fases del proyecto



A continuación, se presenta la fase preliminar, cuyo objetivo es recopilar y analizar toda la información necesaria que servirá de base para el desarrollo del diseño.

Figura 26

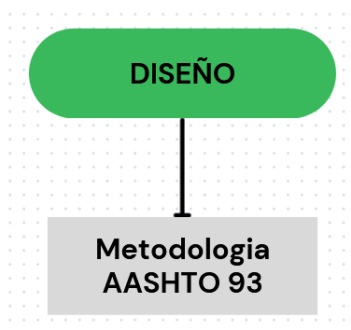
Diagrama de fase preliminar



A partir del proceso general de diseño, se desarrolla el diseño de pavimento flexible utilizando el método AASHTO 93.

Figura 27

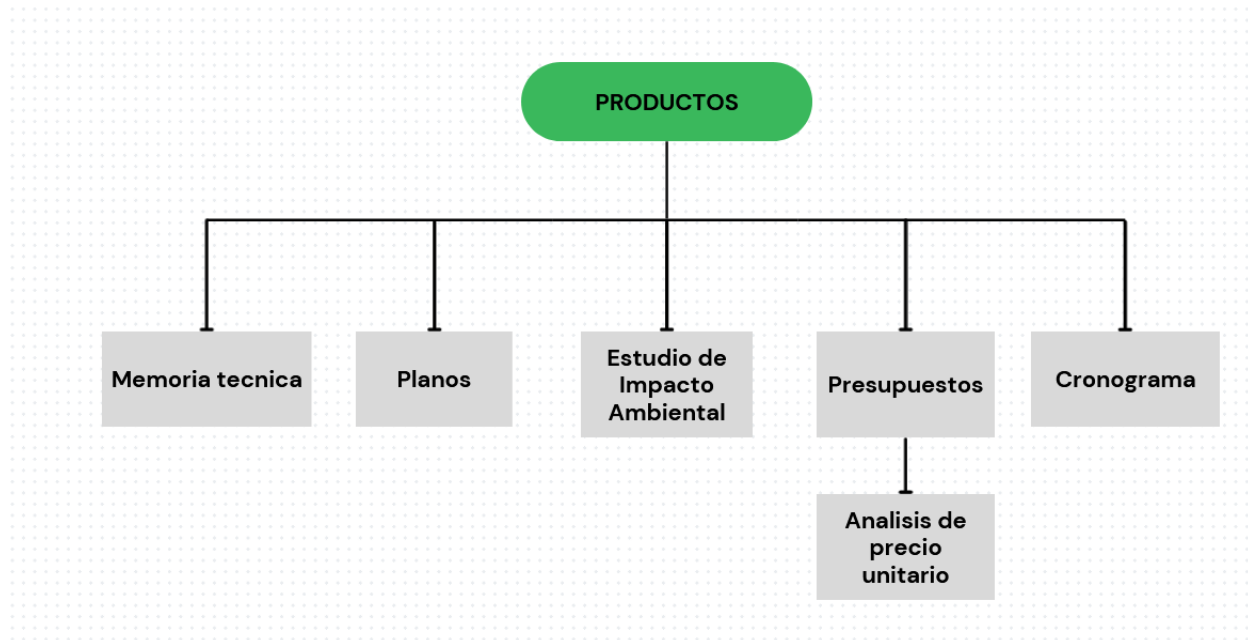
Diagrama de fase de diseño



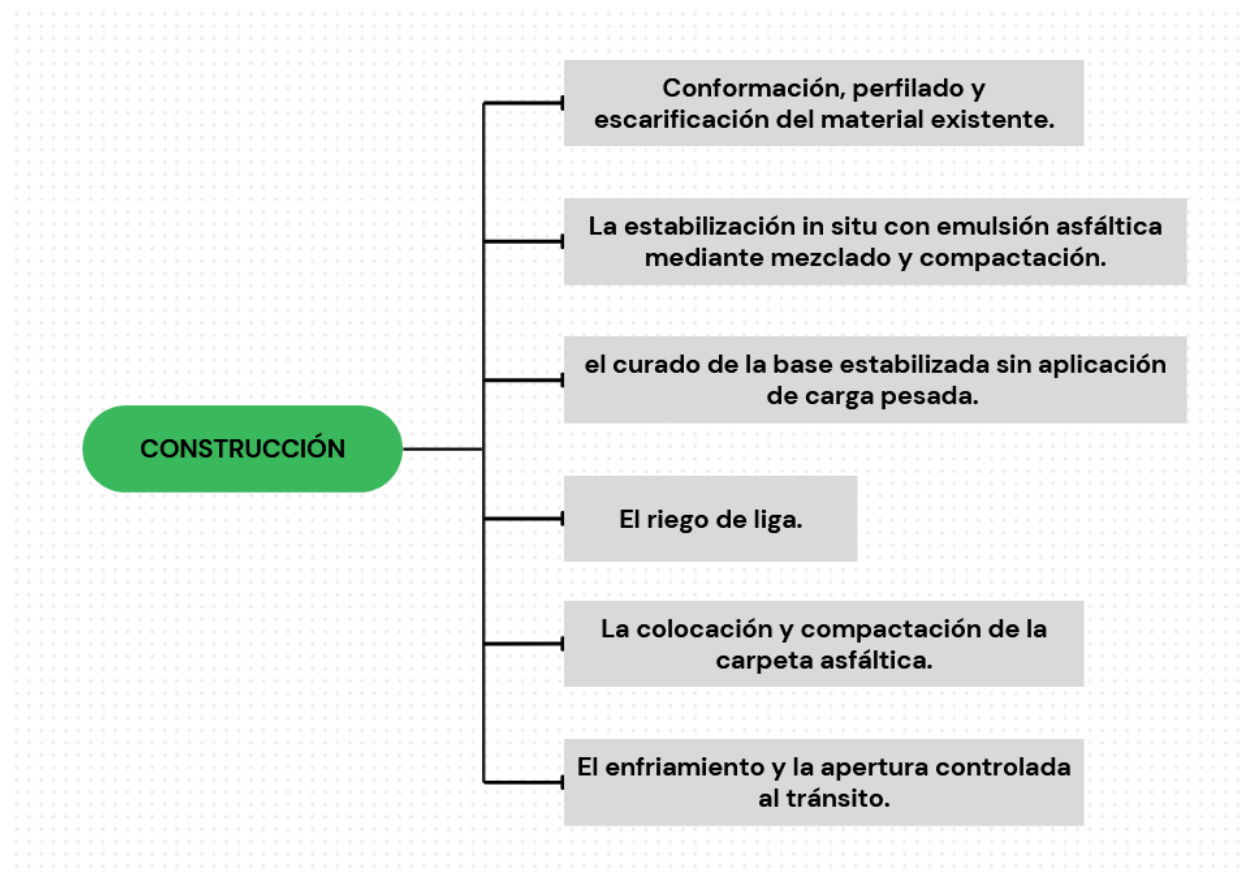
Una vez concluidos los diseños, se desarrolla la fase de productos, en la cual se definen y organizan los entregables finales del proyecto.

Figura 28

Diagrama de fase de productos



En la fase de construcción se presentan de forma sintética las actividades necesarias para la ejecución de la obra.

Figura 29*Diagrama de fase de construcción*

5.2 Especificaciones Técnicas

Las especificaciones técnicas del proyecto se basan en las normas y lineamientos vigentes para obras viales urbanas, principalmente la metodología AASHTO 1993, el Manual de Diseño de Pavimentos del MTOP y las especificaciones NEVI. Estas disposiciones se aplican a todos los elementos contemplados en el diseño y se articulan directamente con los rubros, cantidades y costos definidos en el presupuesto referencial, constituyéndose en la base para la correcta planificación y ejecución de la obra.

Las cantidades de obra fueron determinadas mediante el uso de herramientas digitales, empleando el software Google Earth para la delimitación del tramo de intervención y la verificación geométrica del área del proyecto, y el programa Civil 3D para el modelado del eje vial, definición de secciones tipo y cálculo preciso de áreas y volúmenes asociados a cada actividad constructiva. Esta metodología permitió obtener mediciones confiables y coherentes con las condiciones reales del sitio.

En la etapa de preliminares se consideran las actividades de movilización e instalación de obra, señalización temporal, replanteo topográfico y limpieza superficial, ejecutadas conforme a prácticas constructivas estándar y utilizando equipos de topografía, maquinaria liviana y señalización reglamentaria.

La fase de construcción incluye la conformación y escarificación del material existente, la estabilización in situ con emulsión asfáltica mediante procesos controlados de mezclado y compactación, el curado de la base, el riego de liga y la colocación de la carpeta asfáltica en caliente de 5.0 cm de espesor, utilizando maquinaria y equipos acordes a cada proceso.

Finalmente, los trabajos de acabados comprenden la señalización horizontal y vertical, la limpieza final y la recepción de la obra, asegurando el cumplimiento de los requisitos técnicos, funcionales y económicos definidos en el diseño y reflejados en el presupuesto del proyecto.

5.3 Rubros y análisis de precios unitarios

Describir los rubros que conforman el proyecto. El análisis de precios unitarios debe considerar costos actualizados de materiales y mano de obra cuyos valores pueden ser obtenidos mediante cotizaciones o a partir de instituciones como Cámaras de la Construcción.

Tabla 48*Precios unitarios del Proyecto*

ITEM	RUBRO	UNIDAD	P. UNITARIO
1	PRELIMINARES		
1.1	Movilización e instalación de obra (cerramiento, bodega, servicios)	u	\$ 407.79
1.2	Señalización temporal y plan de manejo de tránsito	u	\$ 596.22
1.3	Replanteo topográfico y nivelación inicial	m2	\$ 0.77
1.4	Limpieza superficial y retiro de material suelto	m2	\$ 0.40
2	CONSTRUCCIÓN		
2.1	Conformación / perfilado y escarificación del material existente	m2	\$ 4.00
2.2	Estabilización in situ con emulsión asfáltica (mezclado + compactación)	m2	\$ 19.88
2.3	Curado de base estabilizada (sin carga pesada)	m2	\$ 1.02
2.4	Riego de liga	m2	\$ 1.71
2.5	Colocación de carpeta asfáltica + compactación (e=5cm)	m2	\$ 12.55
2.6	Enfriamiento / apertura controlada al tráfico	u	\$ 37.81
3	ACABADOS		
3.1	Señalización horizontal (líneas, pasos cebra)	m2	\$ 2.88
3.2	Señalización vertical + tachas (marcadores retro reflectivos)	u	\$ 1,325.26
3.3	Limpieza final de obra	m2	\$ 0.06
3.4	Recepción provisional, entrega y desmovilización	u	\$ 75.63

5.4 Cantidades de obra

Con la ayuda de Google Earth Pro y Civil 3D, se logró cuantificar las cantidades de la obra.

Tabla 49*Cantidades del Proyecto*

ITEM	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD
1	PRELIMINARES		
1.1	Movilización e instalación de obra (cerramiento, bodega, servicios)	u	1
1.2	Señalización temporal y plan de manejo de tránsito	u	1
1.3	Replanteo topográfico y nivelación inicial	m2	6000
1.4	Limpieza superficial y retiro de material suelto	m2	6000
2	CONSTRUCCIÓN		
2.1	Conformación / perfilado y escarificación del material existente	m2	6000
2.2	Estabilización in situ con emulsión asfáltica (mezclado + compactación)	m2	6000
2.3	Curado de base estabilizada (sin carga pesada)	m2	6000
2.4	Riego de liga	m2	6000
2.5	Colocación de carpeta asfáltica + compactación (e=5cm)	m2	6000
2.6	Enfriamiento / apertura controlada al tráfico	u	1
3	ACABADOS		
3.1	Señalización horizontal (líneas, pasos cebra)	m2	300
3.2	Señalización vertical + tachas (marcadores retro reflectivos)	u	1
3.3	Limpieza final de obra	m2	60000

5.5 Costo del proyecto

Una vez calculados los precios unitarios y las respectivas cantidades de cada rubro, podemos estimar el costo total del proyecto, obteniendo así un valor de \$248,881.71 dólares americanos.

Tabla 50

Costo total del proyecto

ITEM	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	PRELIMINARES				
1.1	Movilización e instalación de obra (cerramiento, bodega, servicios)	u	1	\$ 407.79	\$ 407.79
1.2	Señalización temporal y plan de manejo de tránsito	u	1	\$ 596.22	\$ 596.22
1.3	Replanteo topográfico y nivelación inicial	m2	6000	\$ 0.77	\$ 4,620.00
1.4	Limpieza superficial y retiro de material suelto	m2	6000	\$ 0.40	\$ 2,400.00
2	CONSTRUCCIÓN				
2.1	Conformación / perfilado y escarificación del material existente	m2	6000	\$ 4.00	\$ 24,000.00
2.2	Estabilización in situ con emulsión asfáltica (mezclado + compactación)	m2	6000	\$ 19.88	\$ 119,280.00
2.3	Curado de base estabilizada (sin carga pesada)	m2	6000	\$ 1.02	\$ 6,120.00
2.4	Riego de liga	m2	6000	\$ 1.71	\$ 10,260.00
2.5	Colocación de carpeta asfáltica + compactación (e=5cm)	m2	6000	\$ 12.55	\$ 75,300.00
2.6	Enfriamiento / apertura controlada al tráfico	u	1	\$ 37.81	\$ 37.81
3	ACABADOS				
3.1	Señalización horizontal (líneas, pasos cebra)	m2	300	\$ 2.88	\$ 864.00
3.2	Señalización vertical + tachas (marcadores retro reflectivos)	u	1	\$ 1,325.26	\$ 1,325.26
3.3	Limpieza final de obra	m2	60000	\$ 0.06	\$ 3,600.00
3.4	Recepción provisional, entrega y desmovilización	u	1	\$ 75.63	\$ 75.63

TOTAL**\$248,886.71**

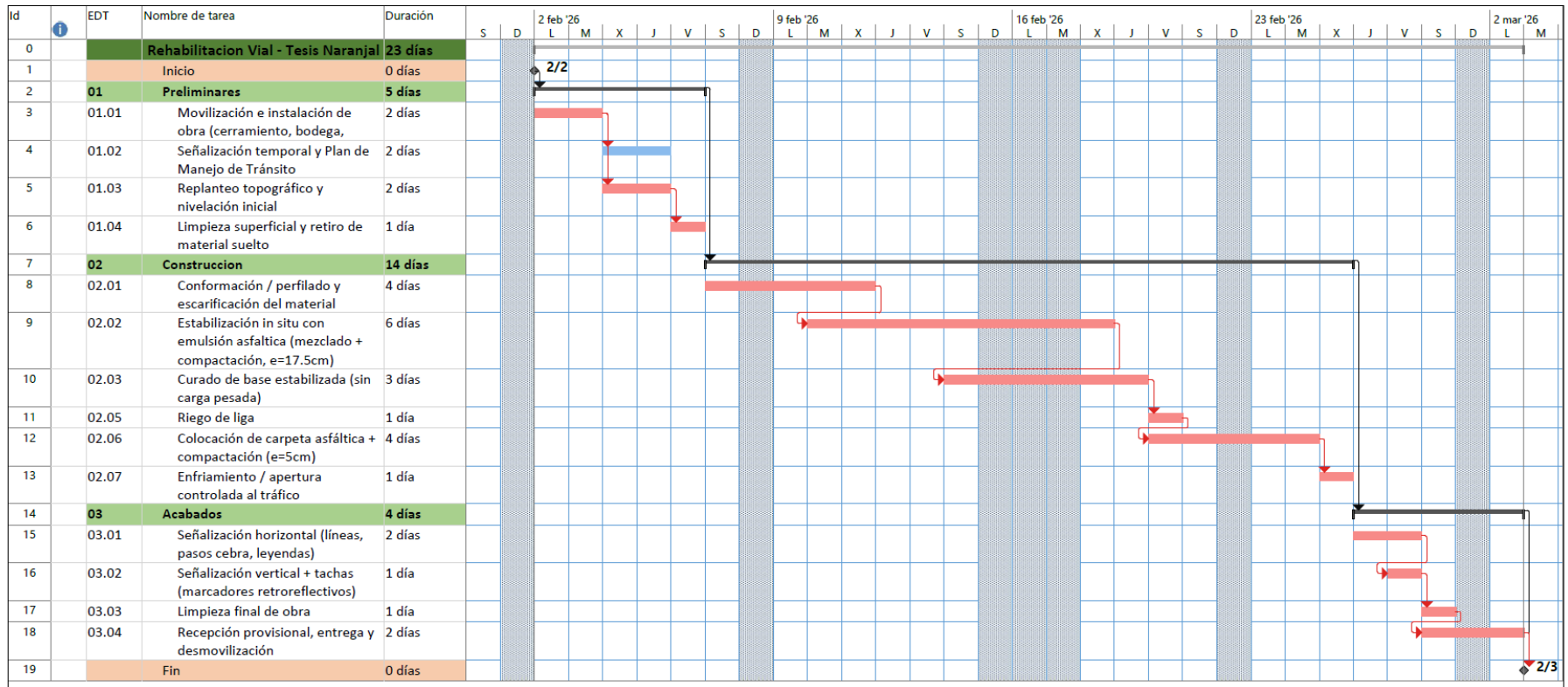
Nota. Fuente: Elaboración propia (2025).

5.6 Cronograma de obra

El cronograma de ejecución del proyecto fue elaborado utilizando el software Microsoft Project, el cual permitió estructurar las actividades, definir sus relaciones de precedencia y estimar la duración total de la obra. La fecha de inicio se estableció para el 3 de febrero de 2025, considerando una jornada laboral de lunes a viernes de 8 horas diarias y sábados de 4 horas. Bajo estas condiciones, el proyecto presenta una duración total de 23 días calendario, distribuidos en las fases de preliminares, construcción y acabados.

Figura 30

Cronograma de obra



Capítulo 6

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

La solución de rehabilitación estructural y funcional propuesta para las vías urbanas seleccionadas de la ciudad de Naranjal se fundamentó en información técnica real de tránsito, caracterización de materiales y criterios normativos vigentes. El diseño se estableció para un periodo de 20 años, conforme a la metodología AASHTO 1993, considerando un Tráfico Promedio Diario Anual de diseño de 1 222 vehículos y una proyección que alcanza 2 721 vehículos al final del periodo de análisis, lo que permitió dimensionar la estructura del pavimento en función de las solicitaciones reales y futuras de la vía.

La caracterización geotécnica evidenció que la subrasante presenta una capacidad portante limitada, con un CBR de 6.67 % y un módulo resiliente aproximado de 7 000 psi, lo que justifica la necesidad de una solución de rehabilitación estructural. Por otro lado, el material granular existente alcanzó un CBR de 47.28 %, asociado a un módulo resiliente de 18 000 psi, demostrando que es técnicamente viable su reutilización mediante estabilización, evitando su reemplazo total y optimizando el uso de los recursos disponibles.

El diseño estructural del pavimento flexible, desarrollado bajo los lineamientos de AASHTO 1993, NEVI y MTOP, permitió determinar un Número Estructural requerido de $SN = 2.80$, considerando un nivel de confiabilidad del 85 %, una pérdida de serviciabilidad de 2.2 y un total acumulado de 315 992 ejes equivalentes durante el periodo de diseño. La estructura propuesta, compuesta por 5.0 cm de carpeta asfáltica, 17.5 cm de base estabilizada con emulsión asfáltica y 57.5 cm de material granular existente, alcanza un Número Estructural efectivo de

4.586, valor superior al requerido, lo que garantiza un desempeño estructural adecuado y una mayor durabilidad del pavimento.

La estabilización de la base con emulsión asfáltica representó un aporte significativo al comportamiento mecánico de la estructura, al incrementarse la rigidez de la capa tratada, adoptándose un coeficiente estructural de $a_2 = 0.20$, equivalente a un módulo resiliente aproximado de 160 000 psi. De manera complementaria, la carpeta asfáltica se diseñó con un coeficiente estructural $a_1 = 0.42$, correspondiente a una mezcla de buena calidad, adecuada para soportar las condiciones de tránsito urbano proyectadas.

Desde el punto de vista ambiental, el análisis mediante la matriz de Leopold evidenció que los impactos negativos del proyecto se concentran principalmente en el aire y el suelo durante la fase de construcción, asociados a la generación de polvo, ruido y emisiones. Sin embargo, estos impactos presentan magnitud baja a media y carácter temporal. El balance global mostró que los impactos positivos, como la mejora de la seguridad vial, la movilidad urbana y el entorno socioeconómico, superan a los impactos negativos, concluyéndose que el proyecto es ambientalmente viable.

En conjunto, los resultados técnicos y ambientales confirman que la solución propuesta cumple con los objetivos de la investigación y constituye una alternativa eficiente, sostenible y adecuada para la rehabilitación de vías urbanas en la ciudad de Naranjal.

6.2 Recomendaciones

Es conveniente que los diseñadores y responsables de proyectos viales urbanos incorporen el uso de materiales estabilizados como una alternativa prioritaria en la rehabilitación de vías de clase III, validando su aporte estructural mediante ensayos de laboratorio y criterios

normativos vigentes. La experiencia desarrollada en este estudio evidencia que la estabilización de la base con emulsión asfáltica ofrece un desempeño adecuado frente a las solicitaciones de tránsito propias de este tipo de vías, sin necesidad de recurrir a soluciones de mayor costo.

Resulta pertinente promover el aprovechamiento del material granular existente siempre que sus características geotécnicas lo permitan, ya que esta práctica reduce de forma significativa los costos asociados a la extracción y transporte de nuevos agregados. Asimismo, esta estrategia facilita una ejecución más eficiente de los proyectos y permite ampliar la cobertura de las intervenciones viales con los mismos recursos económicos.

Desde el enfoque social, es aconsejable priorizar soluciones que mejoren la seguridad vial, la accesibilidad y el confort de los usuarios, especialmente en sectores residenciales y educativos. La aplicación de materiales estabilizados contribuye a obtener superficies de rodadura más uniformes y durables, generando impactos positivos en la movilidad urbana y en la calidad de vida de la población.

En el ámbito ambiental, conviene optar por alternativas de rehabilitación que minimicen la explotación de recursos naturales y reduzcan las emisiones asociadas al transporte de materiales. El uso de estabilización en sitio disminuye la huella ambiental del proyecto y facilita el control de polvo y deterioro superficial durante la vida útil del pavimento, favoreciendo una intervención más sostenible.

Durante la etapa constructiva, es fundamental fortalecer los controles de calidad en campo, especialmente en la dosificación de la emulsión asfáltica, la homogeneidad de la mezcla y los niveles de compactación alcanzados, a fin de garantizar que el comportamiento estructural previsto en el diseño se refleje en el desempeño real del pavimento.

Finalmente, resulta oportuno que futuras investigaciones desarrollen análisis comparativos entre soluciones tradicionales de reconstrucción total y alternativas de rehabilitación con materiales estabilizados, considerando de manera integrada los aspectos técnicos, económicos y ambientales, con el propósito de respaldar decisiones más eficientes en proyectos de vías urbanas de clase III.

Referencias

- AASHTO, G. (1993). Guide for design of pavement structures. *American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC, 1.*
- ASTM D2487-17: Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System), ASTM International (2017).
- Caribe, C. E. para A. L. y el. (2021). *Infraestructura vial y sostenibilidad urbana en América Latina*. CEPAL.
- Censos, I. N. de E. y. (2022). *Proyecciones poblacionales cantonales*. INEC.
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- CEPAL, C. E. (2012). Comisión Económica para América Latina y el Caribe. *Santiago de Chile*.
- Conesa Fernández-Vitoria, V. (2009). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Cota, J., Martínez-Lazcano, C., & Montoya-Alcaraz, M. (2022). Improvement in Durability and Service of Asphalt Pavements through Regionalization Methods: A Case Study in Baja California, Mexico. *Sustainability*, 14(9), 5123. <https://doi.org/10.3390/su141610033>
- De Figueiredo, A., & dos Santos, R. (2022). Decision-Making Algorithms Applied to Urban Pavement Management Systems. *Journal of Pavement Engineering*.
- Garber, N. J., Hoel, L. A., & Sarkar, R. (2009). *Traffic and highway engineering*.
- Giler, S. B. F.-D. V., & Mogrovejo-Carrasco, D. E. (2023). Evaluación funcional del pavimento flexible en la red vial rural de Portoviejo, Ecuador. *REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA ARBITRADA YACHASUN-ISSN: 2697-3456*, 7(13), 212–235.
- Glasson, J., & Therivel, R. (2013). *Introduction to environmental impact assessment*. Routledge.

- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Naranjal. (2024). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Naranjal 2024*.
- Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. (2021). *Boletín técnico de monitoreo geofísico del Ecuador*.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2021). *Anuario meteorológico de la provincia del Guayas*.
- Lee, B. X., Kjaerulf, F., Turner, S., Cohen, L., Donnelly, P. D., Muggah, R., Davis, R., Realini, A., Kieselbach, B., & MacGregor, L. S. (2016). Transforming our world: implementing the 2030 agenda through sustainable development goal indicators. *Journal of public health policy, 37*(Suppl 1), 13–31.
- Leopold, L., Clarke, F. E., Hanshaw, B., Balsley, J., & Survey, U. S. G. (1971). A procedure for evaluating environmental impact. En *Circular*. <https://doi.org/10.3133/cir645>
- Little, D. N., & Nair, S. (2009). *Recommended Practice for Stabilization of Subgrade Soils and Base Materials*. CRC Press.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2013). *NEVI-12: Norma Ecuatoriana Vial*.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). (2005). Ministerio del Ambiente. *Recuperado de: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>*.
- Moreno-Ponce, L. A., Carvajal-Rivadeneira, D. D., Solórzano-Villegas, L. E., & Plúa-Ponce, A. M. (2025). Diagnosis of Urban Pavement Failures Using the PCI Method: The Case of Eloy Alfaro Street in Jipijapa. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación. ISSN: 2737-6249.*, 8(16), 222–242.

Mundial, G. B. (2022a). Hoja de ruta para la acción climática en américa latina y el caribe.

Grupo Banco Mundial, Washington DC.

Mundial, G. B. (2022b). Hoja de ruta para la acción climática en américa latina y el caribe.

Grupo Banco Mundial, Washington DC.

Plata Rangel, Á. M., Holguín Aguirre, M. T., Saéñz Zapata, O., & Callejas Restrepo, M. M.

(2022). Agenda 2030 y Objetivos de Desarrollo Sostenible: aportes de las instituciones de educación superior en la dimensión ambiental. *Educación y Educadores*, 25(2), 1–22.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83475414003>

Plati, C., & Tsakoumaki, E. (2023a). Life Cycle Assessment of Alternative Pavement

Rehabilitation Solutions: A Case Study. *Sustainability*, 15(13), 9947.

<https://doi.org/10.3390/su15139947>

Plati, C., & Tsakoumaki, M. (2023b). Life cycle assessment (LCA) of alternative pavement

rehabilitation solutions: a case study. *Sustainability*, 15(3), 2129.

Ubani, O. U., Ngezahayo, E., Nwaiwu, C. M. O., & Nwakaire, C. M. (2025). Strength

development and durability of cement-stabilized tropical clay–quarry dust mixtures for pavement construction. *Sustainability*, 17(19), 8825.

White, D. J., Becker, P., Vennapusa, P. K. R., Dunn, M. J., & White, C. I. (2013). Assessing soil

stiffness of stabilized pavement foundations. *Transportation research record*, 2335(1), 99–

109.

World Health Organization. (2018). *Ambient (outdoor) air pollution*. World Health Organization.

7 PLANOS Y ANEXOS

7.1 Anexo 1 - TPDA

13-nov						
Hora	Intervalos	Tipos de vehículos				
		Motos	Livianos	Buses	2DB	
10:00 - 11:00	10:00 - 10:15	22	21	1	1	45
	10:15 - 10:30	20	19	0	0	39
	10:30 - 10:45	21	20	1	0	42
	10:45 - 11:00	22	22	0	1	45
11:00 - 12:00	11:00 - 11:15	34	24	1	2	61
	11:15 - 11:30	20	21	0	0	41
	11:30 - 11:45	46	40	3	0	89
	11:45 - 12:00	48	42	2	0	92
12:00 - 13:00	12:00 - 12:15	45	50	2	1	98
	12:15 - 12:30	52	46	3	2	103
	12:30 - 12:45	27	33	0	0	60
	12:45 - 13:00	18	22	0	0	40
13:00 - 14:00	13:00 - 13:15	21	19	1	0	41
	13:15 - 13:30	24	15	0	1	40
	13:30 - 13:45	15	10	1	1	27
	13:45 - 14:00	19	21	0	0	40
14:00 - 15:00	14:00 - 14:15	28	24	0	2	54
	14:15 - 14:30	21	19	0	0	40
	14:30 - 14:45	25	26	0	1	52
	14:45 - 15:00	23	22	0	0	45
15:00 - 16:00	15:00 - 15:15	23	22	1	1	47
	15:15 - 15:30	24	23	1	1	49
	15:30 - 15:45	22	21	0	1	44
	15:45 - 16:00	23	24	1	0	48
16:00 - 17:00	16:00 - 16:15	30	28	1	1	60
	16:15 - 16:30	32	30	1	1	64
	16:30 - 16:45	31	29	1	1	62
	16:45 - 17:00	32	29	1	1	63
17:00 - 18:00	17:00 - 17:15	36	33	1	1	71
	17:15 - 17:30	38	35	1	1	75
	17:30 - 17:45	42	39	2	1	84
	17:45 - 18:00	44	41	1	1	87
Total		928	870	27	23	1848

14-nov						
Hora	Intervalos	Tipos de vehículos				
		Motos	Livianos	Buses	2DB	
10:00 – 11:00	10:00 – 10:15	18	16	0	0	34
	10:15 – 10:30	21	18	0	0	39
	10:30 – 10:45	24	22	1	0	47
	10:45 – 11:00	26	25	0	1	52
11:00 – 12:00	11:00 – 11:15	30	26	1	0	57
	11:15 – 11:30	34	30	0	0	64
	11:30 – 11:45	52	45	2	0	99
	11:45 – 12:00	58	50	2	1	111
12:00 – 13:00	12:00 – 12:15	55	54	2	1	112
	12:15 – 12:30	60	52	3	2	117
	12:30 – 12:45	36	34	1	0	71
	12:45 – 13:00	25	26	0	0	51
13:00 – 14:00	13:00 – 13:15	22	20	1	0	43
	13:15 – 13:30	24	18	0	1	43
	13:30 – 13:45	20	16	0	0	36
	13:45 – 14:00	18	15	0	0	33
14:00 – 15:00	14:00 – 14:15	26	23	0	1	50
	14:15 – 14:30	24	22	0	0	46
	14:30 – 14:45	27	25	0	1	53
	14:45 – 15:00	25	24	0	0	49
15:00 – 16:00	15:00 – 15:15	24	22	1	1	48
	15:15 – 15:30	25	23	1	0	49
	15:30 – 15:45	23	21	0	1	45
	15:45 – 16:00	24	24	1	0	49
16:00 – 17:00	16:00 – 16:15	32	30	1	1	64
	16:15 – 16:30	34	32	1	1	68
	16:30 – 16:45	33	31	1	1	66
	16:45 – 17:00	35	32	1	1	69
17:00 – 18:00	17:00 – 17:15	38	35	1	1	75
	17:15 – 17:30	40	37	1	1	79
	17:30 – 17:45	45	42	2	1	90
	17:45 – 18:00	47	44	1	1	93
Total		1025	934	25	18	2002

15-nov						
Hora	Intervalos	Tipos de vehículos				
		Motos	Livianos	Buses	2DB	
10:00 – 11:00	10:00 – 10:15	18	16	0	0	34
	10:15 – 10:30	19	17	0	0	36
	10:30 – 10:45	20	18	0	0	38
	10:45 – 11:00	21	19	0	0	40
11:00 – 12:00	11:00 – 11:15	22	20	0	0	42
	11:15 – 11:30	25	22	0	0	47
	11:30 – 11:45	28	25	1	0	54
	11:45 – 12:00	30	28	0	1	59
12:00 – 13:00	12:00 – 12:15	34	32	1	0	67
	12:15 – 12:30	36	34	1	1	72
	12:30 – 12:45	33	31	0	0	64
	12:45 – 13:00	30	29	0	0	59
13:00 – 14:00	13:00 – 13:15	28	27	0	1	56
	13:15 – 13:30	27	26	0	0	53
	13:30 – 13:45	26	24	0	0	50
	13:45 – 14:00	24	22	0	0	46
14:00 – 15:00	14:00 – 14:15	23	20	1	1	45
	14:15 – 14:30	22	19	0	0	41
	14:30 – 14:45	21	18	0	0	39
	14:45 – 15:00	20	17	0	0	37
15:00 – 16:00	15:00 – 15:15	20	18	0	0	38
	15:15 – 15:30	19	17	1	0	37
	15:30 – 15:45	18	16	0	0	34
	15:45 – 16:00	18	16	0	1	35
16:00 – 17:00	16:00 – 16:15	17	15	0	0	32
	16:15 – 16:30	17	15	0	0	32
	16:30 – 16:45	16	14	0	1	31
	16:45 – 17:00	16	14	0	0	30
17:00 – 18:00	17:00 – 17:15	15	13	1	0	29
	17:15 – 17:30	15	13	0	0	28
	17:30 – 17:45	14	12	0	0	26
	17:45 – 18:00	14	12	0	0	26
Total		706	639	6	6	1357

16-nov						
Hora	Intervalos	Tipos de vehículos				
		Motos	Livianos	Buses	2DB	
10:00 – 11:00	10:00 – 10:15	13	11	0	0	24
	10:15 – 10:30	14	12	0	0	26
	10:30 – 10:45	15	13	0	0	28
	10:45 – 11:00	16	14	0	1	31
11:00 – 12:00	11:00 – 11:15	16	14	0	0	30
	11:15 – 11:30	18	15	0	0	33
	11:30 – 11:45	20	17	0	0	37
	11:45 – 12:00	22	18	0	0	40
12:00 – 13:00	12:00 – 12:15	24	20	1	0	45
	12:15 – 12:30	26	22	0	1	49
	12:30 – 12:45	24	21	0	0	45
	12:45 – 13:00	22	19	0	0	41
13:00 – 14:00	13:00 – 13:15	20	18	0	0	38
	13:15 – 13:30	19	17	0	0	36
	13:30 – 13:45	18	16	0	0	34
	13:45 – 14:00	17	15	0	0	32
14:00 – 15:00	14:00 – 14:15	16	14	0	0	30
	14:15 – 14:30	15	13	0	0	28
	14:30 – 14:45	14	12	1	0	27
	14:45 – 15:00	13	11	0	0	24
15:00 – 16:00	15:00 – 15:15	13	11	0	0	24
	15:15 – 15:30	14	12	0	0	26
	15:30 – 15:45	13	11	1	0	25
	15:45 – 16:00	13	11	0	2	26
16:00 – 17:00	16:00 – 16:15	12	10	0	0	22
	16:15 – 16:30	12	10	0	0	22
	16:30 – 16:45	11	9	0	1	21
	16:45 – 17:00	11	9	0	0	20
17:00 – 18:00	17:00 – 17:15	10	8	0	0	18
	17:15 – 17:30	10	8	0	0	18
	17:30 – 17:45	9	7	0	0	16
	17:45 – 18:00	9	7	0	0	16
Total		499	425	3	5	932

17-nov						
Hora	Intervalos	Tipos de vehículos				
		Motos	Livianos	Buses	2DB	
10:00 – 11:00	10:00 – 10:15	26	23	1	0	50
	10:15 – 10:30	28	25	1	0	54
	10:30 – 10:45	30	26	1	0	57
	10:45 – 11:00	31	27	1	0	59
11:00 – 12:00	11:00 – 11:15	32	28	1	0	61
	11:15 – 11:30	36	32	1	0	69
	11:30 – 11:45	50	44	2	1	97
	11:45 – 12:00	56	48	2	1	107
12:00 – 13:00	12:00 – 12:15	58	52	3	1	114
	12:15 – 12:30	60	55	3	2	120
	12:30 – 12:45	42	38	1	0	81
	12:45 – 13:00	34	30	1	0	65
13:00 – 14:00	13:00 – 13:15	28	26	1	1	56
	13:15 – 13:30	26	24	0	0	50
	13:30 – 13:45	24	22	0	0	46
	13:45 – 14:00	22	20	0	0	42
14:00 – 15:00	14:00 – 14:15	25	22	0	1	48
	14:15 – 14:30	23	21	0	0	44
	14:30 – 14:45	22	20	0	0	42
	14:45 – 15:00	21	19	0	0	40
15:00 – 16:00	15:00 – 15:15	24	22	1	0	47
	15:15 – 15:30	26	24	1	0	51
	15:30 – 15:45	25	23	0	0	48
	15:45 – 16:00	26	24	1	0	51
16:00 – 17:00	16:00 – 16:15	30	28	1	0	59
	16:15 – 16:30	32	30	1	0	63
	16:30 – 16:45	34	31	1	0	66
	16:45 – 17:00	35	32	1	0	68
17:00 – 18:00	17:00 – 17:15	38	35	1	0	74
	17:15 – 17:30	40	37	1	0	78
	17:30 – 17:45	44	41	2	1	88
	17:45 – 18:00	46	43	1	1	91
Total		1074	972	31	9	2086

7.2 Anexo 2 - APUS

Obra	Rehabilitación vial con estabilización y pavimentación asfáltica de calles urbanas en la ciudad de Naranjal.			Fecha	15/1/2025	
Item	1.1	Rubro	Movilización e instalación de obra (cerramiento, bodega, servicios)	Unidad	u	
EQUIPOS						
Descripción		Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Herramienta menor (5% M.O.)		5%MO		0.00		3.078
Subtotal						3.08
MANO DE OBRA						
Descripción		Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Maestro de obra		1.00	4.64	4.64	2.00000	9.28
Albañil		1.00	4.39	4.39	4.00000	17.56
Peón		1.00	4.34	4.34	8.00000	34.72
Subtotal						61.56
MATERIALES						
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo	
Cinta de señalización "PELIGRO"		m	220.00	0.40	88.00	
Estaca de madera para cerramiento (1.50 m)		u	40.00	3.50	140.00	
Alambre recocido #18		kg	3.00	2.80	8.40	
Bridas plásticas negras 8", paquete 100 u		pqt	1.00	2.50	2.50	
Lona impermeable 4 x 6 m		u	1.00	35.00	35.00	
Cuerda nylon 6 mm, rollo 50 m		rollo	1.00	10.00	10.00	
Subtotal						283.90
TRANSPORTE						
Descripción		Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
Subtotal						0.00
				Total Costo Directo		348.54
				Indirectos-Utilidad-Imprevisto (17%)		59.25146
				Costo Total del Rubro		407.79
Este precio no incluye IVA						

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO						
Obra	Rehabilitación vial con estabilización y pavimentación asfáltica de calles urbanas en la ciudad de Naranjal.				Fecha	15/1/2025
Item	1.2	Rubro	Señalización temporal y plan de manejo de tránsito		Unidad	u
EQUIPOS						
Descripción		Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Herramienta menor (5% M.O.)		5%MO		0.00		2.7425
Subtotal						2.74
MANO DE OBRA						
Descripción		Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Maestro de obra		1.00	4.64	4.64	1.50000	6.96
Albañil		1.00	4.39	4.39	3.00000	13.17
Peón		1.00	4.34	4.34	8.00000	34.72
Subtotal						54.85
MATERIALES						
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo	
Cono vial de PVC		u	20.00	12.00	240.00	
Señal portátil "HOMBRES TRABAJANDO"		u	2.00	45.00	90.00	
Señal portátil "DESVÍO"		u	2.00	45.00	90.00	
Chaleco reflectivo de seguridad		u	4.00	8.00	32.00	
Subtotal						452.00
TRANSPORTE						
Descripción		Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
Subtotal						0.00
Total Costo Directo						509.59
Indirectos-Utilidad-Imprevisto (17%)						86.63
Costo Total del Rubro						596.22
Este precio no incluye IVA						

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO					
Obra	Rehabilitación vial con estabilización y pavimentación asfáltica de calles urbanas en la ciudad de Naranjal.			Fecha	15/1/2025
Item	1.3	Rubro	Replanteo topográfico y nivelación inicial	Unidad	m2
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Herramienta menor (5% M.O.)	5%MO		0.00		0.03
Equipo topográfico	1.00	2.50	2.50	0.03700	0.09
Subtotal					0.12
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Topógrafo	1.00	4.87	4.87	0.03700	0.18
Cadenero	1.00	4.39	4.39	0.03700	0.16
Peón	1.00	4.34	4.34	0.04000	0.17
Subtotal					0.52
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo	
Estaca de madera 0.60 m	u	0.03300	0.60	0.02	
Cal	kg	0.00800	0.50	0.00	
Clavos de acero 2"	kg	0.00017	3.00	0.00	
Subtotal					0.02
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
Subtotal					0.00
Total Costo Directo					0.6588
Indirectos-Utilidad-Imprevisto (17%)					0.1120
Costo Total del Rubro					0.77
Este precio no incluye IVA					

Item	1.4	Rubro	Limpieza superficial y retiro de material suelto			Unidad	m2
EQUIPOS							
Descripción		Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo	
Herramienta menor (5% M.O.)		5%MO		0.00		0.02	
Subtotal						0.02	
MANO DE OBRA							
Descripción		Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo	
Albañil		1.00	4.39	4.39	0.03500	0.15	
Peón		1.00	4.34	4.34	0.04000	0.17	
Subtotal						0.33	
MATERIALES							
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo		
Sacos plásticos para desechos		u	0.01	0.25	0.0013		
Subtotal						0.0013	
TRANSPORTE							
Descripción		Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo		
Subtotal						0.00	
Total Costo Directo					0.3449		
Indirectos-Utilidad-Imprevisto (17%)					0.0586		
Costo Total del Rubro					0.40		
Este precio no incluye IVA							

Obra	Rehabilitación vial con estabilización y pavimentación asfáltica de calles urbanas en la ciudad de Naranjal.			Fecha	15/1/2025	
Item	2.1	Rubro	Conformación / perfilado y escarificación del material existente	Unidad	m2	
EQUIPOS						
Descripción		Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Herramienta menor (5% M.O.)		5%MO		0.00		0.0258
Motoniveladora		1.00	65.17	65.17	0.03500	2.2810
Tanquero 8TN		1.00	30.00	30.00	0.02000	0.6000
Subtotal						2.9068
MANO DE OBRA						
Descripción		Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Operador de motoniveladora		1.00	4.87	4.87	0.03500	0.1705
Albañil		1.00	4.39	4.39	0.02000	0.0878
Peón		1.00	4.34	4.34	0.03000	0.1302
Chofer: tanquero		1.00	6.38	6.38	0.02000	0.1276
Subtotal						0.5161
MATERIALES						
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo	
					0.0000	
Subtotal						0.0000
TRANSPORTE						
Descripción		Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
Subtotal						0.0000
Total Costo Directo						3.4228
Indirectos-Utilidad-Imprevisto (17%)						0.5819
Costo Total del Rubro						4.00
Este precio no incluye IVA						

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO					
Obra	Rehabilitación vial con estabilización y pavimentación asfáltica de calles urbanas en la ciudad de Naranjal.			Fecha	15/1/2025
Item	2.2	Rubro	Estabilización in situ con emulsión asfáltica	Unidad	m2
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Herramienta menor (5% M.O.)	5%MO		0.00		0.0565
Motoniveladora 135HP	1.00	65.17	65.17	0.03500	2.2810
Tanquero 8TN	1.00	30.00	30.00	0.02500	0.7500
Rodillo vibratorio liso 142HP	1.00	42.06	42.06	0.03000	1.2618
Rodillo neumático 96HP	1.00	48.00	48.00	0.03000	1.4400
Subtotal					5.7892
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Operador de motoniveladora	1.00	4.87	4.87	0.03500	0.1705
Operador rodillo autopropulsado	2.00	4.64	9.28	0.03000	0.2784
Peón	4.00	4.34	17.36	0.03000	0.5208
Chofer: tanquero	1.00	6.38	6.38	0.02500	0.1595
Subtotal					1.1292
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo	
Emulsión asfáltica	Lt	19.00	0.53	10.0700	
Subtotal					10.0700
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
Subtotal					0.0000
Total Costo Directo					16.9884
Indirectos-Utilidad-Imprevisto (17%)					2.8880
Costo Total del Rubro					19.88
Este precio no incluye IVA					

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO						
Obra	Rehabilitación vial con estabilización y pavimentación asfáltica de calles urbanas en la ciudad de Naranjal.				Fecha	15/1/2025
Item	2.3	Rubro	Curado de base estabilizada (sin carga pesada)	Unidad	m2	
EQUIPOS						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo	
Herramienta menor (5% M.O.)	5%MO		0.00		0.0129	
Tanquero 8TN	1.00	30.00	30.00	0.02000	0.6000	
Subtotal					0.6129	
MANO DE OBRA						
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo	
Chofer: tanquero	1.00	6.38	6.38	0.02000	0.1276	
Peón	2.00	4.34	8.68	0.01500	0.1302	
Subtotal					0.2578	
MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo		
				0.0000		
Subtotal					0.0000	
TRANSPORTE						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo		
Subtotal					0.0000	
				Total Costo Directo		
				0.8707		
				Indirectos-Utilidad-Imprevisto (17%)		
				0.1480		
				Costo Total del Rubro		
				1.02		
Este precio no incluye IVA						

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO					
Obra	Rehabilitación vial con estabilización y pavimentación asfáltica de calles urbanas en la ciudad de Naranjal.			Fecha	15/1/2025
Item	2.4	Rubro	Riego de liga	Unidad	m2
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Herramienta menor (5% M.O.)	5%MO		0.00		0.0129
Tanquero 8TN	1.00	30.00	30.00	0.02000	0.6000
Subtotal					0.6129
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Chofer: tanquero	1.00	6.38	6.38	0.02000	0.1276
Peón	2.00	4.34	8.68	0.01500	0.1302
Subtotal					0.2578
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo	
Asfalto diluido RC-250	L	0.70	0.85	0.5950	
Subtotal					0.5950
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
Subtotal					0.0000
Total Costo Directo					1.4657
Indirectos-Utilidad-Imprevisto (17%)					0.2492
Costo Total del Rubro					1.71
Este precio no incluye IVA					

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO					
Obra	Rehabilitación vial con estabilización y pavimentación asfáltica de calles urbanas en la ciudad de Naranjal.			Fecha	15/1/2025
Item	2.5	Rubro	Colocación de carpeta asfáltica + compactación	Unidad	m2
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Herramienta menor (5% M.O.)	5%MO		0.00		0.0481
Rodillo de tandem 119HP	1.00	45.00	45.00	0.03000	1.3500
Rodillo neumático 96HP	1.00	48.00	48.00	0.03000	1.4400
Finisher	1.00	55.00	55.00	0.03500	1.9250
Subtotal					4.7631
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Operador rodillo autopropulsado	2.00	4.64	9.28	0.03000	0.2784
Operador acabadora de pavimento asfáltico	1.00	4.64	4.64	0.03500	0.1624
Peón	4.00	4.34	17.36	0.03000	0.5208
Subtotal					0.9616
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo	
Hormigón asfáltico	m3	0.05	100.00	5.0000	
Subtotal					5.0000
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
Subtotal					0.0000
Total Costo Directo					10.7247
Indirectos-Utilidad-Imprevisto (17%)					1.8232
Costo Total del Rubro					12.55
Este precio no incluye IVA					

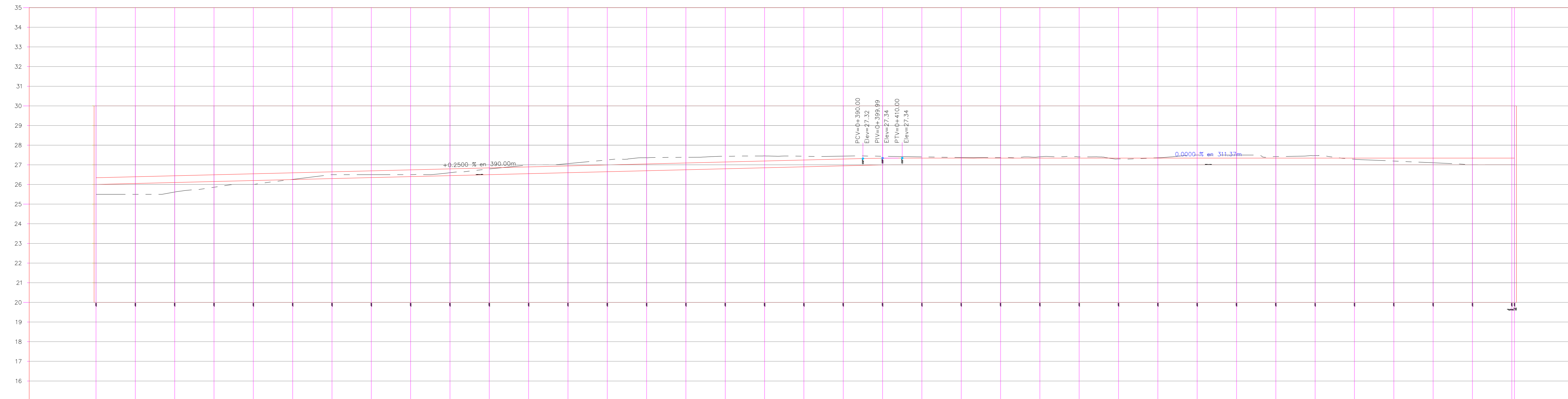
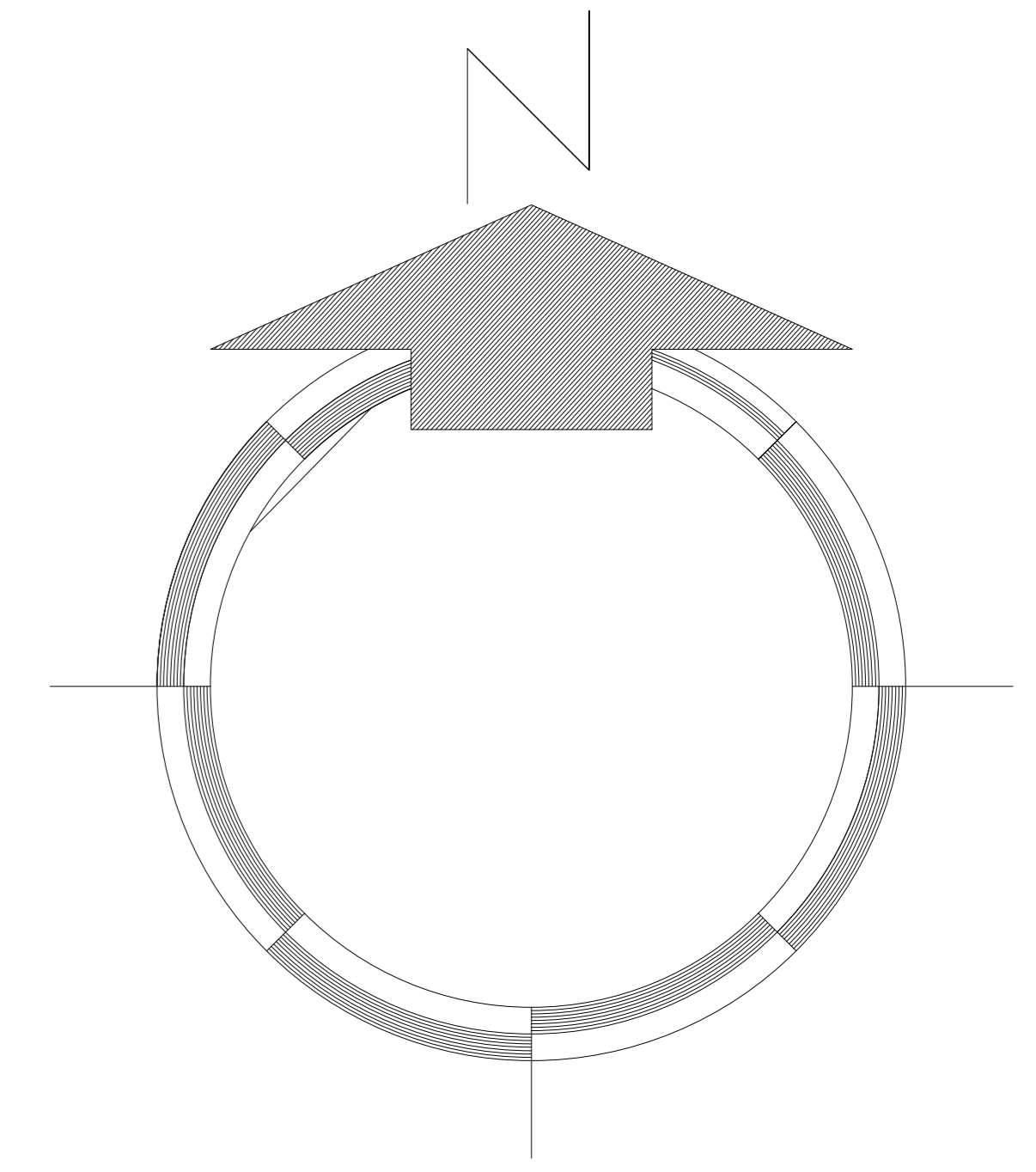
ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO						
Obra	Rehabilitación vial con estabilización y pavimentación asfáltica de calles urbanas en la ciudad de Naranjal.				Fecha	15/1/2025
Item	2.6	Rubro	Enfriamiento / apertura controlada al tráfico	Unidad	u	
EQUIPOS						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo	
Herramienta menor (5% M.O.)	5%MO		0.00		1.5390	
Subtotal					1.5390	
MANO DE OBRA						
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo	
Maestro de obra	1.00	4.64	4.64	1.00000	4.6400	
Albañil	1.00	4.39	4.39	2.00000	8.7800	
Peón	1.00	4.34	4.34	4.00000	17.3600	
Subtotal					30.7800	
MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo		
				0.0000		
Subtotal					0.0000	
TRANSPORTE						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo		
Subtotal					0.0000	
					Total Costo Directo	
					32.3190	
					Indirectos-Utilidad-Imprevisto (17%)	
					5.4942	
					Costo Total del Rubro	
					37.81	
Este precio no incluye IVA						

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO						
Obra	Rehabilitación vial con estabilización y pavimentación asfáltica de calles urbanas en la ciudad de Naranjal.				Fecha	15/1/2025
Item	3.1	Rubro	Señalización horizontal (lineas, pasos cebra)		Unidad	m2
EQUIPOS						
Descripción		Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Herramienta menor (5% M.O.)		5%MO		0.00		0.0717
Subtotal						0.0717
MANO DE OBRA						
Descripción		Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Albañil		1.00	4.39	4.39	0.03000	0.1317
Peón		10.00	4.34	43.40	0.03000	1.3020
Subtotal						1.4337
MATERIALES						
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo	
Pintura acrílica para señalización vial color blanco		L	0.12	3.50	0.4200	
Microesferas de vidrio reflectivas		kg	0.30	1.80	0.5400	
Subtotal						0.9600
TRANSPORTE						
Descripción		Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
Subtotal						0.0000
					Total Costo Directo	2.4654
					Indirectos-Utilidad-Imprevisto (17%)	0.4191
					Costo Total del Rubro	2.88
Este precio no incluye IVA						

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO						
Obra	Rehabilitación vial con estabilización y pavimentación asfáltica de calles urbanas en la ciudad de Naranjal.				Fecha	15/1/2025
Item	3.3	Rubro	Limpieza final de obra	Unidad	m2	
EQUIPOS						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo	
Herramienta menor (5% M.O.)	5%MO		0.00		0.0026	
Subtotal					0.0026	
MANO DE OBRA						
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo	
Albañil	1.00	4.39	4.39	0.00400	0.0176	
Peón	2.00	4.34	8.68	0.00400	0.0347	
Subtotal					0.0523	
MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo		
Sacos industriales para residuos	u	0.0005	0.25	0.0001		
Subtotal					0.0001	
TRANSPORTE						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo		
Subtotal					0.0000	
					Total Costo Directo	
					0.0550	
					Indirectos-Utilidad-Imprevisto (17%)	
					0.0094	
					Costo Total del Rubro	
					0.06	
Este precio no incluye IVA						

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO					
Obra	Rehabilitación vial con estabilización y pavimentación asfáltica de calles urbanas en la ciudad de Naranjal.			Fecha	15/1/2025
Item	3.4	Rubro	Recepción provisional, entrega y desmovilización	Unidad	u
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Herramienta menor (5% M.O.)	5%MO		0.00		3.0780
Subtotal					3.0780
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
Maestro de obra	1.00	4.64	4.64	2.00000	9.2800
Albañil	1.00	4.39	4.39	4.00000	17.5600
Peón	1.00	4.34	4.34	8.00000	34.7200
Subtotal					61.5600
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo	
				0.0000	
Subtotal					0.0000
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
Subtotal					0.0000
				Total Costo Directo	
				64.6380	
				Indirectos-Utilidad-Imprevisto (17%)	
				10.9885	
				Costo Total del Rubro	
				75.63	
Este precio no incluye IVA					

7.3 Anexo 3 Planos



ESTACION	ESPEJOR		VOLUMEN		ORDENADAS DE LA CURVA MASA	TIPO DE MATERIAL	FACTOR DE ABUNDAMIENTO	FACTOR DE COMPACTACION
	TERRAPLEN	CORTE	TERRAPLEN	CORTE				
0+000.00	26.50	26.54	0.84	0.00	10.000			
0+020.00	26.50	26.59	0.89	0.00	119.31	9.881		
0+040.00	26.52	26.44	0.83	0.00	117.46	9.763		
0+060.00	26.56	26.49	0.64	0.00	97.02	9.666		
0+080.00	26.00	26.54	0.54	0.00	76.36	9.595		
0+100.00	26.26	26.59	0.33	0.00	53.85	9.556		
0+120.00	26.50	26.64	0.14	0.00	27.45	9.509		
0+140.00	26.50	26.69	0.19	0.00	20.79	9.488		
0+160.00	26.50	26.74	0.24	0.00	27.18	9.461		
0+180.00	26.60	26.79	0.19	0.00	27.40	9.433		
0+200.00	26.79	26.84	0.05	0.51	1.584	9.420		
0+220.00	26.99	26.89	0.10	6.90	1.64	9.425		
0+240.00	27.06	26.94	0.12	13.09	0.00	9.438		
0+260.00	27.29	26.99	0.25	22.35	0.00	9.461		
0+280.00	27.26	27.04	0.31	32.66	0.00	9.493		
0+300.00	27.26	27.09	0.29	35.47	0.00	9.526		
0+320.00	27.44	27.14	0.29	31.84	0.00	9.558		
0+340.00	27.46	27.19	0.26	36.81	0.00	9.588		
0+360.00	27.44	27.24	0.19	24.76	0.00	9.613		
0+380.00	27.44	27.29	0.15	18.03	0.00	9.631		
0+400.00	27.44	27.34	0.10	13.53	0.00	9.644		
0+420.00	27.40	27.34	0.06	7.34	0.00	9.651		
0+440.00	27.37	27.34	0.03	3.11	0.08	9.654		
0+460.00	27.26	27.34	0.02	0.92	0.40	9.655		
0+480.00	27.41	27.34	0.07	3.22	0.32	9.657		
0+500.00	27.40	27.34	0.06	4.18	0.32	9.661		
0+520.00	27.30	27.34	0.04	1.27	5.83	9.657		
0+540.00	27.26	27.34	0.01	0.06	7.41	9.649		
0+560.00	27.50	27.34	0.16	9.23	1.90	9.657		
0+580.00	27.50	27.34	0.16	17.68	0.00	9.674		
0+600.00	27.42	27.34	0.08	10.74	0.01	9.685		
0+620.00	27.47	27.34	0.13	6.43	0.01	9.692		
0+640.00	27.28	27.34	0.06	4.19	4.46	9.691		
0+660.00	27.19	27.34	0.15	0.00	14.97	9.676		
0+680.00	27.10	27.34	0.24	0.00	26.73	9.650		
0+700.00	27.00	27.34	0.34	0.00	36.00	9.612		
0+720.00	27.00	27.34	0.34	0.00	43.07	9.568		

0+000 AL 0+721.37
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
 ESCALA VERTICAL 1 : 100
 TOTAL VOLUMEN CORTE = 294.34m³
 TOTAL VOLUMEN TERRAPLEN = - 729.17m³

ALTIMETRIA
 ESC: 1_1

UBICACION

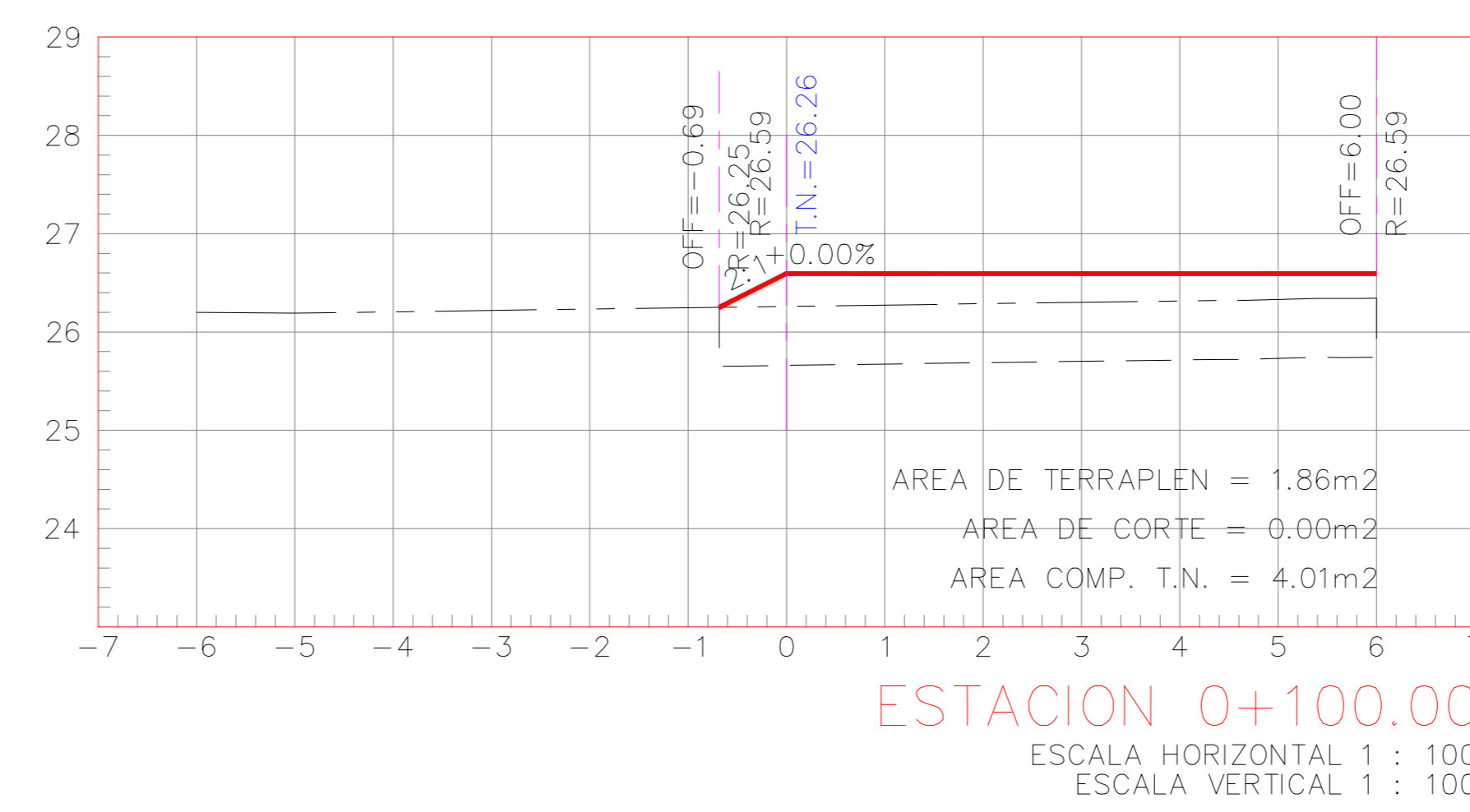
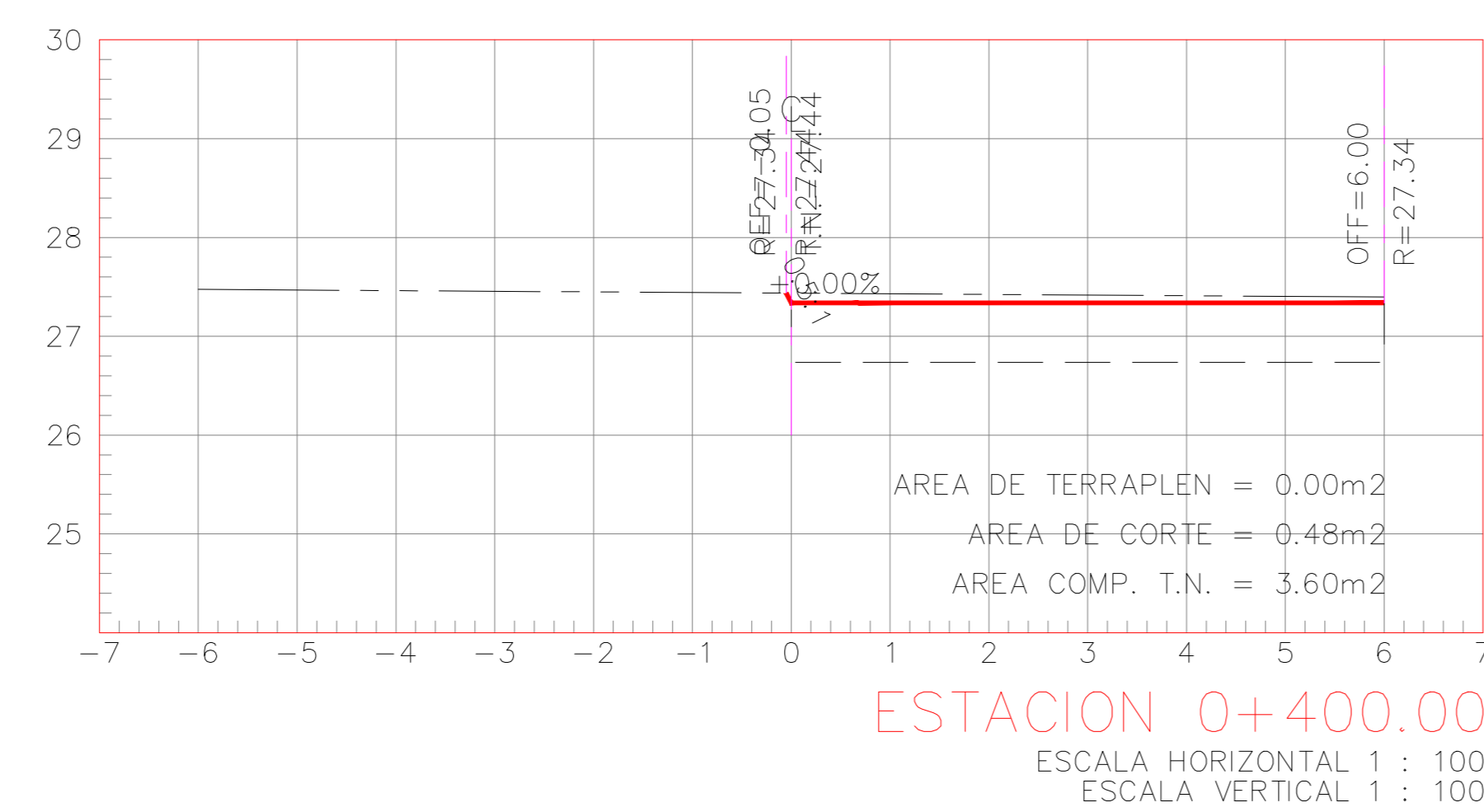
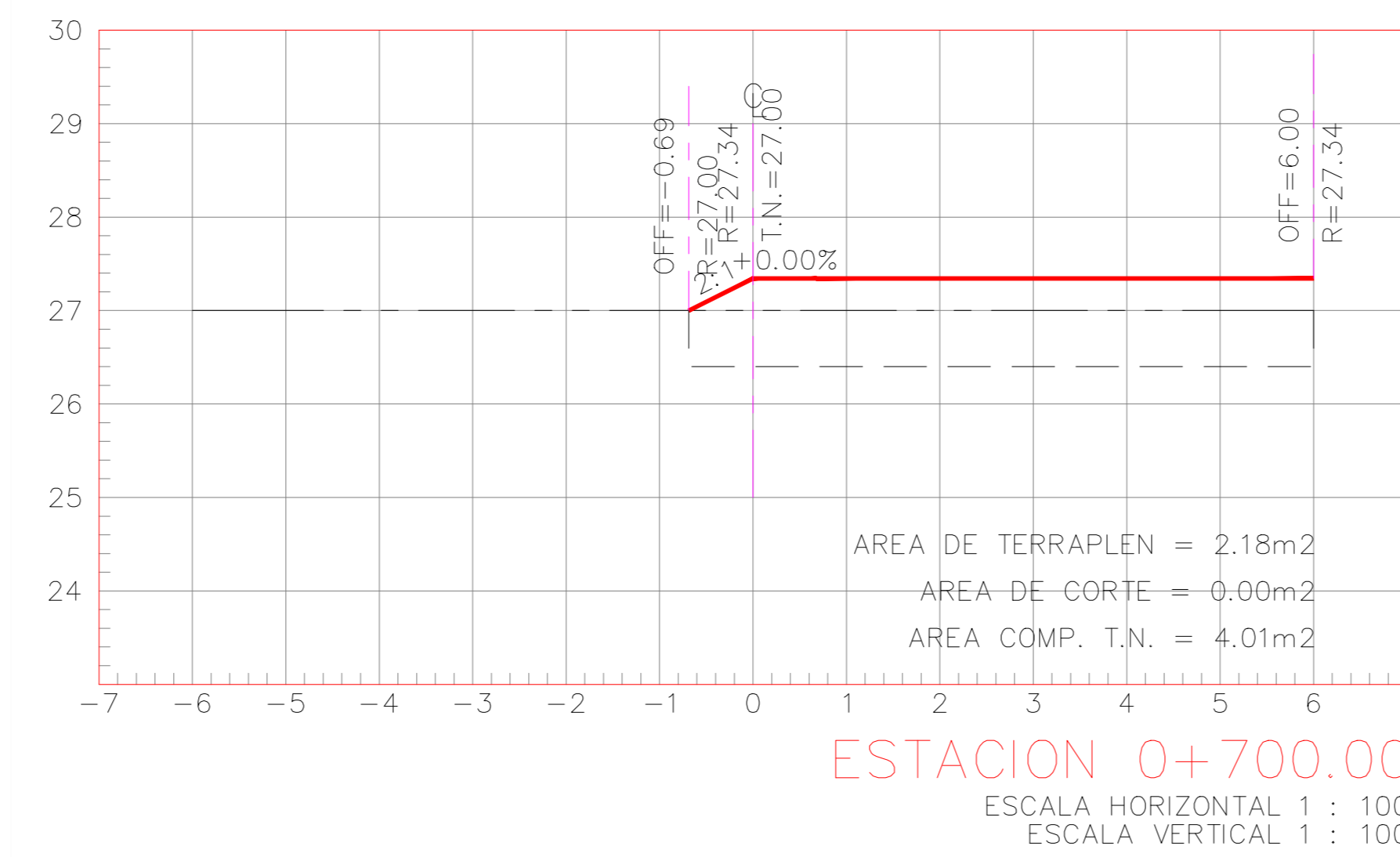
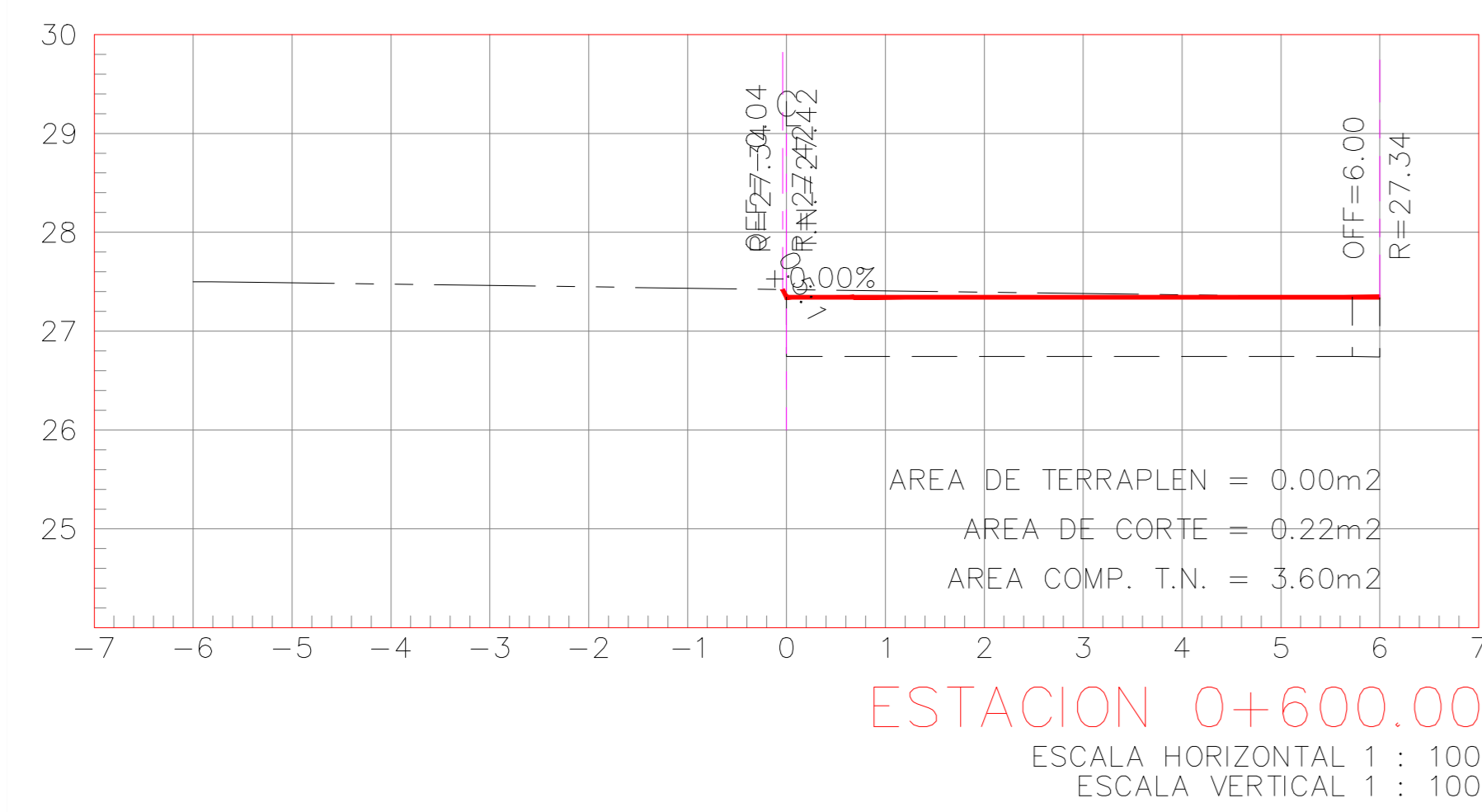
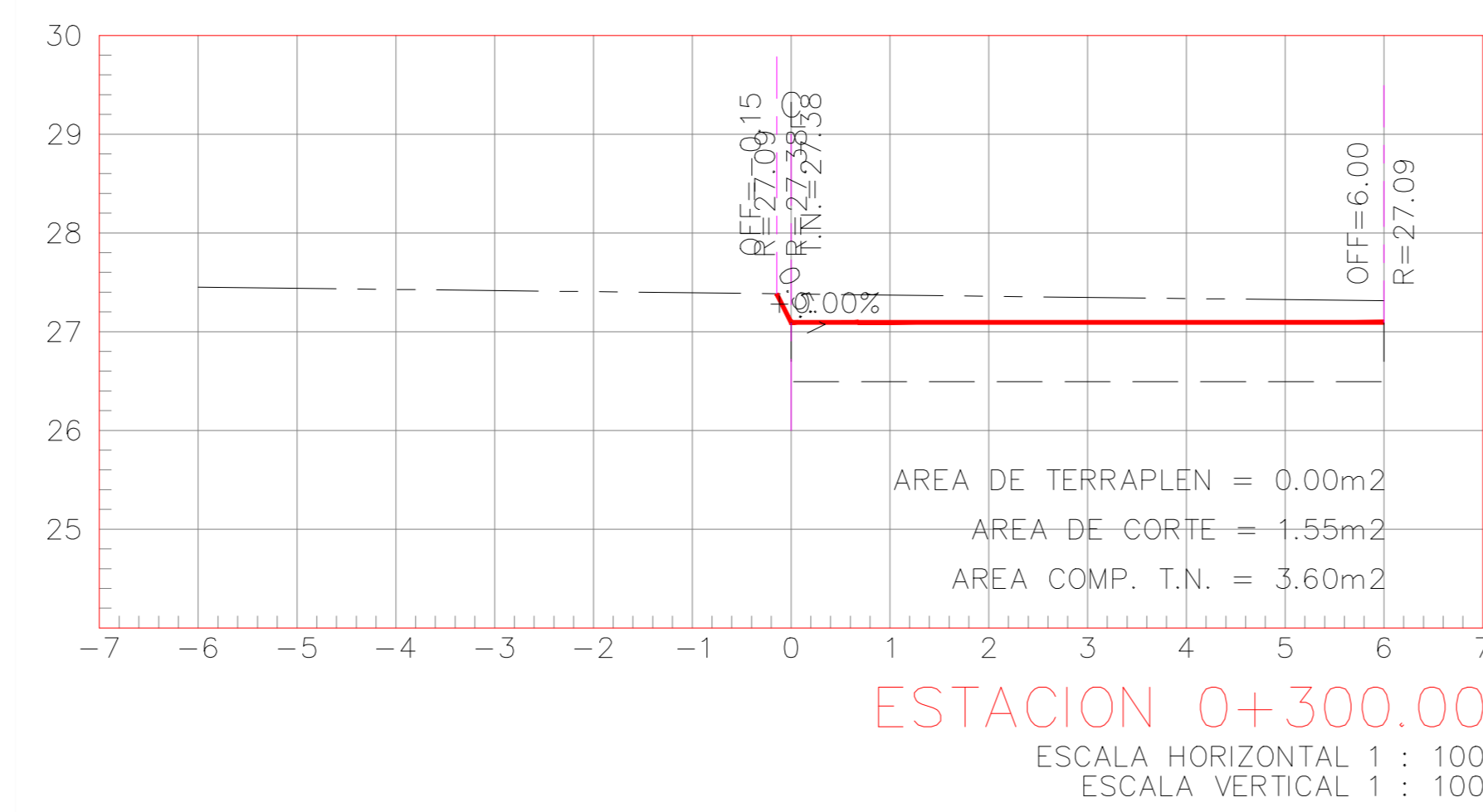
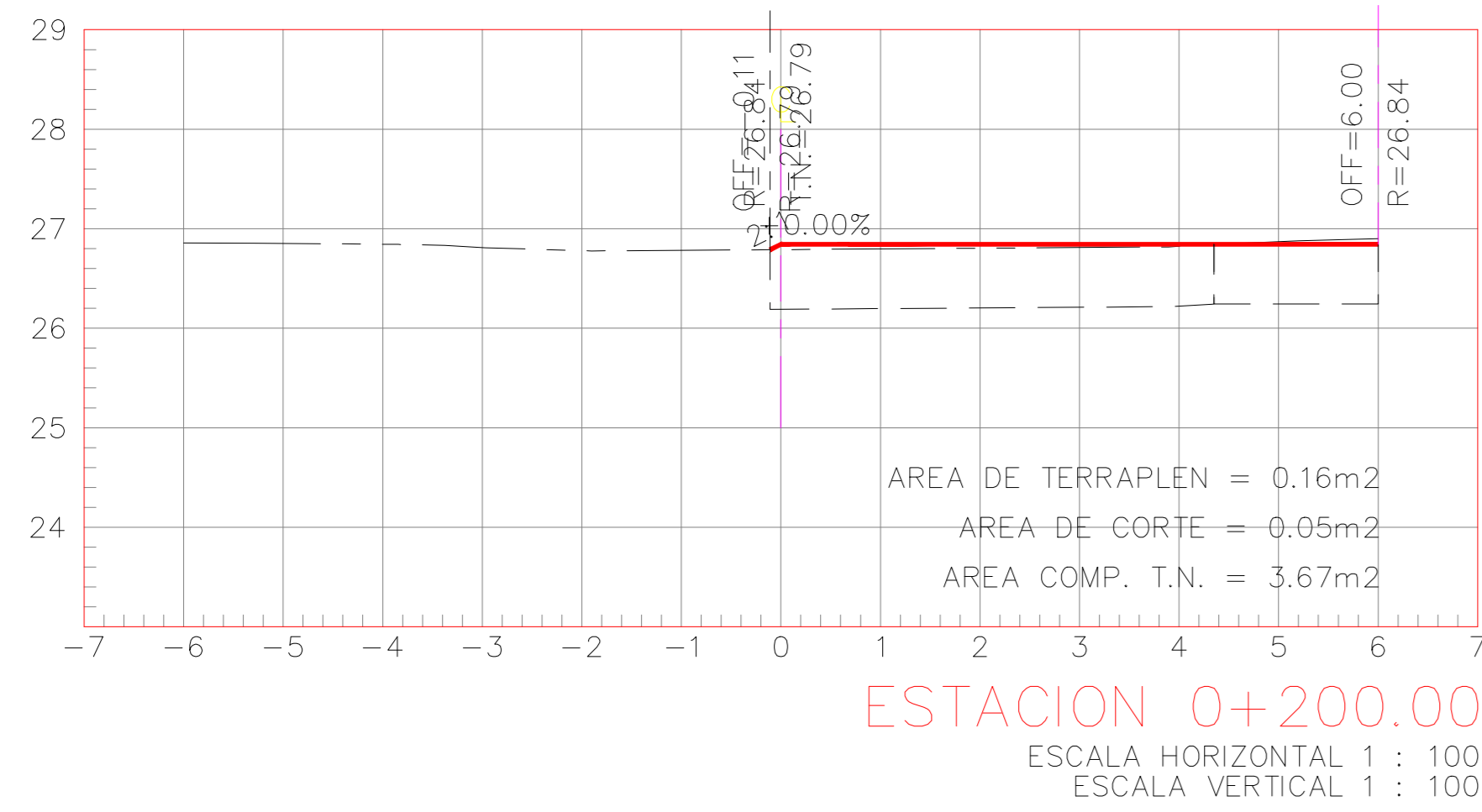
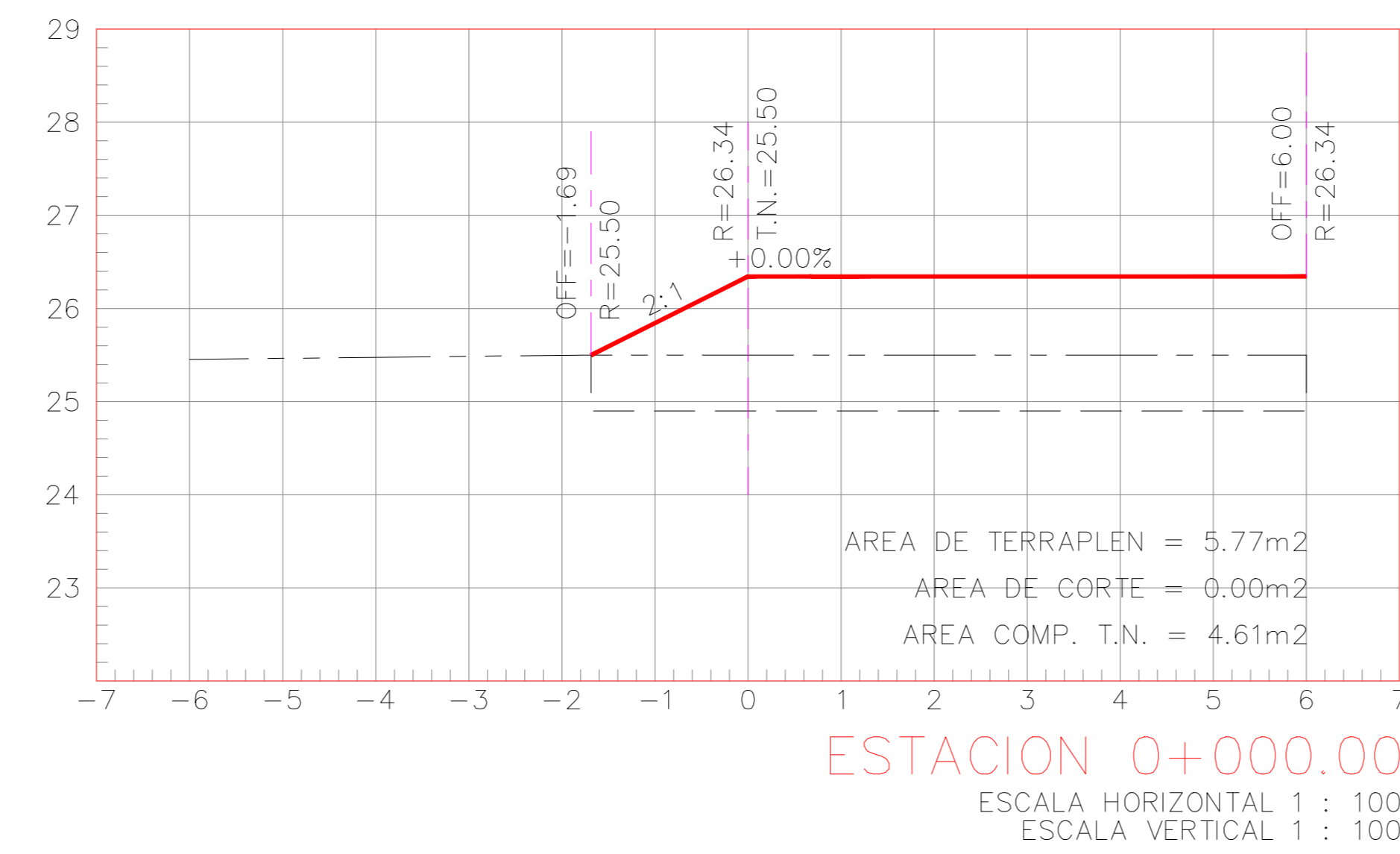
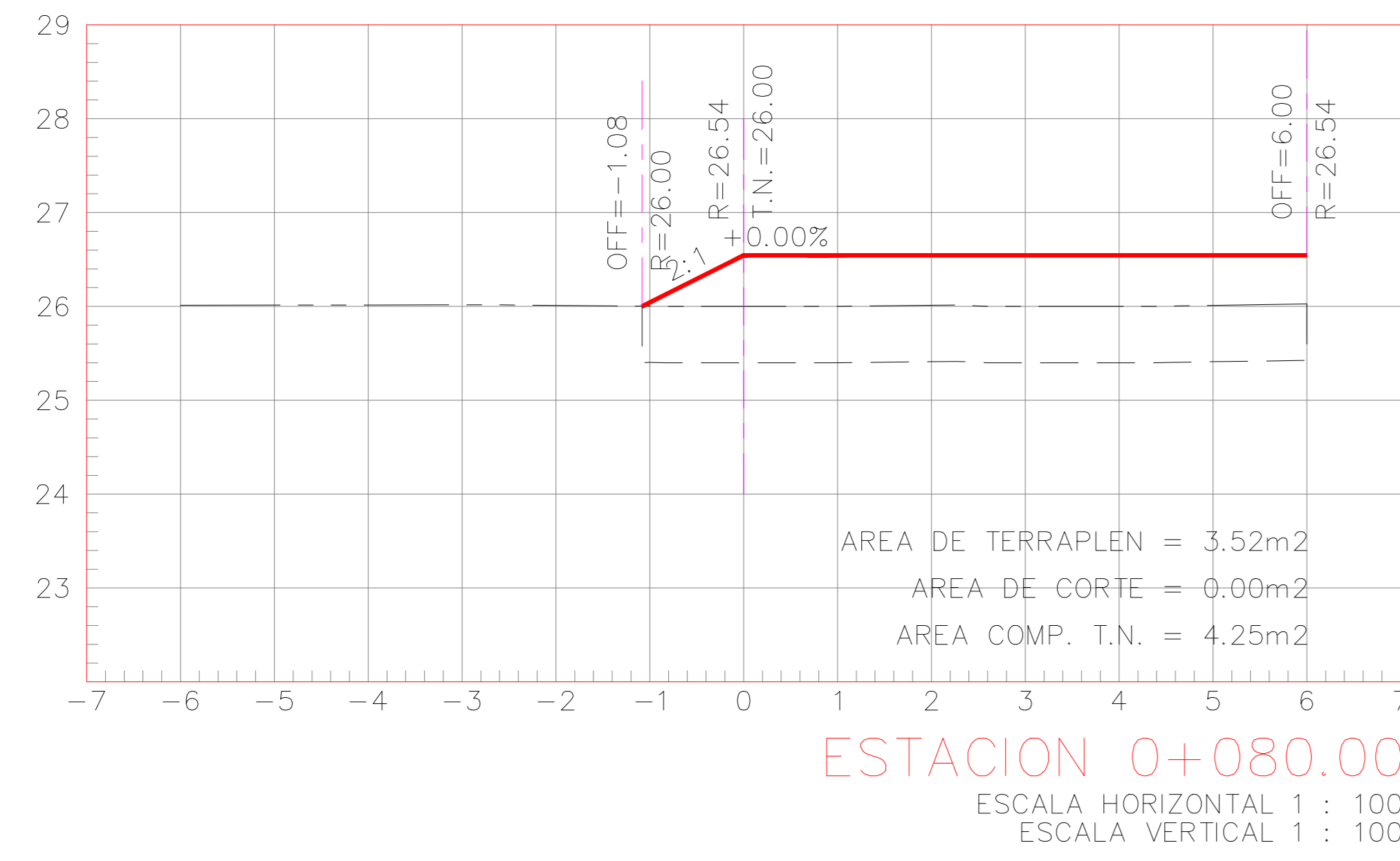
PROVINCIA : GUAYAS
 CANTON : NARANJAL
 PARROQUIA : NARANJAL
 SECTOR : CDLA. LOS ROBLES
 LATITUD: : 2° 40' 48.24" S
 LONGITUD: : 79° 36' 53.60" O

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
 FACULTAD DE INGENIERÍA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

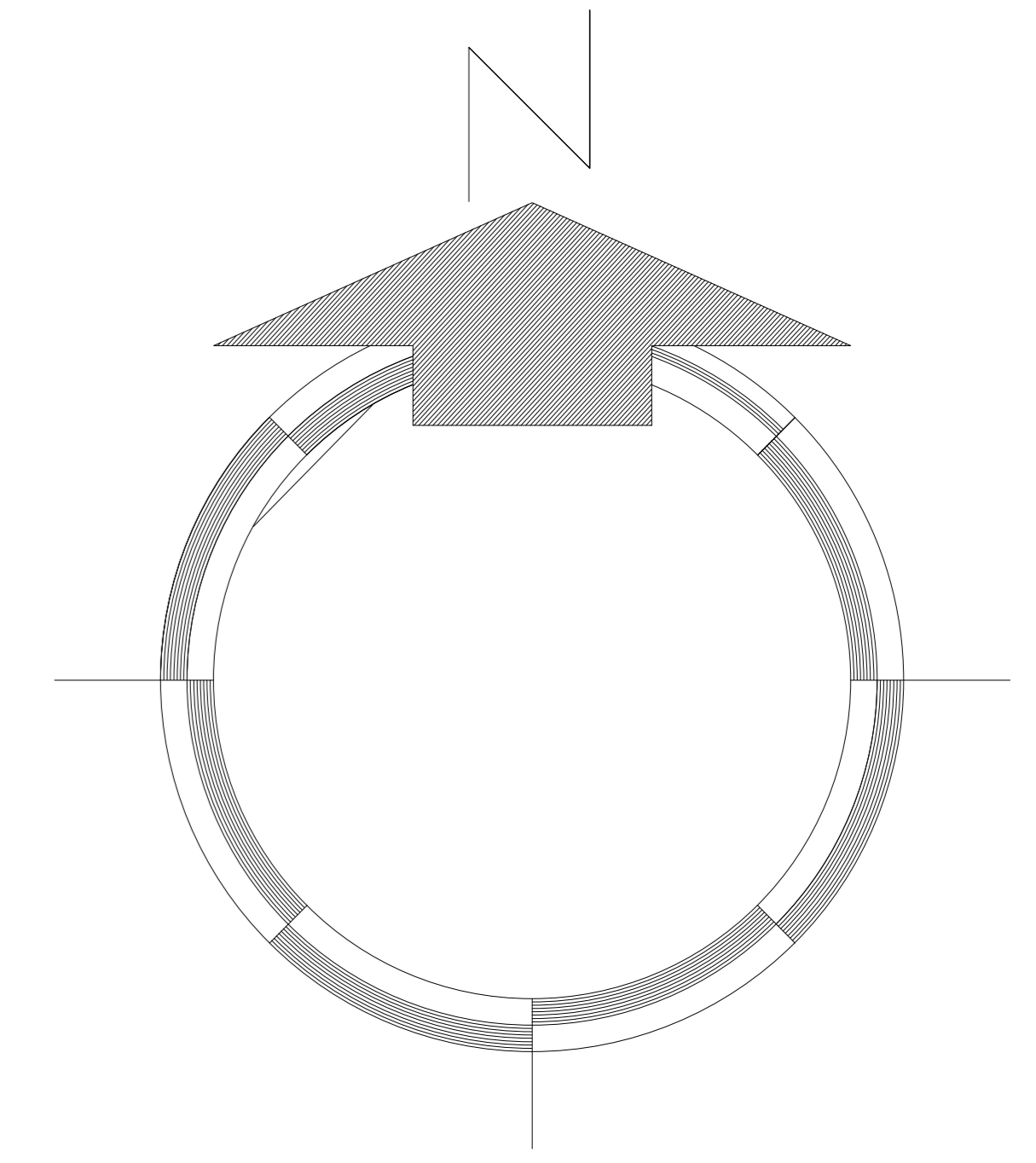
PROYECTO: **REHABILITACIÓN VIAL - NARANJAL**

CONTENIDO: **ALTIMETRÍA**

TUTOR: Ing. Carola Gordillo	Estudiante: JOHN MAGUES ERICK ROJAS	Fecha de Entrega:
PROFESOR MI: Ing. Lenin Dender	Lámina: A 1/2	Escala: Varias



SECCIONES TRASVERSALES
 ESC: 1_1



UBICACION

PROVINCIA : GUAYAS
 CANTON : NARANJAL
 PARROQUIA : NARANJAL
 SECTOR : CDLA. LOS ROBLES
 LATITUD: : 2° 40' 48.24" S
 LONGITUD: : 79° 36' 53.60" O

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
 FACULTAD DE INGENIERÍA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO: REHABILITACIÓN VIAL - NARANJAL			
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES			
TUTOR: Ing. Carola Gordillo	Estudiante: JOHN MAGUES ERICK ROJAS	Fecha de Entrega:	
PROFESOR MI: Ing. Lenin Dender		Lámina: A 2/2	Escalas: Varías