

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Rediseño de calles secundarias L= 800m de pavimento flexible construidos en suelos arcillosos en la Zona 1 del Cantón La Libertad provincia de Santa Elena

INGE - 2679

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Nombre de la titulación

Ingeniero Civil

Presentado por:

Miguel Ángel Tomalá Figueroa

Stalin Daniel Carrillo Fajardo

Guayaquil - Ecuador

Año: 2024 - 2025

Dedicatoria

Dedico este proyecto de tesis con profundo agradecimiento y respeto a mi familia, cuyo apoyo incondicional y amor han sido mi mayor fortaleza en cada paso de este camino. A mis amigos, quienes han sido una fuente constante de ánimo y compañerismo a lo largo de mi vida estudiantil, y en especial a los presidentes de las asociaciones del período 2024-2025, de los que tuve el honor de ser parte.

Extiendo mi gratitud a los maestros y mentores que, con dedicación y esmero, han contribuido a formar en mí no solo un profesional competente, sino también una persona con principios éticos y valores sólidos.

Miguel Tomalá

Daniel Carrillo

Agradecimientos

Agradezco a Jehová, a quien debo mi fe, aquel que me ha dado fuerzas durante todos estos años de carrera. A mis queridos amigos, mis colegas, mis hermanos de estudio que tanto me han apoyado en mi vida universitaria. A mi familia, mi fuerza y motor, aquellos por los que me levanto día tras día con esperanza de un mejor mañana. A todos aquellos que, con sus consejos, buenos deseos y enseñanzas han contribuido en la culminación de la carrera. Esto no hubiera sido posible sin ellos

Miguel Tomalá

Daniel Carrillo

Declaración Expresa

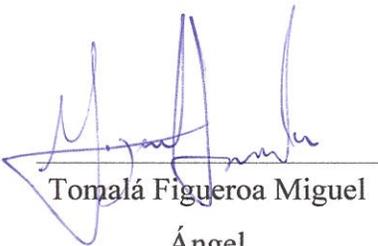
Nosotros, Figueroa Tomalá Miguel Ángel y Carrillo Fajardo Stalin Daniel, acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o 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 del autor o 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 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, 11 de octubre del 2024.



Tomalá Figueroa Miguel
Ángel



Carrillo Fajardo Stalin
Daniel

Evaluadores

M.Sc. Ing. Civil Ingrid Orta Zambrano

Profesor de Materia

PhD.MSc. Ing. Civil Eduardo Santo

Tutor de proyecto

Resumen

El presente proyecto aborda el rediseño de suelos arcillosos mediante el uso de geotextiles para estabilizar y aumentar la capacidad portante del suelo, aplicándose en el tramo de la Av. Octava, catalogada como vía secundaria. El objetivo es mejorar la calidad y durabilidad del pavimento flexible en suelos con características expansivas debido a la presencia de caolinita, justificándose por las condiciones climáticas adversas de la zona costera ecuatoriana.

El desarrollo incluyó ensayos de laboratorio para determinar las propiedades mecánicas del suelo, evidenciando su baja capacidad portante. Se implementaron mallas y membranas de polietileno como alternativa al uso tradicional de material pétreo en la capa de mejoramiento, reduciendo espesores de capas y costos de construcción.

Los resultados mostraron un aumento en la vida útil del pavimento de 20 a 25 años y la extensión de los ciclos de mantenimiento de 3 a 5 años. Además, el sistema rediseñado mejoró significativamente el rendimiento estructural y la comodidad para los usuarios.

Se concluye que el uso de geotextiles es una solución eficaz y económica para vías en suelos arcillosos. Se recomienda investigar el empleo combinado de geomallas, geomembranas y geotextiles en proyectos de mayor envergadura.

Palabras Clave: Geotextil, suelos arcillosos, pavimento flexible, capacidad portante.

Abstract

This project focuses on the redesign of clayey soils using geotextiles to stabilize and increase the bearing capacity of the soil, applied to a section of Av. Octava, classified as a secondary road. The objective is to improve the quality and durability of flexible pavements in soils with expansive characteristics due to the presence of kaolinite, justified by the adverse climatic conditions of the Ecuadorian coastal region.

The development included laboratory tests to determine the mechanical properties of the soil, which revealed its low bearing capacity. Polyethylene meshes and membranes were implemented as an alternative to the traditional use of granular material in the improvement layer, reducing layer thickness and construction costs.

The results demonstrated an increase in pavement lifespan from 20 to 25 years and extended maintenance cycles from 3 to 5 years. Furthermore, the redesigned system significantly enhanced structural performance and user comfort.

It is concluded that geotextiles are an effective and economical solution for roads in clayey soils. Future studies should explore the combined use of geogrids, geomembranes, and geotextiles in larger-scale projects.

Keywords: Geotextile, clayey soils, flexible pavement, bearing capacity.

Índice general

Resumen	I
Abstract	II
Índice general	III
Abreviaturas	V
Simbología	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICAS	VIII
ÍNDICE DE PLANOS	IX
Capítulo 1	1
Introducción	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Descripción del Problema.....	2
1.3 Justificación del Problema.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
Capítulo 2	6
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
2.1 Revisión de literatura.....	7
2.2 Área de estudio	11
2.3 Trabajo de campo y laboratorio.....	17
2.4 Análisis de datos	27
2.5 Análisis de alternativas	29
Capítulo 3	32
3. Diseños y especificaciones	33

3.1	Diseños	33
3.2	Especificaciones Técnicas	59
Capítulo 4	.....	91
4.	Estudio del impacto ambiental	92
4.1	Descripción del proyecto	92
4.2	Línea base ambiental	93
4.3	Actividades del proyecto	94
4.4	Identificación de impactos ambientales.....	96
4.5	Valoración de impactos ambientales	97
4.6	Valoración de impactos ambientales	101
4.7	Medidas de prevención/mitigación.....	107
Capítulo 5	.....	109
5.	PRESUPUESTO.....	110
5.1	Estructura Desglosada de Trabajo	110
5.2	Rubros y análisis de precios unitarios	111
5.3	Descripción de cantidades de obra	123
5.4	Valoración integral del costo del proyecto	130
5.5	Cronograma de obra	132
Capítulo 6	.....	134
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	135
6.1	Conclusiones.....	135
6.2	Recomendaciones	135
Bibliografía	.....	137
PLANOS Y ANEXOS	.....	140

Abreviaturas

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
AASHTO	American Association for Highways and Transportation Operativities
ASTM	American Society for Testing and Materials
CBR	California Bearing Ratio
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
NEVI	Norma Ecuatoriana Vial
GADLL	Gobierno Autónomo Descentralizado de La Libertad
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
m ²	Metros cuadrados
m ³	Metros cúbicos
in	Pulgadas
lbf	Libra Fuerza
RC-250	Tipo de asfalto para imprimación
PVC	Policloruro de vinilo (aplicable para drenaje, si corresponde)

Simbología

Materiales y suelos

γ : Peso unitario del suelo (kN/m³)

ρ : Densidad del suelo (g/cm³)

ϕ : Ángulo de fricción interna del suelo (grados)

ω : Contenido de humedad (%)

k : Coeficiente de permeabilidad (cm/s)

LL: Límite líquido

LP: Límite plástico

Variables ambientales

CO₂: Dióxido de carbono

PM: Partículas en suspensión (material particulado)

Diseño estructural

h: Altura de capa estructural (cm o m)

t: Espesor de pavimento (cm o m)

E: Módulo de elasticidad (MPa)

σ : Esfuerzo (kPa o MPa)

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	9
Figura 2.2	12
Figura 2.3	15
Figura 2.4	19
Figura 2.5	19
Figura 2.6	20
Figura 2.7	22
Figura 2.8	23
Figura 2.9	23
Figura 2.10	25
Figura 2.11	25
Figura 2.12	29
Figura 3.1	34
Figura 3.2	35
Figura 3.3	35
Figura 3.4	36
Figura 3.5	37
Figura 3.6	38
Figura 3.7	42
Figura 3.8	43
Figura 3.9	44
Figura 3.10	46
Figura 3.11	47
Figura 3.12	48
Figura 3.13	49
Figura 3.14	49
Figura 3.15	52
Figura 3.16	53

Figura 3.17	55
Figura 3.18	55
Figura 3.19	56
Figura 3.20	56
Figura 3.21	57
Figura 3.22	73

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICAS

Tabla 2.1 <i>Coordenadas de ubicación del tramo de vía de 720m en la Zona 1, La Libertad, Santa Elena</i>	12
Tabla 2.2 <i>Ensayos de laboratorio: normativa y función</i>	18
Tabla 2.3 <i>Matriz de Likert, donde se analizan las alternativas para determinar la mejor propuesta que brinde solución al proyecto.</i>	30
Tabla 3.1 <i>Tabla de Diseño para Pavimentos Flexibles</i>	39
Tabla 3.2 <i>Recomendaciones de CBR para las capas del sistema de pavimento</i>	40
Tabla 3.3 <i>Resultados del cálculo para Números Estructurales del Sistema de Pavimento Flexible</i>	45
Tabla 3.4 <i>Tabla de días en los que se registró precipitaciones en la zona de estudio en Santa Elena según el periodo de lluvias sugerido por INAMHI.</i>	50
Tabla 3.5 <i>Resultados del diseño las capas del Sistema de Pavimento Flexible</i>	53
Tabla 3.6 <i>Resultados del rediseño las capas del Sistema de Pavimento Flexible estabilizado con geomalla NX750-PG y geomembrana GX175.</i>	57
Tabla 3.7 <i>Comparativa de resultados de los espesores sugeridos para ambos diseños de pavimentos</i>	58
Tabla 4.1	98
Tabla 4.2.....	98
Tabla 4.3.....	99
Tabla 4.4: <i>Tabla de Valorización de la Severidad de los impactos negativos</i>	106
Tabla 4.5: <i>Tabla de resultados categorizados del impacto negativo de actividades del proyecto</i>	106

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 Topografía de la zona de estudio del proyecto

Capítulo 1

1. Introducción

1.1 Antecedentes

El cantón La Libertad, de la provincia de Santa Elena, es una ciudad en constante crecimiento económico, social e infraestructural, y una muestra clara de este desarrollo es la necesidad de mejorar y ampliar su red vial. Para garantizar una adecuada conectividad, resulta imprescindible crear vías que soporten el tráfico y las condiciones del terreno. El Gobierno Autónomo Descentralizado de La Libertad (GADLL) es el encargado de llevar a cabo proyectos de obra pública, donde uno de ellos es el rediseño de la Avenida 8 con una longitud aproximada de 800 metros teniendo una inversión aproximada de 3,5 millones de dólares destinada a esta obra, beneficiando a varios barrios que conforman lo que se denomina la Zona 1 de la ciudad. Sin embargo, el cantón La Libertad presenta un desafío considerable debido a la presencia de suelos arcillosos, conocidos por su baja capacidad de soporte, lo que ha dado lugar a diversas fallas en los pavimentos flexibles, como hundimientos, agrietamientos y corrugaciones. Estas deformaciones no solo afectan el confort y la seguridad de los usuarios, sino que también generan peligro de accidente para los vehículos. Ante esta situación, es fundamental que las autoridades locales implementen soluciones efectivas que permitan mitigar los efectos de los suelos débiles, mejorando así la durabilidad y calidad de las vías para ofrecer a los habitantes una experiencia vial más segura y satisfactoria.

1.2 Descripción del Problema

Los suelos arcillosos en la Zona 1 del cantón, provincia de Santa Elena, representan un desafío considerable para la construcción de pavimentos flexibles. Estos suelos presentan una baja capacidad de soporte y tienden a expandirse y contraerse, lo que provoca fallas frecuentes en las vías, como hundimientos, agrietamientos y corrugaciones. Estas deformaciones afectan la seguridad y el confort de los usuarios, incrementan los costos de mantenimiento, y complican la estabilidad a largo plazo de las infraestructuras viales.

Es necesario un estudio geotécnico adecuado para corregir las condiciones del terreno y optimizar el diseño de pavimentos flexibles, reduciendo la frecuencia de intervenciones correctivas. Actualmente, la zona no cuenta con una infraestructura vial capaz de soportar el tránsito previsto sin fallas recurrentes, lo que la convierte en un área crítica para el desarrollo de soluciones técnicas.

1.3 Justificación del Problema

El problema del cantón La Libertad es crucial de abordar desde una perspectiva social, económico y geotécnico. Desde el punto de vista social, una infraestructura vial estable y duradera impulsa el crecimiento económico de la región al fomentar un entorno comercial más competitivo. La mejora de las vías no solo facilita el acceso a servicios básicos, sino que también promueve el desarrollo de actividades económicas locales, consolidando la zona como un eje clave de desarrollo comercial y logístico.

En el ámbito económico, mejorar la infraestructura vial es fundamental para optimizar la conectividad. Una mejor vía no solo agiliza el flujo de bienes, servicios y personas, sino que también reduce el tiempo de desplazamientos, lo que aumenta la productividad y accesibilidad de la región. Además, implementar soluciones técnicas sostenibles contribuye a reducir los costos de mantenimiento a largo plazo, evitando el uso ineficiente de los recursos públicos y asegurando un retorno significativo de la inversión en infraestructura.

Desde el enfoque geotécnico, el reto principal radica en la baja capacidad portante y alta plasticidad de los suelos arcillosos de la región, que comprometen la integridad estructural de los pavimentos. Estos suelos son susceptibles a deformaciones, lo que acelera el deterioro de las vías y genera problemas como agrietamientos y hundimientos. Por ello, es esencial la implementación de técnicas avanzadas de estabilización de suelos, que permitan mejorar la capacidad de carga y aumentar la durabilidad del pavimento.

La combinación de estos tres enfoques —social, económico y geotécnico— demuestra la importancia de abordar el problema con una estrategia integral. Un rediseño adecuado de la vía no solo mejorará la calidad de vida de los habitantes y fortalecerá el comercio, sino que también garantizará una infraestructura más resistente y eficiente, que responda a las necesidades de desarrollo sostenible en la región.

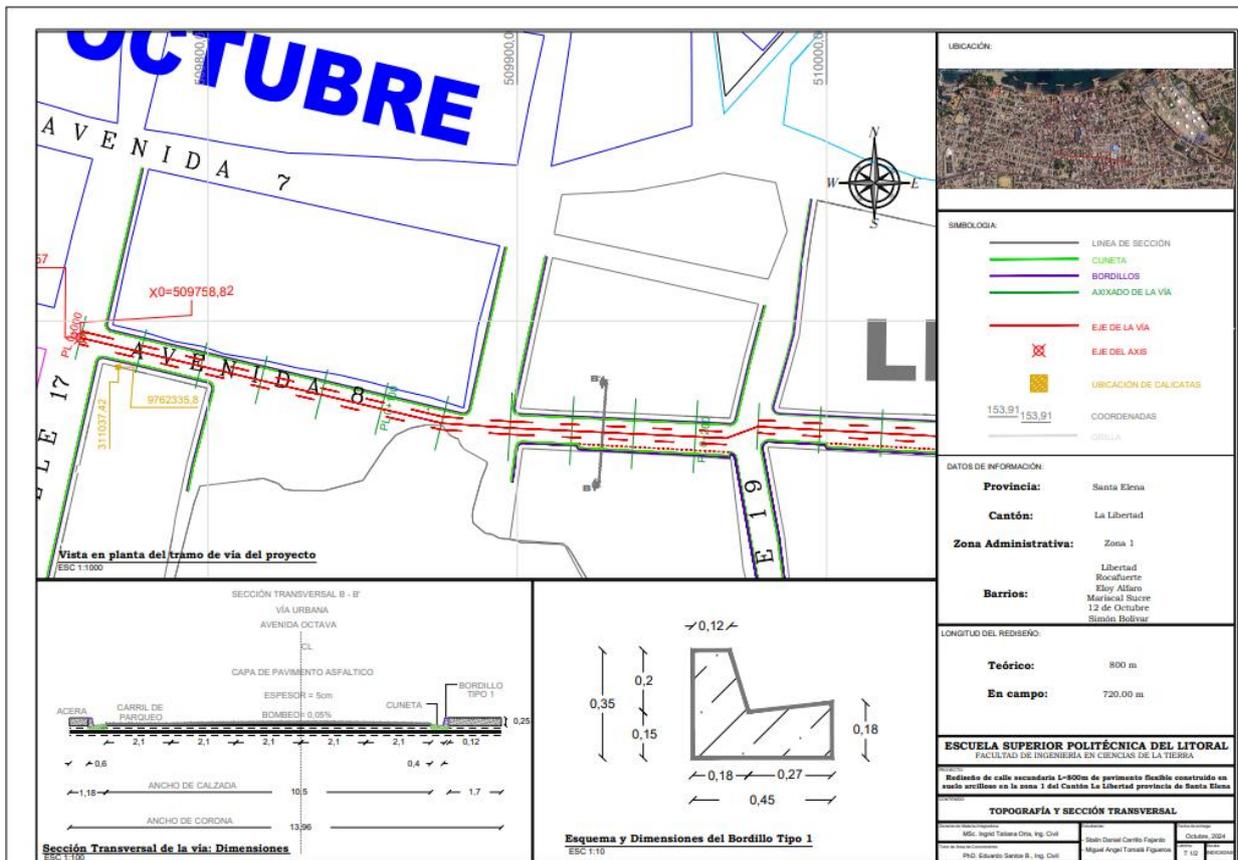
1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Rediseñar la vía secundaria de 800 metros con pavimento flexible en suelos arcilloso de la Zona 1 del Cantón La Libertad, provincia de Santa Elena, mediante un análisis de las propiedades geotécnicas del suelo arcilloso y la implementación de técnicas de mejoramiento y estabilización del terreno, aumentando la capacidad de carga y durabilidad de la vía, reduciendo fallas recurrentes.

1.4.2 Objetivos específicos

1. **Analizar** el tránsito vehicular en la vía secundaria proyectando el número de ejes equivalentes y su impacto en la estructura del pavimento.
2. **Evaluar** las propiedades geotécnicas del suelo arcilloso mediante ensayos de mecánica de suelos, determinando su capacidad portante y comportamiento ante la carga vehicular proyectada.
3. **Diseñar** un plan de mejoramiento y estabilización del suelo que optimice la capacidad de carga del pavimento flexible, basándose en los resultados de los estudios geotécnicos, considerando criterios de sostenibilidad.



SIMBOLOGIA

- LINEA DE SECCION
- CLINETA
- BORDILLOS
- AXIADO DE LA VIA
- EJE DE LA VIA
- EJE DEL AXIS
- UBICACION DE CALICATAS
- COORDENADAS
- UTM

DATOS DE INFORMACION:

Provincia: Santa Elena
Cantón: La Libertad
Zona Administrativa: Zona 1
Barrios: Libertad, Rocafuerte, Eloy Alfaro, Mariscal Sucre, 12 de Octubre, Simón Bolívar

LONGITUD DEL REDISEÑO:

Teórico: 800 m
En campo: 720.00 m

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
 FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

TOPOGRAFÍA Y SECCIÓN TRANSVERSAL

MSc. Ingrid Tavera Oña, Ing. Civil	Dr. David Carrizo Fajardo	Octubre 2024
Dr. Ingrid Tavera Oña	Ingeniero Jorge Canales Espinoza	11/10/2024
PhD. Eduardo Sandoz G., Ing. Civil		TIG

Sección Transversal de la vía: Dimensiones
 ESC. 1:100

SECCIÓN TRANSVERSAL B-B'
 VÍA URBANA
 AVENIDA OCTAVA

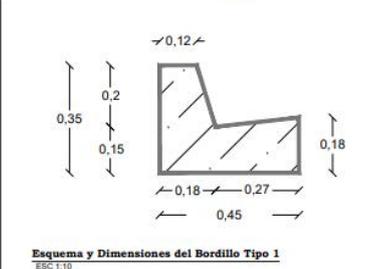
CL

CAPA DE PAVIMENTO ASFALTICO
 ESPESOR = 50mm
 BOMBEO = 0.05%

ACERA
 CARRIL DE PARQUEO
 CLINETA
 BORDILLO TIPO 1

0.6
 2.1
 2.1
 2.1
 2.1
 0.4
 0.12
 0.25

1.18
 10.5
 1.7
 13.96



Capítulo 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Revisión de literatura

Vía es “...*la ruta técnica que conecta 2 puntos...*” (Sanchez Sabogal & Campagnoli Martínez, 2016) geográficamente separados y que ofrece una forma de comunicación entre ellos. A su vez, la vía se clasifica según el medio y la forma en el que los usuarios decidan trasladarse desde el punto A hacia el punto B, llegando a catalogarse como: vías aéreas, vías marítimas, vías humanitarias (establecidas en casos de asilos políticos), vías férreas y vías terrestres. El proyecto de estudio se centra en esta última clasificación, enfocado en la subcategoría conocida como carretera.

Carretera es “...*la adaptación de una faja sobre la superficie terrestre... para permitir el rodamiento adecuado de vehículos para los cuales ha sido acondicionada.*” (Crespo Villalaz, 1999), se establece una diferencia notoria entre carretera y **camino**, siendo este último una ruta formada natural o artificialmente, que no está diseñada por ninguna norma técnica, ni regulada bajo jurisdicción por ninguna entidad gubernamental existente. Por otro lado, una diferencia común entre las carreteras urbanas y rurales es la inclusión de elementos viales como cuneta, bordillo y espaldón, siendo los 2 primeros elementos esenciales en las vías urbanas, y el segundo un elemento típico en las carreteras rurales. En Ecuador, la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI-12)

plantea clasificaciones a nivel nacional por: capacidad (en función del TPDA), jerarquía en la red vial, condiciones orográficas, número de calzadas y en función de la/s capas de rodamiento (o pavimento).

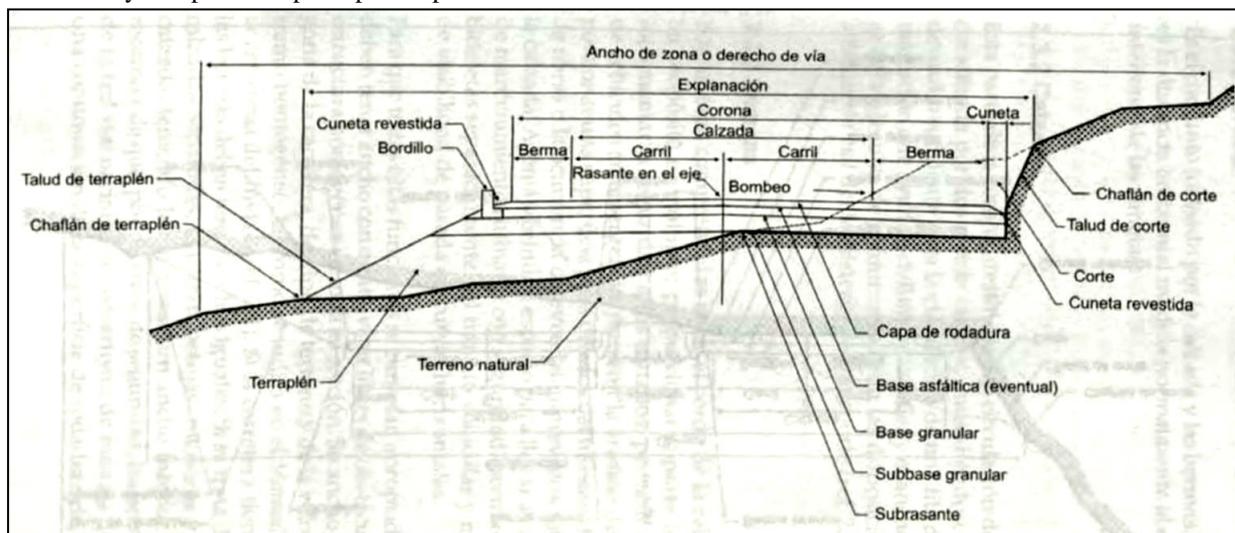
Pavimento es el elemento más característico de las carreteras, se describe como las capas donde transitan vehículos y peatones; es la encargada de recibir las cargas hacia las distintas franjas de tierra. Sánchez y Campagnoli (2016) establecen que debe poseer los mejores materiales respecto a las capas inferiores y que el espesor total se constituye por una hasta tres capas de asfalto según el tipo de pavimento a colocar. Si bien existen varios tipos de pavimentos usados en el diseño de carreteras, los flexibles y rígidos son los más empleados.

Pavimentos flexibles son carreteras conformadas por una capa de hormigón asfáltico, que consiste en agregado grueso de diferente granulometría sumado a arena fina tamizada y el añadido de un ligante que generalmente es cemento asfáltico o *bitumen* reaccionante a la temperatura; estos consisten en “...*un terraplén (roadbed) que subyace a capas de base, subbase y la capa de superficie.*” Las dos primeras capas pueden estabilizarse con el uso de capas intermedias de mejoramiento, mientras que la capa de rodadura se presenta delgada con espesores entre 5 y 12.5 cm.

Pavimentos rígidos son carreteras formadas por una capa de hormigón hidráulico de espesor mayor al de los pavimentos flexibles (las normas indican espesores entre 15 y 35 cm) y que consisten en “...*un terraplén (roadbed) preparado debajo de una capa de subbase y una losa de pavimento.*” (AASHTO, 1993). La capa de subbase puede a su vez omitirse en casos especiales cuando el volumen vehicular es bajo y quedar únicamente el terraplén natural y la losa de pavimento. Tanto en el pavimento rígido como en el flexible, se puede agregar una capa intermedia para funciones de drenaje.

Figura 2.1

Elementos y componentes principales típicos en un diseño de carretera.



Fuentes: Vías de comunicación: Caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos, 2016.

Diseño vial comprende los procesos y trabajos referidos para definir y modelar los elementos viales a diseñar, construir e implantar en un proyecto vial. Se vale de las normas técnicas nacionales e internacionales para garantizar la durabilidad, estabilidad estructural, niveles de confianza y seguridad óptimas para la libre circulación vehicular y peatonal. El diseño vial involucra tanto el diseño geométrico de la carretera, el cálculo del espesor de las capas por debajo de la capa de rodadura y el diseño del pavimento a incorporar en la carretera. Dentro de los estudios que componen el diseño, se encuentran el Tráfico Promedio Diario (TPD), los estudios de suelos referidos en la NEC SE-SD-GC (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2014) como ensayos de caracterización de suelos en campo y laboratorio además del levantamiento de la topografía (curvas de nivel) de la zona escogida para asentar la ruta. Dentro del proceso de diseño, intervienen diferentes expertos en la logística y proceso de construcción de la carretera como geólogos, topógrafos, ingenieros de pavimentos, estructurales y ambientales.

Crespo Villalaz (1999) menciona 4 fases o etapas involucradas en el diseño: **planeación**, etapa donde se obtienen y estudian factores sociales, geográficos y políticos referentes a la zona de estudio buscando “*ajustar, equilibrar, coordinar y promover el adelanto más completo de la zona considerada...*” (Crespo Villalaz, 1999), es la fase donde debe justificarse por qué se debe realizar el proyecto, su factibilidad social y económica, su inversión y su remuneración a mediano plazo, y su impacto en la zona aledaña; **proyecto**, etapa encargada de levantar los estudios que servirán

como parámetros de diseño de la carretera: topografía, TPDA y geotécnicos, apoyados también por reconocimientos en la zona de forma área y terrestre, el estudio y elección de ruta y la exploración terrestre de la ruta escogida, esto evitará la elección de alternativas que supongan un gasto mayor al presupuestado para construir en meandros, zonas de fácil inundación o valles muy empinados; **construcción**, etapa enfocada en la dirección técnica y ejecución de la obra, la elección de la mano de obra, los materiales y la maquinaria para llevar a concluir el trabajo vial y; **uso**, encargada de estudiar los formas de conservación de la vía, “...*alargar la vida tanto del camino como de los vehículos que la usan.*” (Crespo Villalaz, 1999).

Rediseño vial se conoce al proceso por el cual una carretera, indiferente del tipo de pavimento que coloque, es rehabilitada o, en casos especiales, reconstruida (Ognjenovic et al., 2015). El rediseño es llevado a cabo en uno o varios de los parámetros y componentes de la vía, ya sea: su estructura, mejorando o cambiando el espesor de las capas inferiores a la de rodadura; la propia capa de rodadura, modificando la composición y porcentaje de los materiales involucrados en formar el pavimento; o cambiando su ancho de calzada o corona, donde la geometría se ve alterada parcial o totalmente. El rediseño puede darse a partir de un crecimiento en el número de vehículos que transitan por la vía (verificado por un estudio de tráfico) o también por un factor de planificación urbana donde deben modificarse las medidas del ancho de calzada y corona o por deterioro de la carretera debido al cumplimiento de la vida útil con que la obra fue diseñada originalmente. El daño o deterioro de la carretera suele acrecentarse por la presencia de vehículos de gran tonelaje los cuales ejercen presiones sobre el pavimento que, en los casos donde ocurre las fallas, no están diseñados desde la rasante para soportar estos esfuerzos de compresión o siquiera transmitirlos de capa a capa. Las fallas que comúnmente se aprecian en estos casos son hundimientos, agrietamientos y deformaciones en la superficie del pavimento (Sanchez Sabogal & Campagnoli Martínez, 2016). Otros factores que podrían tener injerencia en el daño a carreteras son los ambientales, aunque no existen casos donde se haya documentado que el clima genere una reconstrucción o rehabilitación; por otro lado, eventos extremos como temblores han llegado a causar daños a cierto porcentaje de la capa de rodadura.

Arcillas son uno de los 4 tipos de partículas en los que una muestra de suelo puede clasificarse, siendo los otros gravas, arenas y limos. Son consideradas partículas las cuales “*desarrollan plasticidad cuando se mezclan con una cantidad limitada de agua...*” (Grim, 1953) y que según

los límites de separación de tamaño de suelos propuestos por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos de EEUU su tamaño de partícula granular no supera los 0.075 mm y cuya composición se debe a combinaciones de *láminas de sílice* (cuatro átomos de oxígeno rodeando a una partícula de silicio) y *láminas de gibsita* (6 partículas de hidroxilo rodeando un átomo de aluminio) que dan lugar a una serie de minerales como la caolinita, ilita, montmorillonita, clorita, atapulgita entre otros (Das, 2013). Entre sus propiedades principales se puede citar a la expansión y contracción, característica que las lleva a expandirse cuando entran en contacto con el agua la cual ocupa los espacios entre las láminas de silicio y gibsita lo que ocasiona duplicar el grosor de la capa arcillosa, caso contrario ocurre ante la deshidratación del suelo, cuando la pérdida de agua lleva a las arcillas a contraerse formando grietas en su superficie (Bennet & Hulbert, 1986).

Este es el problema estructural común que sufren las edificaciones y carreteras asentadas en este tipo de suelo, pues la aplicación de cargas conlleva a problemas de consolidación del suelo originando hundimientos, agrietamiento, levantamiento de terreno, pérdida del volumen de suelo, fisuras transversales y longitudinales en vías, etc. (Millard, 1962)

2.2 Área de estudio

El área de estudio referida en el proyecto corresponde a rediseñar un elemento vial usando normativa y conceptos adquiridos. El proyecto involucra definiciones técnicas, ensayos y bibliografía de áreas del conocimiento como la geotécnica, la sostenibilidad e impacto ambiental, los materiales de construcción e incluso sismo resistencia.

La Libertad, es una ciudad perteneciente a la provincia de Santa Elena, Ecuador. Es la tercera ciudad más importante de la provincia y, según el VIII Censo de Población y VII de Vivienda realizado en el país por parte de la INEC en 2022, el cantón cuenta con una población de 112.247 habitantes (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2020). La Libertad esta administrada por el GAD Municipal (GADMML), quienes en su último Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2020-2024 publicado en enero del 2020 estipula la distribución de la ciudad en 6 zonas administrativas las cuales en su documento se describen como “...netamente urbanas, en el que no existen Parroquias Rurales ni Recintos.” (GADMML, 2020)

La zona administrativa donde se ubicará el proyecto es la Zona 1, zona delimitada por la Av. Central por el Oeste y la calle 10 por el Este y, desde las calles Malecón, A y G en el Norte hasta las Av. 12 y Eleodoro Solorzano en el Sur.

Dentro de la misma, se encuentran un total de 21 barrios que cuentan en su mayoría con los servicios de agua potable, alcantarillado, alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial, energía eléctrica, recolección de desechos sólidos, y un porcentaje alto de vías asfaltadas.

Dentro de la Zona 1 se ubican los barrios: 12 de octubre, Eloy Alfaro, Libertad, Mariscal Sucre, Simón Bolívar y Rocafuerte los cuales colindan con la Avenida 8, vía secundaria de más de 2.230m dentro de la Zona 1 y que es la principal ruta que será objeto de estudio para el proyecto, la cual está delimitada por las calles 17 en el Este y 25 en el Oeste (Ver Figura 2.3) con coordenadas mostradas en la siguiente tabla, en una longitud de 720m que beneficiará a los barrios anteriormente mencionados.

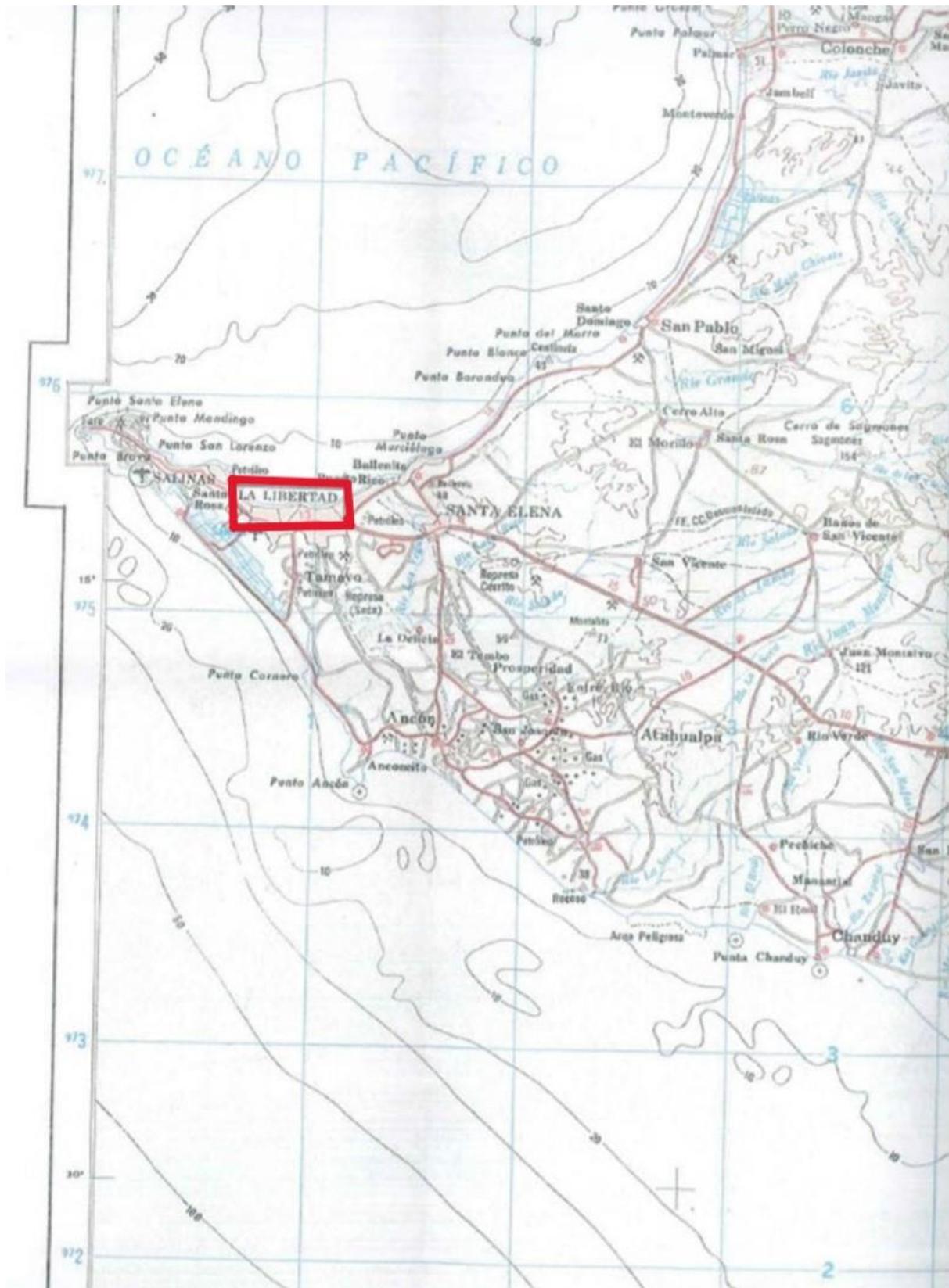
Tabla 2.1

Coordenadas de ubicación del tramo de vía de 720m en la Zona 1, La Libertad, Santa Elena.

Coordenada	X	Y
A	509758,82	9753994,57
B	510067,91	9753960,53
C	510386,11	9753917,31
D	510475,80	9753908,33

Figura 2.2

Plano del IGM de la zona geográfica correspondiente a La Libertad, provincia de Santa Elena.



Fuente: IGM, 2024.

Figura 2.3

Ubicación del tramo de estudio en la Zona 1 del cantón La Libertad, provincia de Santa Elena. Incluye sus



coordenadas.

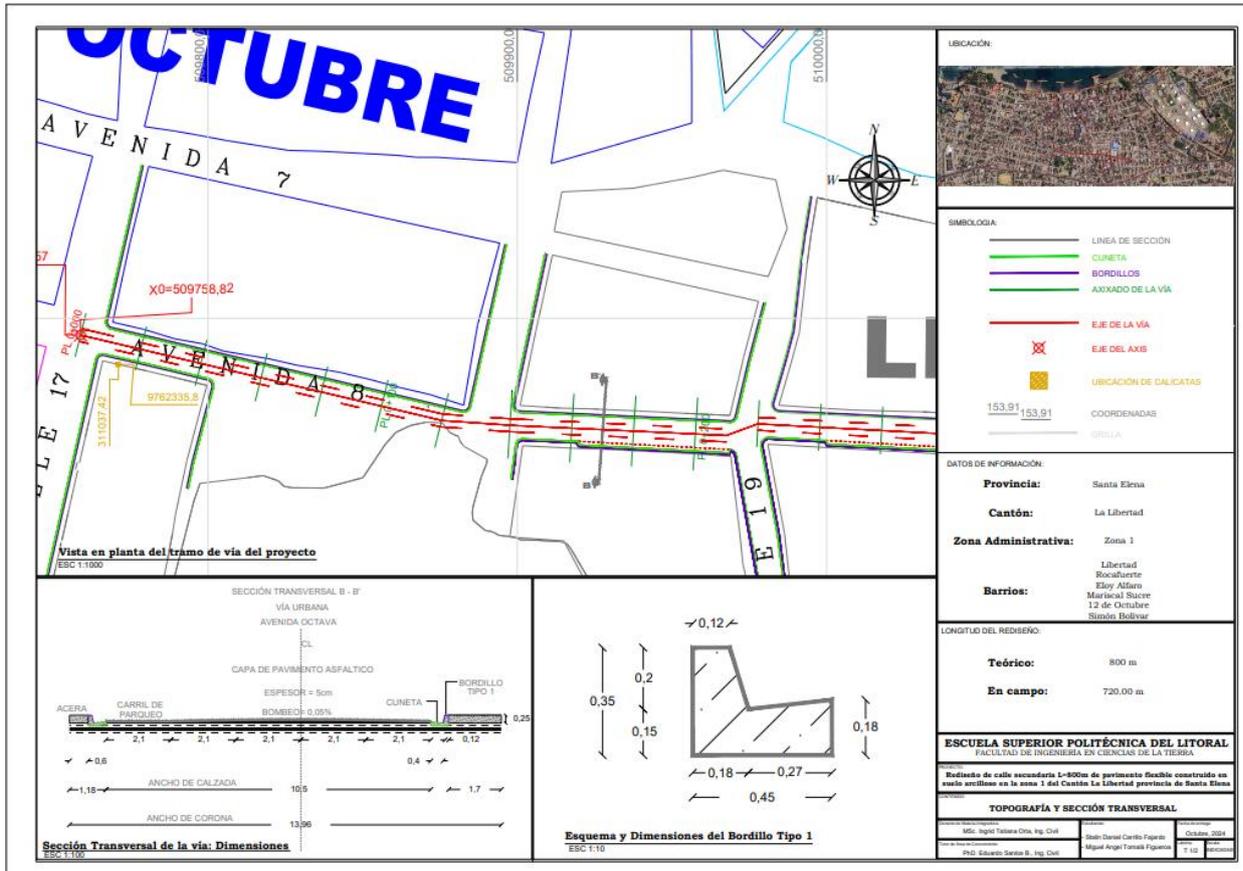
Fuente: Google Earth, 2024.

2.3 Trabajo de campo y laboratorio

TOPOGRAFÍA

El trabajo en campo incluye el levantamiento topográfico del tramo de vía a diseñar y del área aledaña en un radio de aproximadamente 2 cuadras. El levantamiento involucra áreas de los barrios mencionados en 2.2. Dentro de la misma zona se realizaron 2 calicatas (inicio y al final) de la Av.8 en las coordenadas señaladas en el plano topográfico (Anexos).

El levantamiento topográfico tiene la finalidad de brindar información de los elementos viales presentes en los barrios como: los anchos de calzada y de corona, ubicación de las líneas de fábrica respecto al eje de la vía, dimensiones de aceras, bordillos y cunetas. El plano topográfico levantado en programas de dibujo como AutoCAD o Civil 3D digitaliza las medidas tomadas en campo y define el eje de vía junto con sus abscisas cada 20m.



ESTUDIOS DE SUELOS

Los ensayos de laboratorio a su vez se centran en determinar mediante pruebas, las propiedades mecánicas y físicas de las muestras de suelo tomadas en campo. Los ensayos son regulados por la norma NEC en su capítulo NEC-SE-GC Sección 3.8 denominado como “Ensayos en laboratorio” los cuales son referidos a la normativa internacional ASTM como se señala a continuación:

Tabla 2.2

Ensayos de laboratorio: normativa y función

Ensayo	Normativa	Finalidad
Límites de Atterberg: líquido y plástico	ASTM D - 4318	Determinar el porcentaje de arcillas presente en el suelo.
Granulometría	ASTM D - 422	Clasificación de la muestra de suelo (Sistema Unificado).
CBR	ASTM D - 1883	Evaluación de la capacidad cortante del suelo compactado.
Proctor modificado	ASTM D - 1557	Mide la resistencia del suelo, peso específico seco y humedad óptima.

Nota. Datos tomados de la Normativa Ecuatoriana de Construcción (2014).

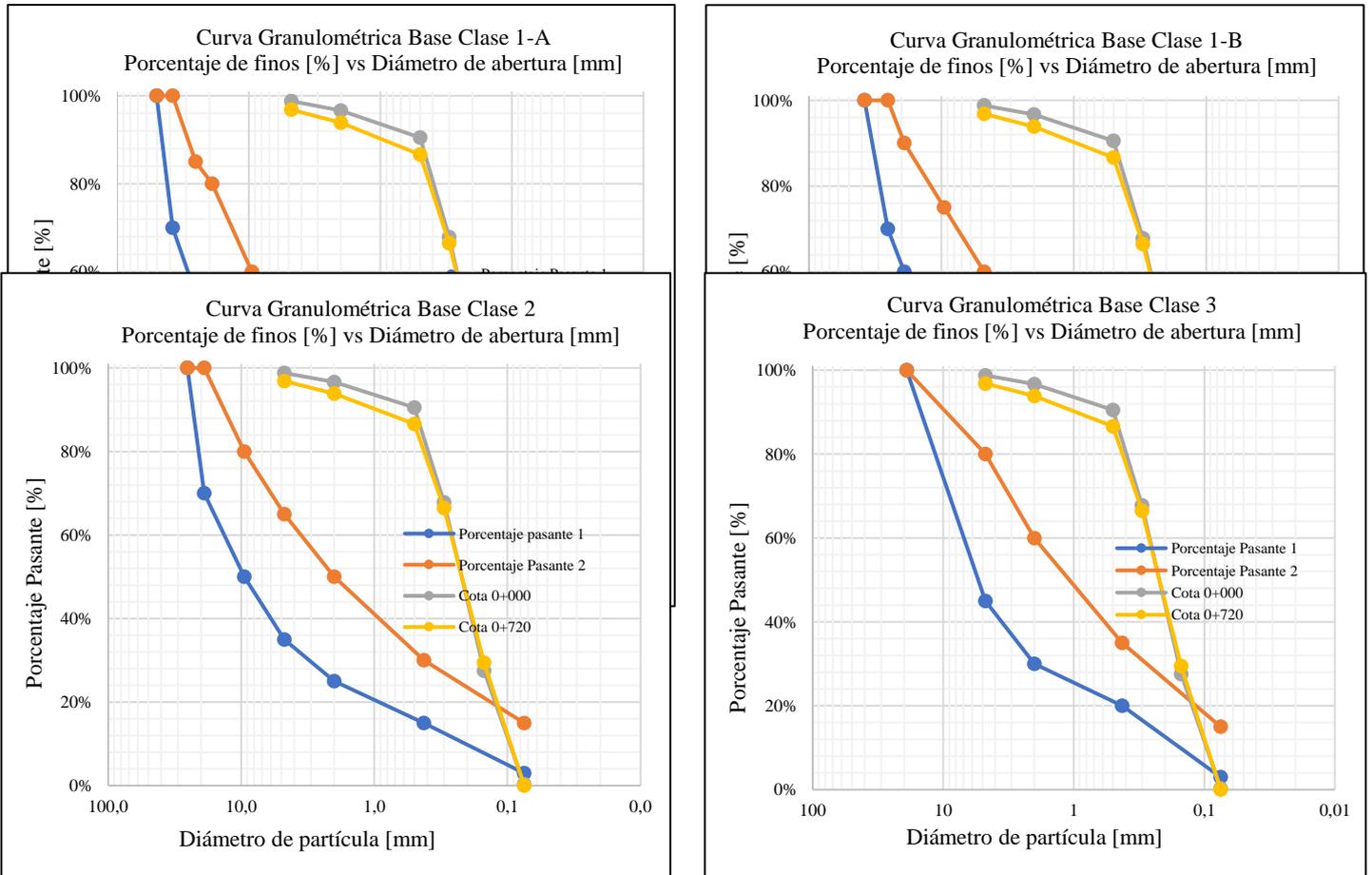
Las muestras que fueron llevadas al Laboratorio de Suelos ubicado en el Campus Gustavo Galindo dentro de la ESPOL para los ensayos de caracterización marcaron un peso de 50 kg y un volumen de 1.5m³ (considerando una abertura en el suelo de 1x1x1,5m) de profundidad y fueron sometidas a los ensayos previamente mencionados.

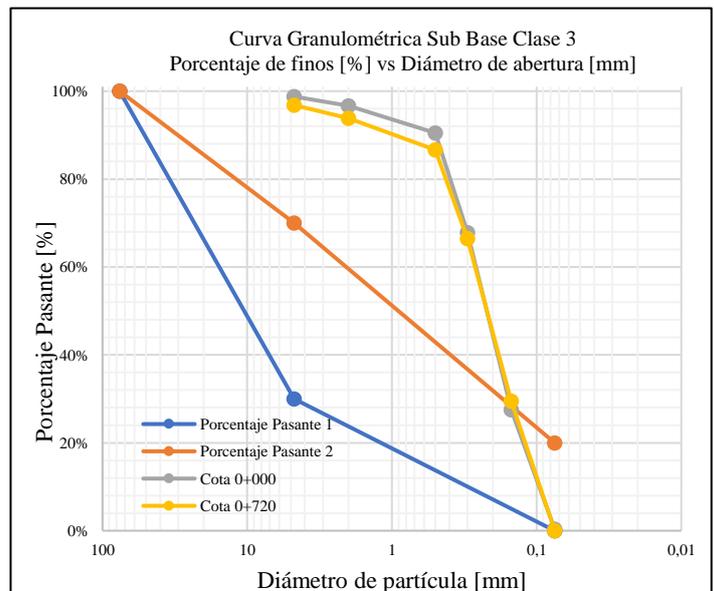
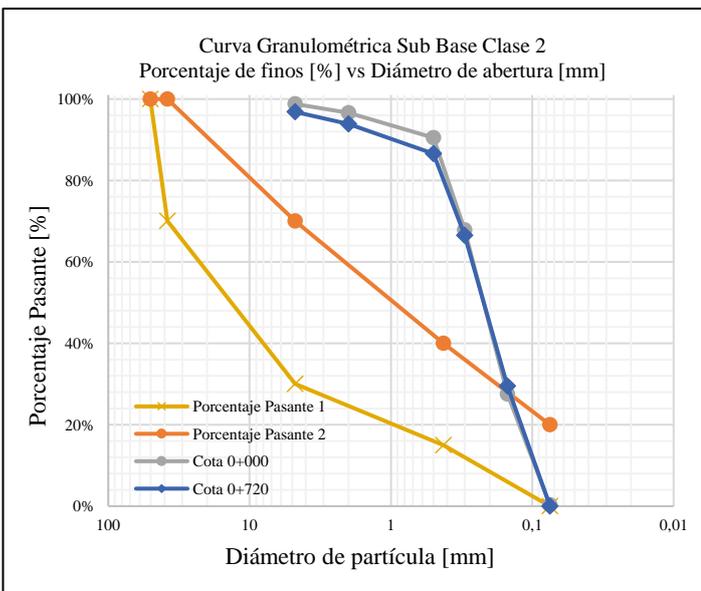
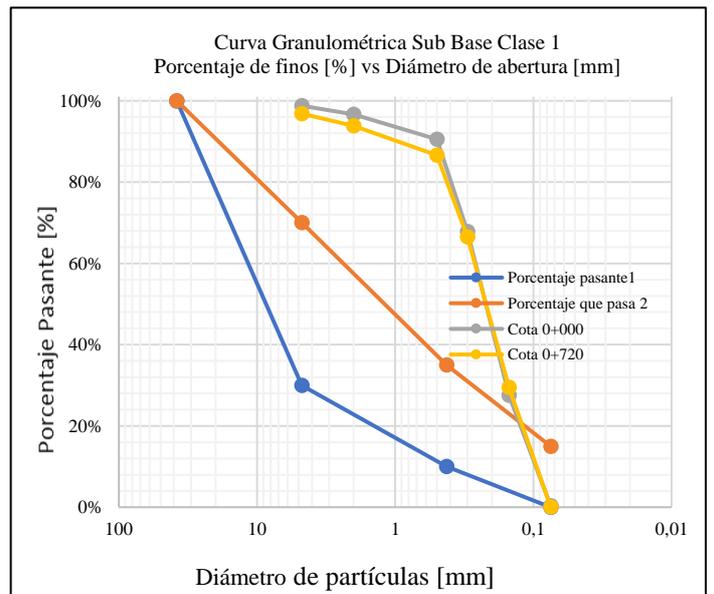
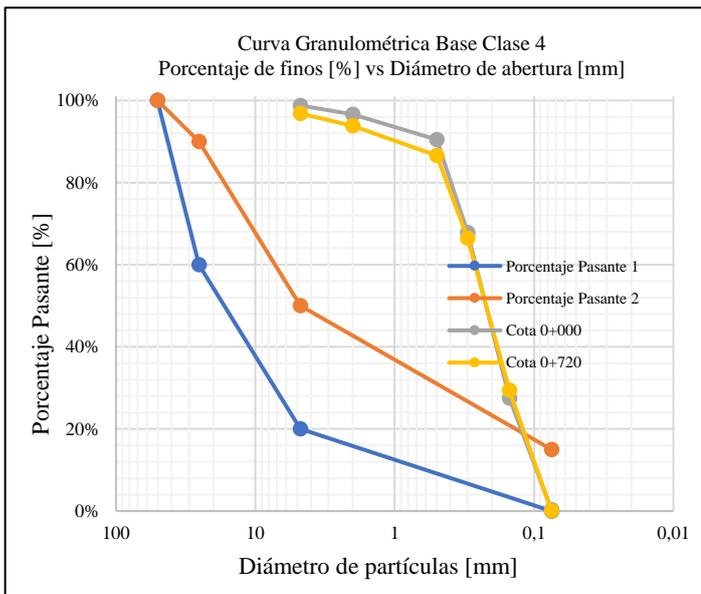
Granulometría

Granulometría					
# Tamiz	Abertura (mm)	Masa ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% Pasa Acum
4	4,76	6,8	3,1731	3,17	96,83
10	2,00	6,4	2,9864	6,15	93,85
30	0,50	15,5	7,2328	13,38	86,62
50	0,30	43,2	20,1586	33,53	66,47
100	0,150	79,3	37,0041	70,53	29,47
200	0,075	63,1	29,4447	99,97	0,03
FONDO + F		1,5			
TOTAL		214,3		100	0

Figura 2.6

Gráfica de la curva granulométrica perteneciente a las muestras de suelo tomadas de las calicatas hechas en campo respecto a curvas estándar para las diferentes capas de Base y Subbase.





La comparación de ambas curvas granulométricas respecto a curvas estandarizadas pertenecientes a materiales de Base y Subbase demostraron que el material del suelo levantado no se ubica dentro

de ninguna de ellas, sugiriendo que el material granular se clasifique como de **Rasante o Subrasante**.

Límites de Atterberg

Los ensayos de Límites Plástico y Líquido tienen la finalidad de determinar, en conjunto con el análisis granulométrico, los valores de plasticidad y porcentaje de arcillas presente en la muestra de suelo, esto ayuda a clasificar el material geomórfico según los tipos de suelos establecidos por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). El límite líquido (LL) se determina con el ensayo de la “Cuchara de Casagrande”, una prueba realizada a una muestra húmeda de suelo sobre un dispositivo de límite líquido, que consiste en una copa de latón sobre una base de goma sólida accionada por una manivela situada a un costado. La muestra se sitúa dentro de la copa a modo de pasta y se deja una abertura de máximo 2 mm por medio de un ranurador estandarizado. Luego se debe accionar la manivela de forma manual para que la copa ejecute un movimiento elevación y caída desde 10mm de altura en un lapso de 30s. Los golpes realizados por la copa deben establecer una zona de contacto entre las mitades separadas por el ranurador, la misma se corta de la muestra y se lleva al horno para determinar su porcentaje de humedad. Dado que no se ha establecido el contenido de humedad necesario para que las muestras de suelo fluyan durante el ensayo, se recomienda realizar 4 procedimientos similares aumentando la cantidad de agua presente en cada uno. Al final se debe realizar un gráfico porcentaje de humedad vs número de golpes (%Humedad vs. log N Golpes) en una escala semilogarítmica donde se visualice la “curva de flujo”, una semirrecta que relaciona el porcentaje con el número de golpes y que, en el punto donde se intersecan el contenido de humedad correspondiente a los 25 golpes, determina el límite líquido (American Society for Testing Materials, 2010).

El límite plástico (LP) se define como el estado intermedio donde el material granular está a punto de pasar del estado plástico a un estado semisólido. El LP se calcula como el porcentaje de humedad requerido para desmoronar rollos del material arcilloso de 3.2mm de diámetro. Se realizan 2 mediciones de rollos y el porcentaje promedio de humedad se anota como el límite plástico (Yoder & Witczak, 1975).

Figura 2.7

Tabla de datos correspondiente a la muestra de calicata de la cota 0+000 para la prueba de Límite Líquido.

Determinación del Límite Líquido				
	1	2	3	4
Id del recipiente				
Masa del recipiente A (g)	6,09	5,89	6,26	6,05
Número de Golpes	40	37	31	28
Masa de suelo húmedo + recipiente B (g)	12,82	12,8	12,81	14,58
Masa de suelo seco + recipiente C (g)	10,68	10,53	10,55	11,68
Masa de agua evaporada D = B - C (g)				
Masa de suelo seco E = C - A (g)				
Humedad D/E * 100 (%)	46,62	49,24	52,66	51,51

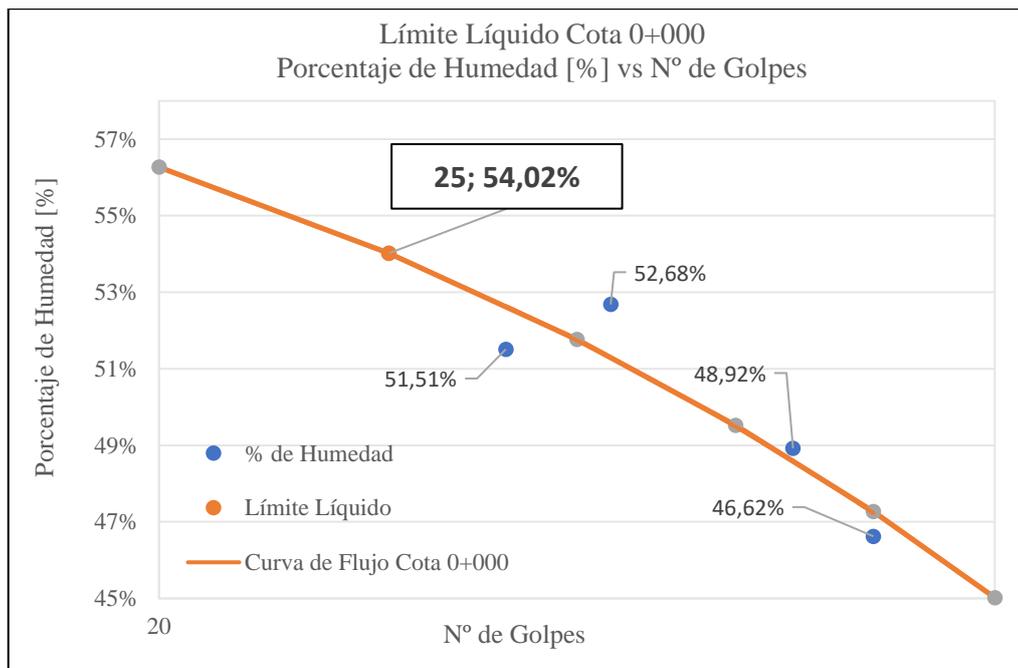
Figura 2.8

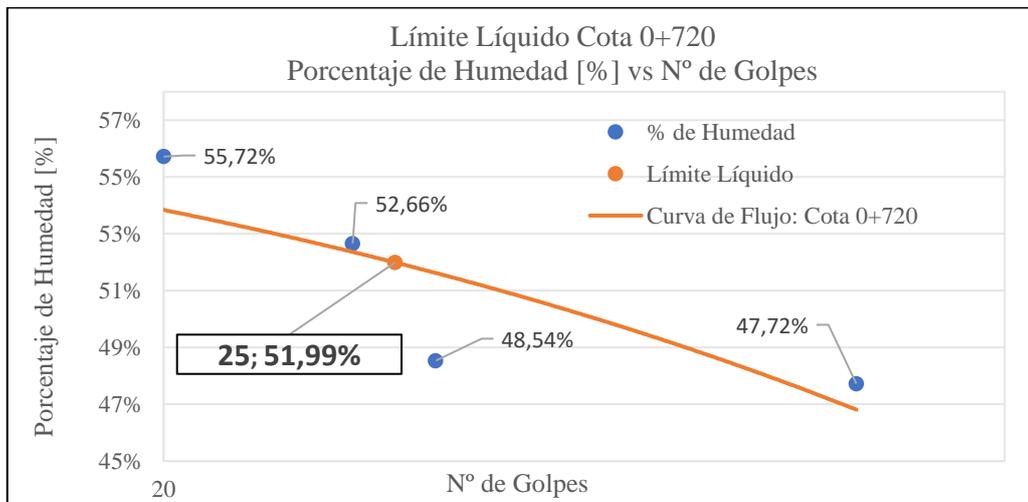
Tabla de datos correspondiente a la muestra de calicata de la cota 0+720 para la prueba de Límite Líquido.

Determinación del Límite Líquido				
	1	2	3	4
Id del recipiente	79	43	31	119
Masa del recipiente A (g)	6,14	6,05	5,89	6,19
Número de Golpes	39	26	24	20
Masa de suelo húmedo + recipiente B (g)	17,16	17,31	17,66	12,59
Masa de suelo seco + recipiente C (g)	13,6	13,9	13,6	10,3
Masa de agua evaporada D = B - C (g)	3,56	3,81	4,06	2,29
Masa de suelo seco E = C - A (g)	7,46	7,85	7,71	4,18
Humedad D/E * 100 (%)	47,72	48,53	52,65	54,78

Figura 2.9

Resultados de la prueba de límite líquido para las muestras de calicatas.





El límite líquido resultante para la cota 0+000 fue de 54,02% según el gráfico. El resultado del límite plástico para la misma cota fue de 22% siguiendo la prueba de los hilos de arcilla de 3.2mm de diámetro. En la otra calicata ubicada en la cota 0+720 el resultado del límite líquido fue de 51,99% y el valor del límite plástico fue de 20%. Como el índice plástico es el producto de la resta del LL menos el LP entonces la cota 0+000 posee un IP de 32,04% mientras que la cota 0+720 posee un IP de 31,99% (Ver Anexos). En función de trabajar en el proyecto bajo las condiciones de suelo más desfavorables posibles, a partir del siguiente ensayo hasta la última prueba, solo se considerará y **tomará en cuenta la muestra de suelo de la cota 0+000** por poseer límites de Atterberg más inclinados a la condición de presencia de arcillas.

Ensayo de compactación de Proctor Modificado

El Ensayo de Compactación de Proctor (CPT por sus siglas en inglés) es un procedimiento que permite determinar la resistencia máxima del suelo, además de su peso específico en seco y su valor de humedad óptimo. (Proctor, 1933) Los dos últimos valores son parámetros necesarios en el proceso de compactación a ejercer sobre un suelo, puesto que la compactación aumenta la resistencia, la estabilidad y la capacidad de carga natural del suelo al momento de construir taludes, además, en el caso específico de las arcillas, la compactación disminuye la tendencia natural de estas a la expansión y contracción. El valor al cual el suelo alcanza la máxima capacidad bajo cualquier proceso de compactación se denomina *peso máximo unitario seco*, el cual depende del valor de humedad presente en el suelo al momento de compactar, siendo este el *contenido de humedad óptimo*, cualquier otro valor de humedad solo disminuye la magnitud del peso unitario

seco. El Ensayo Proctor consiste en la compactación del suelo en un molde a una cierta cantidad de capas para después recibir energía mecánica mediante la caída de un martillo desde cierta altura, siendo el diámetro y el volumen del molde parámetros constantes (diámetro, $d=4\text{in}$; volumen, $v=943,3\text{cm}^3$); el ensayo se clasifica en Estándar y Modificado dependiendo de las capas de compactación, la energía con la que el martillo cae y la altura a la que el martillo se suelta: mientras que el Proctor Estándar compacta 3 capas de material y suelta el martillo desde 304,8 mm ejerciendo una energía de 12400lb/ft²; el ensayo Modificado compacta 5 capas de material, suelta el martillo a una altura de 457,2mm y descarga una cantidad de 56000lb/ft² (Budhu, 2015), ambos ensayos ejecutan 25 golpes en cada capa compactada de suelo. El ensayo Modificado se diseñó con la finalidad de someter al suelo en laboratorio de forma más precisa a las cargas que se encuentran en campo, por eso emplea un martillo más pesado que el estándar y una mayor energía de compactación, y es el ensayo con el que se llevaron a cabo las pruebas en laboratorio de las calicatas tomadas en campo.

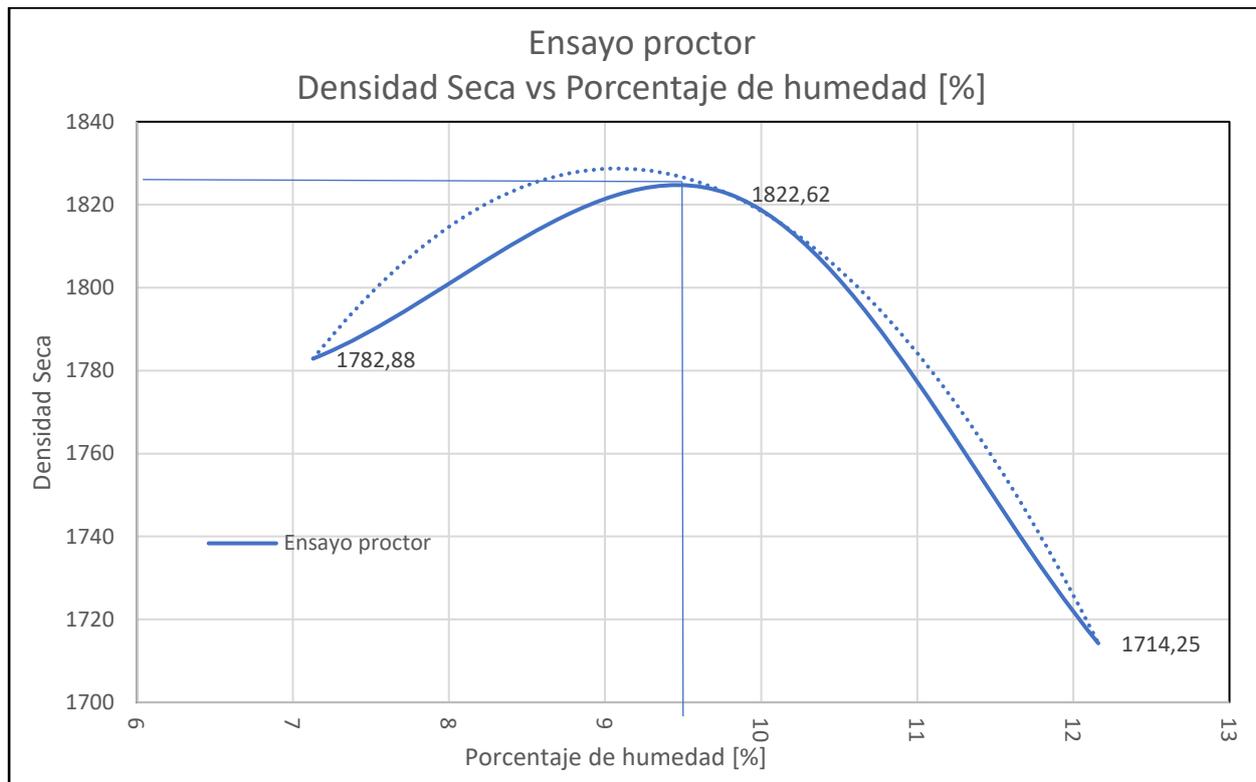
Figura 2.10

Tabla de datos correspondiente a la muestra de calicata de la cota 0+000 para la prueba Proctor modificada.

Datos del molde y del método							
Molde: () 4" (v) 6"	# de capas: () 3 (v) 5	Pasante: () No.4 () 3/4"					
Masa B(kg): 1,992	Golpes/Capa: () 56 (v) 25	Tipo de martillo: () 4.54kg/457mm () 2.5kg/305mm					
Volumen V(m ³): 0,0009445							
Determinación de la densidad húmeda							
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	
Masa compactada + molde A (kg):	3,716	3,882	3,808				
Densidad húmeda (A-B)/V (kg/m ³):	1910,005	2001,058	1922,710				
Determinación de la humedad							
Masa de agua añadida (g)	150	250	350				
Id del recipiente							
Masa del recipiente A (g)	98,9	98,4	104,4				
Masa de suelo húmedo + recipiente B (g)	509,6	452,9	461,3				
Masa de suelo seco + recipiente C (g)	482,3	421,0	422,6				
Masa de agua evaporada D= B-C (g)	27,3	31,9	38,7				
Masa de suelo seco E= C-A (g)	382,5	325,6	318,2				
Humedad F= D/E*100 (%)	7,13	9,79	12,16				
Determinación de la densidad seca							
A= (F+100)*0,01	1,0713	1,0979	1,1216				
Densidad seca= Densidad húmeda/A (kg/m ³):	1782,88	1822,62	1714,25				

Figura 2.11

Resultado de la prueba de Proctor modificada realizada a la muestra de calicata tomada del sitio del proyecto.



Para las circunstancias desfavorables de la cota 0+000, se necesitan **223 gr** de agua para alcanzar el valor de humedad óptima con la finalidad de maximizar la capacidad portante del suelo al momento de comenzar el proceso de compactación.

California Bearing Ratio (CBR)

El ensayo de relación de soporte de California es una prueba centrada en medir la resistencia cortante de una muestra de suelo en relación a una medida estándar de una piedra triturada bien graduada California, y sirve para comprobar la calidad de capas de rodadura, base, subbase y rasante de una carretera de pavimento flexible (Papagiannakis & Masad, 2012). El ensayo toma las muestras de material granular que pasaron por el tamiz 3/4" (siempre que el ensayo granulométrico demuestre que más del 75% del material pétreo paso por dicho tamiz) y separa 6 kg en 2 moldes cilíndricos de 6in de diámetro, al cual se le agrega la cantidad de humedad óptima determinada a partir del ensayo de Proctor modificado. Las muestras en el molde se compactan y se colocan dentro de la zona del pistón el cual ejecuta una serie de golpes progresivos a diferentes alturas (desde 0.64mm hasta 7.62mm) en series de 12, 25 y 52 golpes y se anotan las deformaciones causadas en cada golpe. La gráfica resultante del ensayo debe ser una que relacione el Esfuerzo Aplicado (en psi) versus la Distancia de Penetración (en in o mm). El resultado del

CBR se determina por la carga necesaria para producir tales deformaciones en la muestra de suelo sobre la carga necesaria para deformar la piedra triturada California (Yoder & Witczak, 1975):

$$CBR = 100 \left(\frac{x}{y} \right) \quad \dots (2.1)$$

Donde: x, representa el esfuerzo empleado para deformar 2.54mm o 2.58mm de la muestra de suelo y; y, representa la carga necesaria para deformar en la misma medida la muestra de piedra triturada usada como referencia.

Ensayo: CBR							
Información de los estudiantes							
Nombre de los estudiantes:			Paralelo:				
Materia:			Profesor:				
Grupo:							
Información de la muestra							
Código:			Conservación:				
Descripción:			Cantidad recibida:				
Fecha de recepción:			Ubicación:				
Obra:							
Información del ensayo							
Norma de referencia:			Estudiante responsable:				
Fecha de ejecución:							
Identificación del equipo utilizado en el ensayo							
Códi	Nombre	Marca/Modelo	No. Serie	Calibración			
Determinación de humedades y densidades							
HUMEDAD			Antes		Después		
	Golpes por capa		56	25	12	56	25
	Id del recipiente		4	16	16	15	15
	Masa del recipiente A (g)		99.96	97.27	97.84	93.00	94.30
	Masa de s húmedo + recip. B (g):		359.2	326.8	304.2	362.3	405.9
	Masa de s seco + recip. C (g):		308.8	287.4	277.4	313.7	342.0
DENSIDAD	Masa de agua D= B-E (g)		48.0	48.4	46.8	44.7	63.9
	Masa de suelo seco E= C-A (g)		201.34	209.58	207.56	216.2	243.3
	Humedad F= D/E*100 (%)		15	15.83	13.78	22.11	26.26
	Id del molde		3	3	3	3	3
	Masa del molde A (kg)		0.00212	0.00212	0.0021	0.00210	0.00211
	Volumen del Molde V (m ³)		1.33	1.106	1.106	1.106	1.106
Masa compactada + molde B (kg):		11.26	11.38	10.78	11.848	11.896	
Densidad húmeda(B-A)/V (kg/m ³):		16.81	16.77	18.98	12.502	14.427	
C=(F+100)*0.01		1.5	1.583	1.378	2.211	2.626	
Densidad seca= Densidad húmeda/C (kg/m ³):		145.92	145.95	161.69	101.93	114.70	
Hinchamiento							
Golpes por capa		56	25	12			
Lectura inicial (mm)		0+10	0+010	0+010			
24 h (%)		0+63	0+025	0+070	% CBR = 7.33		
48 h (%)		0+210	0+805	0+214			
72 h (%)		0+135	0+310	0+235			
Resistencia a la penetración en prensa (Lecturas directas)							
Hincado del pistón		Dial 0.001"			Dial 0.0001"		
mm	pulgadas	56	25	12	56	25	
0.00	0.000	0+25	0+43	0+25	0+00	0+00	
	0.025	0+50	0+68	0+50	0+02	0+01	
1.27	0.050	0+75	0+93	0+75	0+045	0+030	
1.91	0.075	0+100	0+118	0+100	0+070	0+053	
2.54	0.100	0+125	0+143	0+125	0+100	0+074	
3.81	0.150	0+175	0+193	0+175	0+140	0+103	
5.08	0.200	0+225	0+243	0+225	0+180	0+130	
7.62	0.300	0+325	0+343	0+325	0+260	0+194	
10.16	0.400	0+425	0+443	0+425	0+340	0+250	
12.70	0.500	0+525	0+543	0+525	0+420	0+310	

2.4 Análisis de datos

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos de EEUU (SUCS) es un modelo de clasificación de suelos propuesto por Arthur Casagrande en 1948 y regulado por la normativa ASTM D-2487, el cual divide los suelos en 2 grupos como se mencionó anteriormente: suelos de grano grueso y suelos de grano fino. La distinción entre ambos se realiza principalmente por el porcentaje de

material que pasa o se retiene en el tamiz #200 (abertura de 0.075 mm). El material pasante se clasifica con los prefijos G o S si se trata de grava o arenas; mientras que el material retenido se clasifica como: M, para limos orgánicos; C, para arcillas inorgánicas y; O, para limos o arcillas orgánicas. Otras clasificaciones incluyen W y P si la muestra está bien o mal graduada, L y H para baja o alta plasticidad (relacionados con el límite líquido) (Budhu, 2015).

Considerando que los resultados en las distintas pruebas de laboratorio realizadas en las muestras de la calicata perteneciente a la cota 0+000, estas indicaron que (ver Anexos):

- En el ensayo granulométrico, el porcentaje de material retenido entre el tamiz #4 y el tamiz #200 fue del **70,53%**.
- En el ensayo de límite líquido, el valor del LL de la calicata fue de **54,02%**;
- El ensayo del límite plástico devolvió un valor de LP=**22%**;
- El Índice Plástico (resultado de la resta entre el límite líquido y el límite plástico) fue de **32,04%**.
- El valor del contenido de humedad óptimo requerido para la compactación del suelo más desfavorable fue de **223 gr**.
- Para la realización del ensayo CBR se usará **446 gr** de agua, dado que se trabaja con 6 kg por cada muestra.
- El valor del **CBR** de la calicata fue de **3,3%**. Este valor servirá para iniciar el diseño del pavimento que sirva de solución para el problema de arcillas. Se analiza mejor en el Capítulo 3.

De estos resultados, el SUCS determina que para suelos con un porcentaje retenido superior al 50% del tamiz #200 se clasifique a la muestra como perteneciente a la clase G o S propia de los subgrupos Grava o Arenas; y, dado que el porcentaje de material pasante por el tamiz #4 fue mayor que el 50% de la muestra, el suelo se considera **Arena** o **S**. También, establece que al poseer un valor de IL > 50%, la muestra presenta **Alta Plasticidad**, clasificada como **H** según la simbología. Con los valores anteriormente mencionados, el SUCS establece que la muestra perteneciente a la **cota 0+000** sea clasificada formalmente como “*arena mal graduada con arcilla*” denotada por los símbolos **SP-SC** (Das, 2013). (Budhu, 2015) en su Apéndice C Tabla 2.5 “*Typical Atterberg limit for soils*” sugiere valores para clasificar los tipos de suelo y los minerales que las componen según los porcentajes de los límites de Atterberg y el índice plástico, situando a la muestra de suelo

en el rango de arcillas con composición de caolinita, una arcilla perteneciente a climas tropicales de **carácter expansivo** que debe su característica a las débiles fuerzas de van der Waals que al contacto con agua divide las láminas de silicio y aluminio.

Figura 2.12

Tabla sugerida de clasificación de suelos y minerales según Límites de Atterberg e Índice Plástico.

Soil type	LL (%)	PL (%)	PI (%)
Sand		Nonplastic	
Silt	30–40	20–25	10–15
Clay	40–150	25–50	15–100
Minerals			
Kaolinite	50–60	30–40	10–25
Illite	95–120	50–60	50–70
Montmorillonite	290–710	50–100	200–660

Fuente: Soil Mechanics Fundamentals, 2017.

2.5 Análisis de alternativas

Conocidas las características del suelo en la zona del proyecto, se proponen 3 alternativas para solucionar el problema: ruta con pavimento rígido, ruta con pavimento flexible y ruta de pavimento articulado.

Las categorías que se evaluaron para escoger la mejor de estas alternativas fueron 3 aspectos que tienen injerencia directa sobre el proyecto:

- **Aspecto Técnico:** categoría que evaluó los parámetros técnicos, estructurales y de costos de una alternativa. Considera además la vida útil estimada, la factibilidad y rapidez de construcción, los tiempos de mejora y la capacidad de la capa de rodadura propuesta.

- Aspecto social: categoría que evaluó el impacto social que tendrá la opción ganadora sobre

	Alternativas	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
	Parámetros	Ruta de Pavimento Rígido	Ruta de Pavimento Flexible	Ruta de Pavimento Articulado
Aspectos Técnicos	Presupuesto: C y M	1	5	4
	Tiempo de vida útil	5	2	1
	Capacidad de carga	4	2	1
	Tránsito vehicular	4	3	2
	Adaptación a la geometría de la vía	2	4	1
	Facilidad de construcción	3	4	3
Aspecto Social	Operabilidad por trabajos de mantenimiento	2	4	1
	Estética	2	2	4
Aspecto Ambiental	Impacto negativo al ambiente	3	2	2
	Huella de carbono por materiales involucrados en la construcción	3	2	2
Total		29	30	21

la zona de estudio. Los parámetros destinados a calificar las propuestas se centraron en la capacidad de la ruta para permitir el tráfico cuando se lleva a cabo un proceso de mantenimiento y la estética de la ruta respecto a la zona de trabajo.

- Aspecto ambiental: categoría que evaluó la forma en que las opciones impactan o influyen en el medio ambiente, analizando el impacto negativo ambiental de la forma o método de construcción de cada alternativa y; la huella de carbono de los materiales involucrados en cada alternativa, como el bitumen en la opción de pavimento flexible o el hormigón en la opción de pavimento rígido.

Tabla 2.3

Matriz de Likert, donde se analizan las alternativas para determinar la mejor propuesta que brinde solución al proyecto.

Nota: la cuantificación se basa en valores del 1 al 5, donde 1 representa una calificación totalmente desfavorable y 5 que representa una calificación totalmente favorable.

La ruta de pavimento rígido posee ventajas respecto a las otras alternativas como un **tiempo de vida útil** mayor y una mejor **capacidad de carga** debido al grosor de sus capas de rodadura y de

base y subbase, los tiempos de **mantenimiento** también se reducen y puede soportar el **tránsito** de cualquier vehículo pesado y semipesado. Sus desventajas en cambio, son el **costo** total del proyecto que llega a ser de 3 a 4 veces mayor que el de los pavimentos flexibles y el doble que los pavimentos articulados; sus tiempos de construcción también aumentan por la cantidad de **materiales** y presenta inconvenientes para adaptarse a la **geometría variable de la vía**; por último, en caso de daños en su capa de rodadura, la vía debe **suspender su acceso** en la zona de daño por los trabajos de mantenimiento.

El pavimento flexible, tiene la **facilidad de construcción** y apertura en poco tiempo respecto a las otras alternativas, puesto que no precisa de una gran cantidad de materiales para su implementación, también es más **económico** en valores de presupuesto y en mantenimiento por m² de vía, su adaptabilidad a la **geometría de la ruta** también es superior que la del pavimento rígido y posee una mejor facilidad para ejecutar trabajos de **mantenimiento** sin afectar el **transito particular**. Por otro lado, es de las alternativas que mayor **impacto negativo al ambiente** genera, pues los materiales empleados en su construcción producen una huella de carbono alta, también sufre la desventaja de tener una **vida útil** más corta que la del pavimento rígido por lo que su ciclo de mantenimiento es de pocos años; su **capacidad de carga** también se ve reducido producto del proceso de compactación empleada, por consiguiente, su capa de rodadura se ve afectada al **transitar vehículos** pesados.

El pavimento articulado emplea adoquines como superficie de tránsito en vez de las capas de hormigón hidráulico u hormigón asfáltico. Su desventaja radica en la **capacidad de carga** y estabilidad de las capas de suelo que se ven mermadas producto de las aberturas y espacios entre adoquines, por los cuales se infiltra agua provocando problemas en los suelos arcillosos; la consecuencia de lo anterior es la dificultad de la alternativa de manejar el tránsito de vehículos pesados y semipesados sin sufrir fallos en la superficie de rodadura; la **vida útil** de la alternativa por lo tanto, es la menor de las 3 propuestas y su empleo conlleva constantes procesos de mantenimiento. Entre sus ventajas destaca su bajo **costo y tiempo de construcción**, su imperceptible **impacto negativo al ambiente** y un acabado más **estético** a la zona en donde se implementa la alternativa.

El resultado de la matriz de Likert demuestra que la mejor alternativa a usar en el proyecto es el uso de **pavimento flexible**, ya que sus ventajas superan a las otras opciones y sus cualidades se acercan a la necesidad del proyecto.

Capítulo 3

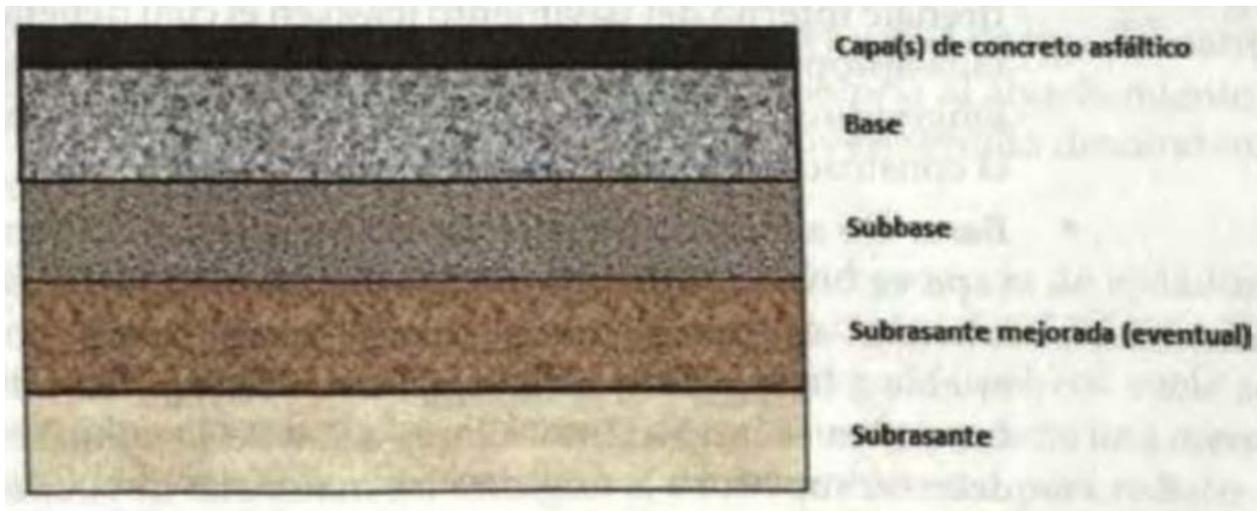
3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

3.1 Diseños

El Pavimento Flexible está compuesto de varias capas de terreno las cuales deben ser diseñadas para obtener los mejores rendimientos en la vida real. Generalmente son 4 las capas que constituyen al pavimento: capa de rodadura superficial donde los vehículos transitan, se diseña como una superficie lisa y uniforme lo suficientemente adecuada para resistir las cargas vehiculares y su éxito depende de la combinación precisa de los materiales granulares y el ligante o bitumen; capa base, subyacente a la superficie de tránsito encargada de dar rigidez y apoyo longitudinal al pavimento; capa subbase, ubicada entre la base y el terreno natural, encargada de absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas vehiculares y evitar futuros daños al suelo de fundación además de retener el agua que trata de filtrarse al terraplén y las partículas finas que suben a la capa base; y la subrasante, capa más profunda del pavimento encargada de recibir los esfuerzos de las capas superiores y servir de soporte al sistema de pavimento ya que de su capacidad de carga dependen los espesores de las capas superiores (Crespo Villalaz, 1999). En caso de requerirlo, el diseñador puede optar por la inclusión de una capa específica de drenaje, no obstante, este trabajo lo cumple la subbase en la mayoría de casos.

Figura 3.1

Esquema típico de un sistema de capas de un pavimento flexible. En caso de no ser necesario, se omite la capa de mejoramiento.



Fuente: Pavimentos asfálticos de Carretera: guía práctica para los estudios y diseños, 2016.

Los métodos para diseñar pavimentos se clasifican en dos grupos: analíticos y empíricos. Los primeros son modelos generados por computo donde se establecen sistemas infinitesimales que siguen la teoría elástica para resolver el comportamiento de cargas, esfuerzos, y deformaciones presentes, datos que difícilmente pueden obtenerse de manera realista. Por el contrario, los métodos empíricos establecen relaciones entre los esfuerzos aplicados y las deformaciones visibles en los pavimentos mediante el uso de los conceptos de Estática y Dinámica, y sus resultados son el producto de varios ensayos y análisis de cargas aplicadas a las carreteras en decenas de años. Entre los métodos empíricos usados en el diseño de pavimentos se encuentra el Método de AASHTO-93, una propuesta de diseño centrada en los resultados de pruebas hechas a carreteras y tramos de carreteras en los 50's y 60's en Ottawa, Illinois y que propone diseños basados en ecuaciones con parámetros usados desde esa fecha a la actualidad; tales parámetros pueden modificarse para ajustar su estudio a diferentes regiones del mundo. El método basa su diseño en encontrar u obtener un “número estructural” una magnitud longitudinal que expresa la resistencia del suelo al alcanzar un valor de servicio final y que depende de varios factores citados a continuación (AASHTO, 1993):

- **Serviciabilidad (Present Serviceability Index):** medida que indica el grado de seguridad y confort para el pavimento estudiado. La guía AASHTO 93 plantea la relación rendimiento-servicio por la cual un pavimento se diseña a partir de un volumen de tráfico

actual (psi) hasta un nivel de servicio MÍNIMO donde pueda operar antes de ser reconstruido, rehabilitado o repavimentado (psf). El valor del factor varía desde 0 (camino mal acondicionado) hasta 5 (camino perfectamente acondicionado) cuyo valor se ve influido por la calidad de la construcción, tráfico o edad del pavimento, y se rige bajo la siguiente ecuación:

$$\Delta PSI = psi - psf \quad \dots (3.1)$$

- **Nivel de Confianza (%R):** factor que establece una probabilidad de alcanzar la vida útil del pavimento bajo las condiciones adecuadas. AASHTO sugiere valores de confianza según la función de la ruta escogida:

Figura 3.2

Tabla de valores sugeridos de confianza según la clasificación funcional variada

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

Fuente: AASHTO Design for Pavements, 1993.

- **Factor de Desviación Estándar (Z_R):** valor de la variable estandarizada respecto al nivel de Confianza (%R). Para cada nivel de confianza se designa un valor de Z_r según la siguiente tabla:

Figura 3.3

Tabla de valores de Desviación Normal Estándar (Z_r) correspondientes para cada valor de Confianza (R%).

Reliability, R (percent)	Standard Normal Deviate, Z_R
50	-0 000
60	-0 253
70	-0 524
75	-0 674
80	-0 841
85	-1 037
90	-1 282
91	-1 340
92	-1 405
93	-1 476
94	-1 555
95	-1 645
96	-1 751
97	-1 881
98	-2 054
99	-2 327
99 9	-3 090
99 99	-3 750

Fuente: AASHTO Design for Pavements, 1993.

- **Desviación Estándar (S_o):** combinación entre la media y desvió de los datos respecto al valor medio del pavimento. Este factor se encarga de ajustar los pronósticos respecto a volúmenes de tránsito y el rendimiento del pavimento si acaso ocurriesen circunstancias particulares que afecten su nivel de confianza. AASHTO recomienda valores de 0.45 para Pavimentos Flexibles y 0.35 para Pavimentos Rígidos.
- **Modulo Resiliente (M_R):** medida de las propiedades elásticas del suelo sometido a ciclos de carga continuos (AASHTO T-274) teniendo presente el comportamiento lineal del estrato estudiado. El módulo representa las relaciones esfuerzo-deformación de los materiales del suelo y actualmente se determina indirectamente usando el valor del CBR mediante la siguiente ecuación:

$$M_r = A \times (CBR)^B \quad \dots (3.2)$$

Las variables A y B son referidas por diversos autores según las condiciones de las regiones donde sus ensayos fueron realizados:

Figura 3.4

Relación entre las variables A y B respecto al valor del CBR bajo el criterio de diferentes autores.

Autor	A	B	Observaciones
TRL	17,6	0,64	Para CBR entre 2 y 12
TRL	22,1	0,55	Para CBR entre 12 y 80
Heukelom & Klomp	10,3	1,00	Para CBR ≤ 10
Van Til et al.	12,7	0,714	
CSIR Sudáfrica	20,7	0,65	
Sawangsurinya & Edil	18,8	0,63	
Poulsen & Stubstad	10,0	0,73	
Ohio DOT	8,3	1,00	

Fuentes: Vías de comunicación: Caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos. Crespo, 1996.

- **Período de Análisis de Diseño:** Rango de años sugerido donde el pavimento funcionará cumpliendo o superando su vida útil de diseño (con las condiciones favorables necesarias). AASHTO establece una clasificación del período de diseño según la funcionalidad de la vía donde se implemente:

Figura 3.5

Períodos de diseño sugeridos por AASHTO según función de la carretera.

TIPO DE CARRETERA:	PERÍODO DE DISEÑO
Urbana con altos volúmenes de tránsito.	30 - 50 años
Interurbana con altos volúmenes de tránsito.	20 - 50 años
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito.	15 - 25 años
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito.	10 - 20 años

Fuente: AASHTO Design for Pavements, 1993.

- **Número de Ejes Equivalentes (EESAL o W18):** magnitud que expresa el porcentaje de vehículos de eje simple de 8.2 ton (18000 lb) que se acumularán por todo el período de diseño. Calculado el tránsito de ejes en el primer año, se debe estimar su incremento usando las tasas de crecimiento anual consideradas por las instituciones estadísticas nacionales, y el tiempo de diseño seleccionado. AASHTO plantea una ecuación para agrupar las variables consideradas al medir los ejes equivalentes:

$$W_{18} = D_D \times D_L \times W18' \quad \dots (3.3)$$

Donde:

- W_{18} , son los ejes equivalentes pertenecientes al primer año de diseño;
- D_D , es el factor de distribución direccional, variando entre 0.3 y 0.7 considerando la dirección de mayor flujo vehicular;
- D_L , es el factor de distribución del carril que varía porcentualmente la vía ocupa 2 o más carriles, caso contrario su porcentaje es el 100%;
- W_{18}' , es el valor de los ejes equivalentes acumulados en ambas direcciones de la vía, en caso de solo considerar una dirección su valor será el EESAL originalmente levantado.

Finalmente, la ecuación general de diseño planteada por AASHTO para pavimentos flexibles es:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R * S_O + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10}(M_R) - 8.07 \dots (3.4)$$

El número estructural (SN) es un valor que debe ser transformado en una magnitud longitudinal que determine el o los espesores de las capas del pavimento, el cual está condicionado por coeficientes que consideran factores estructurales propios y de drenaje de las capas, los mismos “...expresan la relación empírica entre SN y el espesor y es una medida de la habilidad relativa del material para funcionar como un componente estructural del pavimento...” (AASHTO, 1993):

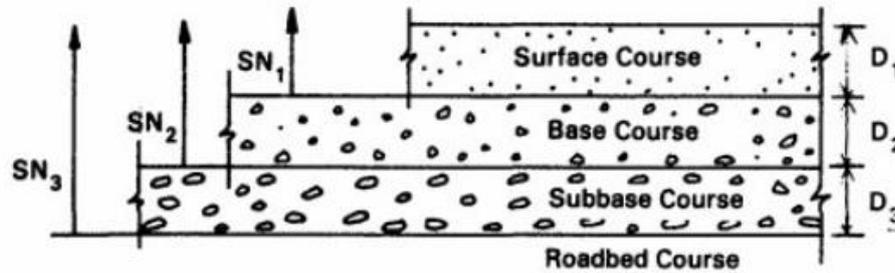
$$S_N = \sum_{i=1} a_i * D_i * m_i \dots (3.5)$$

Donde:

- a , representa el coeficiente asignado a cada capa que compone el sistema estructural del pavimento;
- D , representa el espesor de las franjas de base, subbase y capa de rodadura;
- m , representa el factor de drenaje propio de las capas anteriormente mencionadas excepto por la capa de rodadura.

Figura 3.6

Esquema del diseño del espesor de las capas del pavimento flexible considerando los factores estructurales, ambientales y el número estructural.



Fuente: AASHTO Design for Pavements, 1993.

Dado que al ser 4 los espesores de las capas a diseñar, la solución del sistema de ecuaciones puede considerarse infinito con diferentes valores de a , d y m que satisfagan un valor del número estructural. La elección de los coeficientes entonces se ve dirigida a seleccionar aquellos que brinden un equilibrio entre costos y capacidad estructural. También se debe señalar que la forma propicia de resolver el sistema es empezando por la capa más baja del estrato y condicionar la elección de los factores de las capas, especialmente los números estructurales, a los elegidos por la capa anterior a la que se está diseñando.

Tabla 3.1

Tabla de Diseño para Pavimentos Flexibles

Materiales Requeridos		Capa	Numero Estructural (SN)		Coeficiente Estructural de capa (a_i)	Coeficiente de drenaje (m_i)	Espesor (in)	
CBR %	MR (psi)		Acumulado	Parcial			Calculado (in)	Adoptado (in)

Parámetros para el diseño del Pavimento Flexible:

- Los valores de **serviciabilidad inicial** serán definidos para una capa bien diseñada y construida con una capa lo más lisa posible por lo que su valor estimado es:

$$psi = 4,5$$

- Los valores de **serviciabilidad final** serán definidos para la capa en el período final de vida útil o en un escenario previo a su mantenimiento con una condición regular propia de un desgaste, por lo que su valor estimado es:

$$psf = 2,2$$

- El valor del **Índice de Serviciabilidad** entonces es:

$$\Delta PSI = 4,5 - 2,2$$

$$\Delta PSI = 2,3$$

- El valor de **confiabilidad** está definido para una vía secundaria (*collector*) en una zona urbana, por lo que el porcentaje estimado es de:

$$R = 90\%$$

- El valor de **desviación estándar** fue sugerido por la AASHTO dependiendo si la carretera a diseñar empleará pavimento rígido o flexible, como este último es el caso, entonces el valor seleccionado es:

$$S_o = 0,45$$

- El valor del **factor de desviación** (Z_R) esta correlacionado por el nivel de confianza seleccionado, por tanto, su coeficiente es:

$$Z_R = -1,282$$

- El **período de diseño** se sugiere seleccionarlo en base a las condiciones del camino estimadas en el diseño (valores se muestran en la Figura 3.5); como el proyecto se define como una vía secundaria de pavimento flexible, entonces el valor de años es:

$$A = 25 \text{ años}$$

- Para la cantidad de los **ejes equivalentes** de 8,2 ton se propone un valor basado en el estudio realizado por el GAD Municipal de La Libertad (ver Anexos) de un tránsito continuo, al ser una vía secundaria rediseñada que limita con una avenida de primer orden:

$$W_{18} = 692335 \text{ ESAL}$$

La ecuación 3.4 es una ecuación iterativa y debe calcularse para cada capa del sistema de pavimento empezando por la subrasante y terminando en la capa de rodadura. Cada capa, además, posee un valor propio de Modulo Resiliente que depende en la mayoría de veces del valor del CBR. El ensayo de CBR fue realizado a la capa de subrasante, para las demás franjas se seleccionará un valor siguiendo las sugerencias de la NEVI-12 respecto a valores mínimos de CBR:

Tabla 3.2

Recomendaciones de CBR para las capas del sistema de pavimento

Capa de Pavimento	Valor de CBR
Base	$\geq 80\%$
Subbase	$\geq 30\%$

- Se tomo en campo el valor de CBR=3,5% de la **Subrasante** existente lo que conlleva a seleccionar los parámetros A y B de la primera fila para el cálculo del Módulo Resiliente de la Figura 3.4:

$$12\% > CBR > 2\%: M_R = 17,6 * (CBR)^{0,64}$$

$$A = 17,6 \text{ y } B = 0,64$$

$$M_R = 17,6 * (3,5)^{0,64}$$

$$M_R = 39,238 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

Dado que la ecuación del Número Estructural trabaja en unidades del sistema inglés, es necesario aplicar un factor de conversión para pasar de kg/cm² a lb/in²:

$$\frac{1kg}{cm^2} \times \frac{2,2lb}{1kg} \times \left(\frac{2,54cm}{1in} \right)^2 = 14,4 \left[\frac{lbf}{in^2} \right]$$

Se realiza la conversión y se obtiene el Módulo Resiliente de la capa:

$$M_R = 39,238 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] \times 14,4 \left[\frac{lbf \times cm^2}{in^2 \times kg} \right]$$

$$M_R = 5707,91 \left[\frac{lbf}{in^2} \right]$$

- Para el valor del M_R de la **Subbase**, se seleccionará un valor de CBR=38% según los criterios anteriormente citados en la NEVI-12. Esta cantidad obliga a elegir los coeficientes A y B de la segunda fila de la Figura 3.4 aplicando la misma tasa de conversión a lb/in²:

$$12\% < CBR < 80\%: M_R = 22,1 * (CBR)^{0,55}$$

$$A = 22,1 \text{ y } B = 0,55$$

$$M_R = 22,1 * (38)^{0,55}$$

$$M_R = 1885,476 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] \times 14,4 \left[\frac{lbf \times cm^2}{in^2 \times kg} \right]$$

$$M_R = 26817,78 \left[\frac{lbf}{in^2} \right]$$

- Para el valor del M_R de la **Base**, se seleccionará un valor de CBR=95%, el cual cumple con el criterio de la NEVI-12 de CBR ≥ 80% y al igual que posee los mismos coeficientes A y B que la subbase:

$$12\% < CBR < 80\%: M_R = 22,1 * (CBR)^{0,55}$$

$$A = 22,1 \text{ y } B = 0,55$$

$$M_R = 22,1 * (95)^{0,55}$$

$$M_R = 3120,96 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] \times 14,4 \left[\frac{lbf \times cm^2}{in^2 \times kg} \right]$$

$$M_R = 44390,48 \left[\frac{lbf}{in^2} \right]$$

- La **capa de rodadura** por lo general cuanta con un valor propio de Modulo Resiliente considerado a partir de ensayos en los materiales que la componen restringido a menos de 450000 psi, por tanto, su valor escogido es:

$$➤ M_R = 400000 \left[\frac{lbf}{in^2} \right]$$

Con todos los parámetros y valores definidos por capa, se utiliza un programa estructural iterativo para el cálculo de los Números Estructurales, empezando por la Subrasante.

Figura 3.7

Calculo iterativo del Número Estructural para la Subrasante.

Tipo de Pavimento <input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible <input type="radio"/> Pavimento rígido		Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So) 90 % $Z_r = -1.282$ So <input type="text" value="0.45"/>	
Serviciabilidad inicial y final PSI inicial <input type="text" value="4.5"/> PSI final <input type="text" value="2.2"/>		Módulo resiliente de la subrasante Mr <input type="text" value="5707.91"/> psi	
Información adicional para pavimentos rígidos			
Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)	<input type="text"/>	Coeficiente de transmisión de carga - (J)	<input type="text"/>
Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)	<input type="text"/>	Coeficiente de drenaje - (Cd)	<input type="text"/>
Tipo de Análisis <input checked="" type="radio"/> Calcular SN $W_{18} =$ <input type="text" value="692335"/> <input type="radio"/> Calcular W_{18}		Número Estructural $SN =$ <input type="text" value="3.44"/>	

La siguiente capa es la de rodadura, la cual debe ser iterada usando el valor del M_R de la capa subyacente a esta, es decir, la Base.

Figura 3.8

Calculo iterativo del Número Estructural para la capa de Rodadura.

Tipo de Pavimento <input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible <input type="radio"/> Pavimento rígido		Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So) 90 % $Z_r = -1.282$ So 0.45	
Serviciabilidad inicial y final PSI inicial 4.5 PSI final 2.2		Módulo resiliente de la subrasante Mr 44390.48 psi	
Información adicional para pavimentos rígidos			
Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)	<input type="text"/>	Coeficiente de transmisión de carga - (J)	<input type="text"/>
Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)	<input type="text"/>	Coeficiente de drenaje - (Cd)	<input type="text"/>
Tipo de Análisis <input checked="" type="radio"/> Calcular SN <input type="radio"/> Calcular W18		Número Estructural SN = 1.62	
W18 = 692335			

La capa Base es la siguiente y al igual que la iteración anterior se debe escoger el M_R de la capa sobre la que se asienta, la capa Subbase.

Figura 3.9

Calculo iterativo del Número Estructural para la Base.

Tipo de Pavimento <input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible <input type="radio"/> Pavimento rígido		Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So) 90 % $Z_r = -1.282$ So 0.45	
Serviciabilidad inicial y final PSI inicial 4.5 PSI final 2.2		Módulo resiliente de la subrasante Mr 26817.78 psi	
Información adicional para pavimentos rígidos			
Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)		Coefficiente de transmisión de carga - (J)	
Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)		Coefficiente de drenaje - (Cd)	
Tipo de Análisis <input checked="" type="radio"/> Calcular SN W18 = 692335 <input type="radio"/> Calcular W18		Número Estructural SN = 1.98	

Las iteraciones finalizan con la capa Subbase, pero el Número Estructural de esta franja ya se ha calculado con el de la Subrasante.

Tabla 3.3

Resultados del cálculo para Números Estructurales del Sistema de Pavimento Flexible

Materiales Requeridos		Capa	Numero Estructural (SN)	
CBR %	MR (psi)		Acumulado	Parcial
/---/	400000	Rodadura	/---/	1,62
95%	44390,48	Base	0,36	1,98
38%	26817,78	Subbase	1,46	3,44
3,50%	5707,91	Subrasante	3,44	/---/

CÁLCULO DE COEFICIENTES ESTRUCTURALES

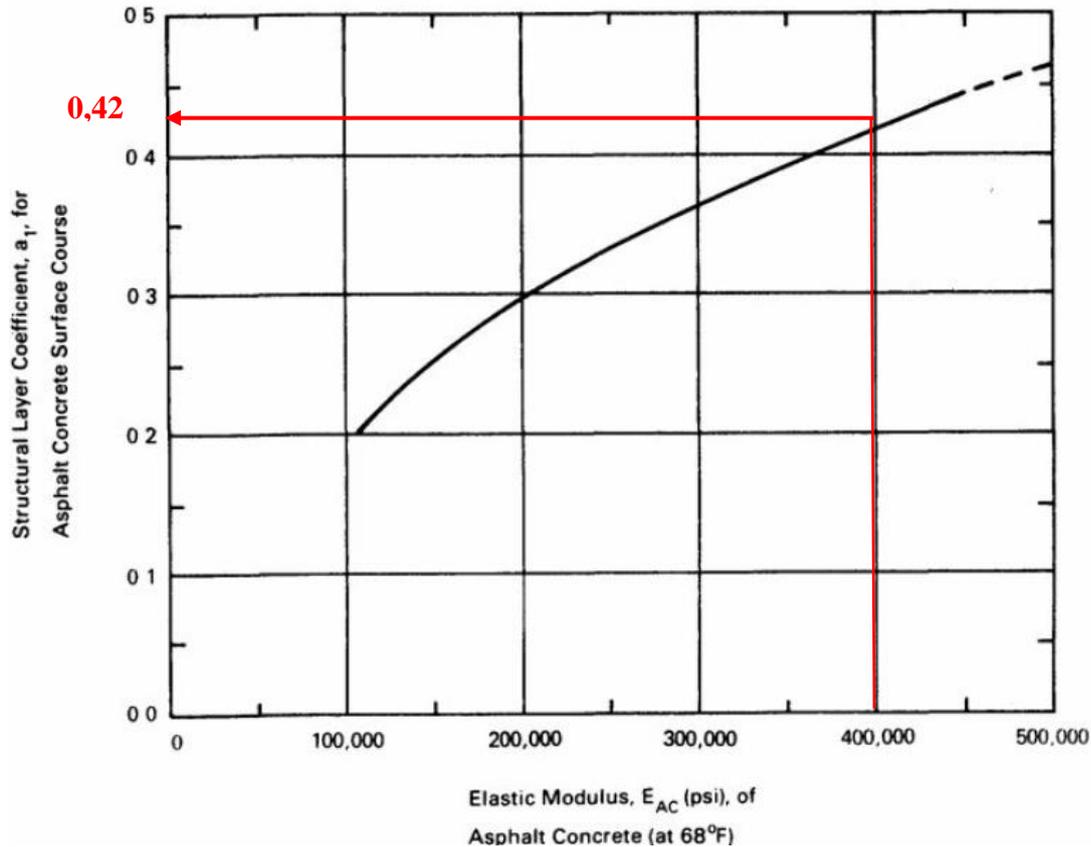
Capa de rodadura

Encontrado los SN de cada capa de pavimento, es necesario transformar ese valor a una magnitud longitudinal (espesor) siguiendo la ecuación 3.5. AASHTO recomienda una serie de factores estructurales de capa basándose en criterios como el CBR tanto en ecuaciones empíricas como en nomogramas de ensayos.

Para la capa de Rodadura, AASHTO plantea el uso de nomogramas que devuelvan el valor de a_1 dependiendo del Módulo Resiliente:

Figura 3.10

Nomograma para la obtención del coeficiente estructural a_1 de la capa de Rodadura según el Módulo Resiliente



Fuente: AASHTO Design for Pavements, 1993.

AASHTO también plantea que el drenaje de la capa superficial de rodadura no sea tome en cuenta para el diseño. Del dato del nomograma de la recomendación brindada los coeficientes a y m de la capa de pavimento son:

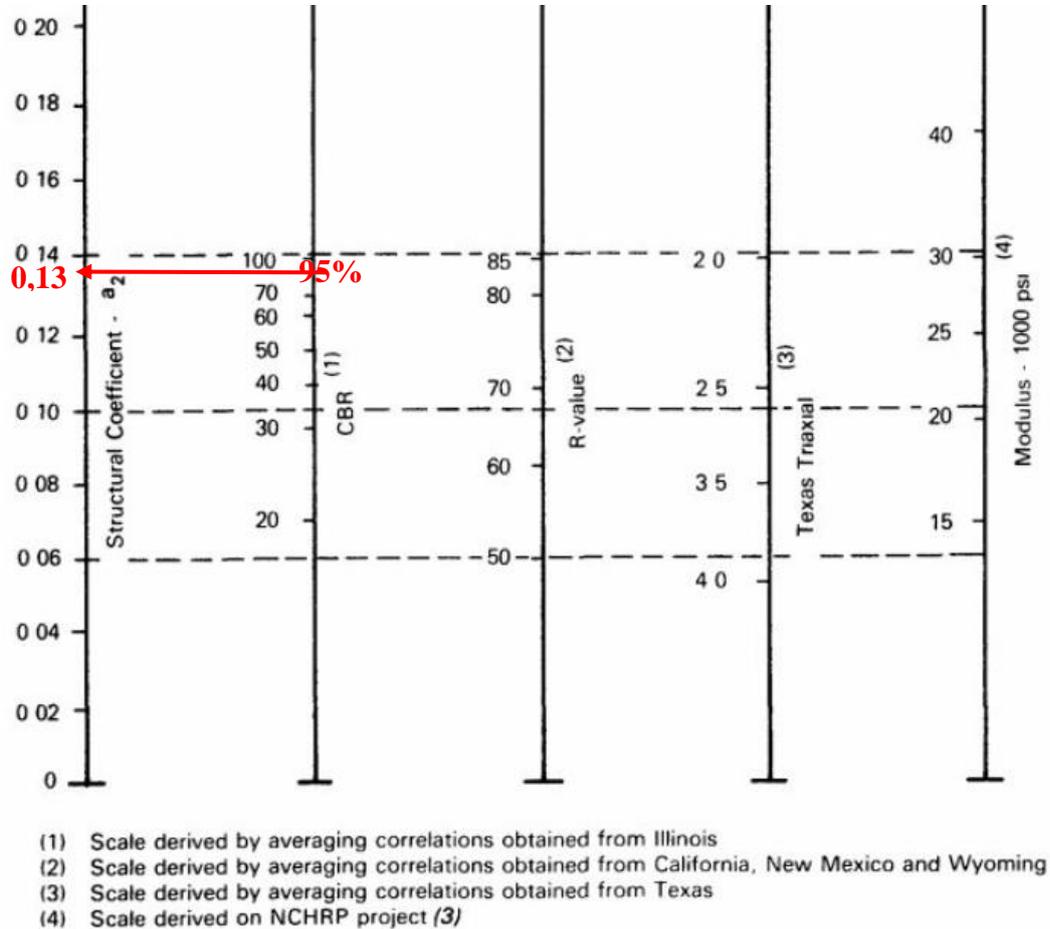
$$a_1 = 0,42 \text{ y } m_1 = 1,00$$

BASE

Los coeficientes para las capas Base y Subbase son obtenidos de manera similar por dos métodos: nomogramas y ecuación basada en CBR. En el caso de la Base, AASHTO plantea un nomograma basado en 3 criterios en bases de material granular: CBR, Valor-R y el ensayo Triaxial de Texas.

Figura 3.11

Nomograma para la obtención del coeficiente estructural a_2 de la capa de Base según varios ensayos de resistencia.



Fuente: AASHTO Design for Pavements, 1993.

También puede obtenerse este valor mediante una ecuación basado en el valor del CBR:

$$a_2 = 0,249 * \log(M_R) - 0,977 \quad \dots (3.6)$$

$$a_2 = 0,249 * \log(44390,48) - 0,977$$

$$a_2 = 0,1801 \text{ (ecuación)}$$

$$a_2 = 0,130 \text{ (nomograma)}$$

Del resultado de la ecuación se tomará el valor del coeficiente estructural para la Base.

Subbase

La ecuación que rige el coeficiente estructural a_3 de la Subbase es:

$$a_3 = 0,277 * \log(M_R) - 0,839 \quad \dots (3.7)$$

$$a_3 = 0,277 * \log(26817,78) - 0,839$$

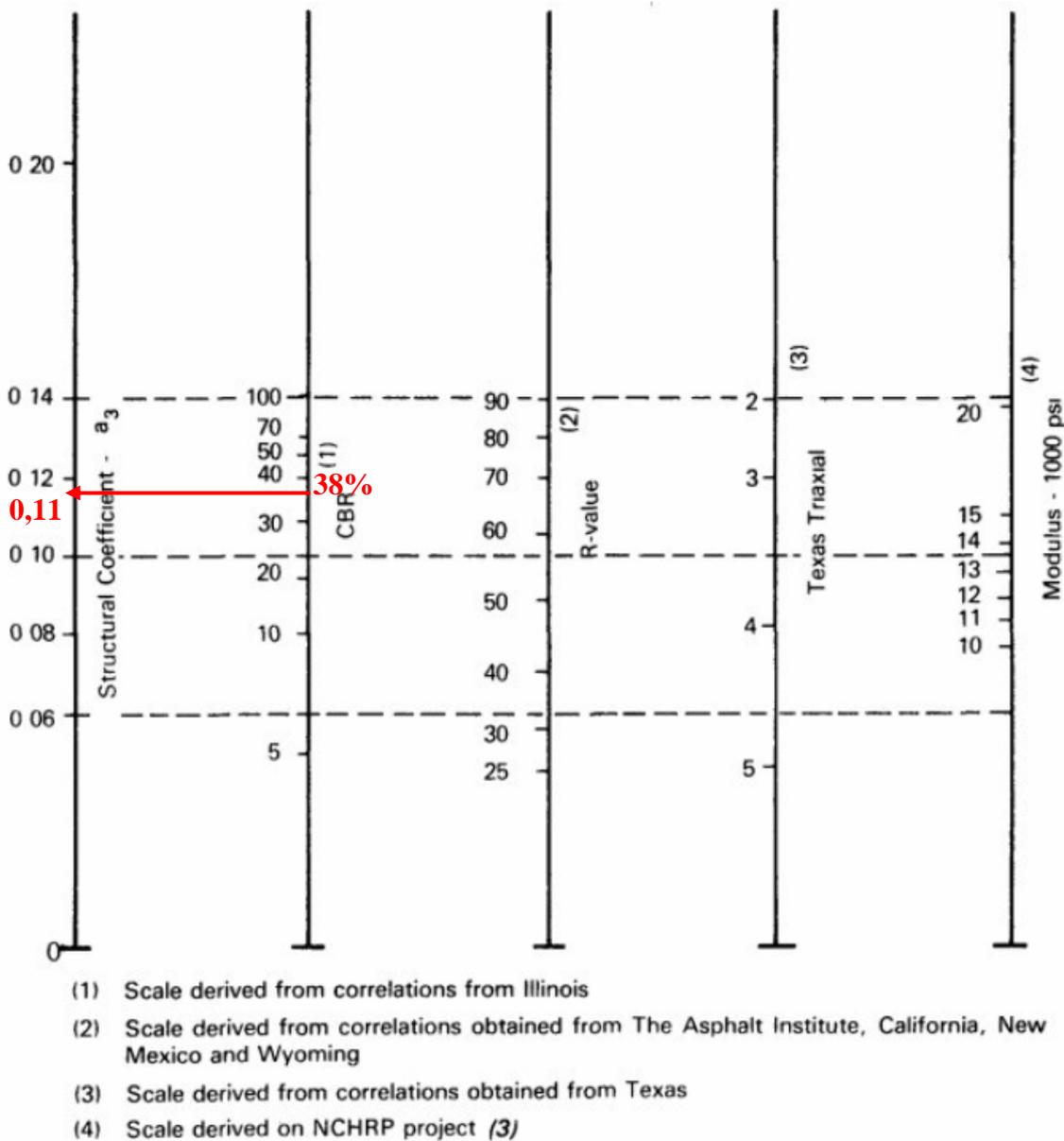
$$a_3 = 0,3877 \text{ (ecuación)}$$

$$a_3 = 0,115 \text{ (nomograma)}$$

También se puede obtener de un nomograma similar a la Figura 3.11.

Figura 3.12

Nomograma para la obtención del coeficiente estructural a_3 de la capa de Subbase según varios ensayos de resistencia.



Fuente: AASHTO Design for Pavements, 1993.

Se escogerá el coeficiente basado en el valor del nomograma para el CBR planteado en la Tabla 3.3.

COEFICIENTES DE DRENAJE

Los valores para los coeficientes de drenaje están basados en suposiciones acerca del proceso de filtración, el material de las capas y el tiempo en que toma que el agua captada pueda drenarse del sistema; mientras mayor sea el coeficiente de filtración, mejor será el rendimiento de las capas respecto a la filtración de agua. Estos valores solo aplican a bases y subbases no tratadas:

Figura 3.13

Tabla de porcentajes de exposición sugeridos para el cálculo de los coeficientes de drenaje en las capas Base y Subbase sin tratamiento según la calidad de drenaje.

Quality of Drainage	Percent of Time Pavement Structure is Exposed to Moisture Levels Approaching Saturation			
	Less Than 1%	1-5%	5-25%	Greater Than 25%
Excellent	1 40-1 35	1 35-1 30	1 30-1 20	1 20
Good	1 35-1 25	1 25-1 15	1 15-1 00	1 00
Fair	1 25-1 15	1 15-1 05	1 00-0 80	0 80
Poor	1 15-1 05	1 05-0 80	0 80-0 60	0 60
Very poor	1 05-0 95	0 95-0 75	0 75-0 40	0 40

Fuente: AASHTO Design for Pavements, 1993.

Figura 3.14

Tabla de calidad de drenaje para ciertos tiempos de remoción de agua.

Quality of Drainage	Water Removed Within
Excellent	2 hours
Good	1 day
Fair	1 week
Poor	1 month
Very poor	(water will not drain)

Fuente: AASHTO Design for Pavements, 1993.

De los valores seleccionados del CBR puede realizarse una relación entre estos valores y el rendimiento de las capas granulométricas respecto a su rapidez de filtración, considerando entonces la calidad de la Base como de **Buena** filtración (removiendo el agua en un día promedio) y a la capacidad de la Subbase como de **Regular** filtración (tardando en remover el agua dentro de ella en el lapso de un mes).

Para determinar el porcentaje de exposición es necesario determinar la cantidad de días y el período del año en donde la vía reciba agua de las precipitaciones. Los datos de las precipitaciones mensuales son tomados del centro de datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrografía (INAMHI) respecto al último año estudiado de precipitaciones estudiado. Según los boletines publicados por INAMHI, el período de lluvias en la zona costera del país se ubica entre los meses de noviembre y abril mientras que el período seco se sitúa desde inicios de mayo hasta finales de octubre. Teniendo en cuenta estos antecedentes, se selecciona un periodo de estudio comprendido entre noviembre de 2023 y abril de 2024, cuantificando los días que sufren precipitaciones por mes tal como se muestra a continuación:

Tabla 3.4

Tabla de días en los que se registró precipitaciones en la zona de estudio en Santa Elena según el periodo de lluvias sugerido por INAMHI.

Meses	Noviembre 2023	Diciembre 2023	Enero 2024	Febrero 2024	Marzo 2024	Abril 2024	Total de días
Días	10	13	4	7	10	12	56

El porcentaje de exposición entonces se calcula como:

$$360 \text{ días} \rightarrow 100\%$$

$$56 \text{ días} \rightarrow X\%$$

$$X = \frac{56 \text{ días} * 100\%}{360 \text{ días}} = 15,55\%$$

Este valor ubica al porcentaje de exposición entre el **5%** y **25%** en la tabla de la Figura 3.13. Con estos precedentes los valores de los coeficientes de drenaje

$$m_2 = 1,10 \text{ y } m_3 = 0,90$$

CÁLCULO DE LOS ESPESORES DE CAPA

Siguiendo la secuencia de diseño planteada por AASHTO, los valores de los espesores se calculan a partir de los resultados de los números estructurales obtenidos anteriormente. Estos deben igualarse a los valores de los coeficientes estructurales y de drenaje siguiendo la ecuación 3.5 y despejar el espesor de la capa correspondiente a dicho número estructural.

Rodadura

La ecuación que devuelve el valor del espesor de la capa superficial se define como:

$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} \quad \dots (3.8)$$

Donde SN_1 y a_1 representan el valor del número estructural y el coeficiente de capa respectivamente, cuyas cantidades son:

$$SN_1 = 1.62 \text{ y } a_1 = 0.42$$

Quedando así:

$$D_1 \geq \frac{1.62}{0.42}$$

$$D_1 \geq 3.86$$

El espesor de rodadura considerado en el diseño es **$D_1 = 4\text{in}$** .

Base

En el caso de la base, el cálculo considera la diferencia entre los números estructurales de la capa actual y la de rodadura, además de incluirse el coeficiente de drenaje:

$$D_2 \geq \frac{(SN_2 - SN_1)}{a_2 * m_2} \quad \dots (3.9)$$

Donde SN_2 , a_2 y m_2 representan el valor del número estructural, el coeficiente estructural y el coeficiente de drenaje respectivo de la base; mientras que SN_1 representa el número estructural de la capa anterior, es decir, la de rodadura, con valores de:

$$SN_2 = 1.98 \text{ y } SN_1 = 1.62$$

$$m_2 = 1.1 \text{ y } a_2 = 0.1801$$

Quedando así:

$$D_2 \geq \frac{(1.98 - 1.62)}{1.1 * 0.1801}$$

$$D_1 \geq 1.82$$

AASHTO presenta valores mínimos de espesor para escoger en la capa de base granular y en la de rodadura considerando el valor de los ejes equivalentes registrados en el TPDA. Estas propuestas de espesor se consideran siempre y cuando el resultado del diseño sea menor a la magnitud especificada en la norma.

Figura 3.15

Valores de espesores de capa mínimos sugeridos según el valor de los Ejes Equivalentes.

Traffic, ESAL's	Asphalt Concrete	Aggregate Base
Less than 50,000	1 0 (or surface treatment)	4
50,001–150,000	2 0	4
150,001–500,000	2 5	4
500,001–2,000,000	3 0	6
2,000,001–7,000,000	3 5	6
Greater than 7,000,000	4 0	6

Fuente: AASHTO Design for Pavements, 1993.

El espesor de base que se considerará en el diseño es **D₂= 6in.**

Subbase

En el caso de la subbase, el cálculo considera la diferencia entre el número estructural de la capa actual y los números estructurales anteriores: rodadura y base; sigue considerándose el coeficiente de drenaje:

$$D_3 \geq \frac{SN_3 - (SN_2 + SN_1)}{a_3 * m_3} \quad \dots (3.9)$$

Donde SN₃, a₃ y m₃ representan el valor del número estructural, el coeficiente estructural y el coeficiente de drenaje respectivo de la subbase; mientras que SN₁ y SN₂ representa el número estructural de las capas anteriores, es decir, rodadura y base, con valores de:

$$SN_2 = 1.98 \text{ y } SN_1 = 1.62 \text{ y } SN_3 = 3.44$$

$$m_3 = 0.9 \text{ y } a_3 = 0.115$$

Quedando así:

$$D_3 \geq \frac{3.44 - (1.98 + 1.62)}{0.9 * 0.115}$$

$$D_3 \geq 14.11$$

El espesor de subbase que se considerará en el diseño es **D₃= 15in.**

El resultado final del diseño de todas las capas, coeficientes, números estructurales y espesores puede observarse en la siguiente tabla:

Tabla 3.5

Resultados del diseño las capas del Sistema de Pavimento Flexible

Materiales Requeridos		Capa	Numero Estructural (SN)		Coeficiente Estructural de capa (ai)	Coeficiente de drenaje (mi)	Espesor		
CBR %	MR (psi)		Acumulado	Parcial			Calculado (in)	Adoptado (in)	Adoptado (cm)
/---/	400000	Rodadura	/---/	1,62	0,42	1,0	3,86	4	11
95%	44390,48	Base	0,36	1,98	0,1801	1,1	1,82	6	16
38%	26817,78	Subbase	1,46	3,44	0,115	0,9	14,11	15	35
3,50%	5707,91	Subrasante	3,44	/---/					

Figura 3.16

Diseño inicial del sistema de pavimento flexible sin mejoramiento o método de estabilización. Se aprecian medidas de capa de rodadura, base y subbase.



Cálculo del Pavimento en Suelos Arcillosos

El diseño anterior del pavimento no considera alguna estabilización a la base o subbase ni tampoco que el suelo donde se asienta es arcilla de tipo expansiva. Estos suelos deben mejorarse con alguna técnica explicada y mencionada en la NEVI-12 pero estas consideraciones implicarían incrementar

los espesores de capa además de incorporar una franja superpuesta a la subrasante conocida como de mejoramiento. Los valores asociados a este sistema elevarían los costos relacionados con la construcción además de que su ciclo de mantenimiento se reduce considerablemente y sin considerar que factores como la precipitación minimizan el período de vida de la vía. Se propone entonces un nuevo diseño basado en un programa de diseño estructural desarrollado por Tensa, división de CMC Engineering, basado en la inclusión de geomallas y geomembranas de polipropileno que cumplen la función de retención de suelos granulares e impedir la eliminación de material fino producto de filtraciones de agua.

El método emplea los mismos parámetros de diseño que el convencional usado por AASHTO:

- Serviciabilidad inicial: $psi = 4,5$
- Serviciabilidad final: $psf = 2,2$
- Índice de Serviciabilidad: $\Delta PSI = 2,3$
- Confiabilidad: $R = 90\%$
- Desviación Estándar: $S_o = 0,45$
- Factor de Desviación: $Z_R = -1,282$
- Período de diseño: $A = 25$ años
- Ejes Equivalentes: $W_{18} = 692335$ EESAL
- Los valores de CBR y M_R de cada franja de pavimento se mantienen.

El programa rediseña los espesores de capas disminuyéndolos al incorporan el geo sintético InterAx NX750-PG a modo de proceso estabilizador del terraplén, es decir, cumple el mismo propósito que una capa de mejoramiento de la subrasante. La geomalla ayuda a evitar los desplazamientos diferenciales de las partículas granulares de la subbase disminuyendo la cantidad de material pétreo que cae hacia la subrasante producto de la aplicación de cargas gracias al diseño de las costillas con aberturas para confinar granos de tamaño de 1" a 3/4" máximo. La geomembrana impide la filtración de agua hacia la capa subbase con lo que se evita la pérdida de grano fino presente en dicha franja. En conjunto, ambos elementos dan mejor soporte estructural al sistema de pavimento, favorecen las condiciones para alargar la vida útil de la vía y reducen los costos de mantenimiento y el tiempo entre estos periodos.

CAPA DE RODADURA

Parámetros

- $ESALs = 692335$
- Coeficiente Estructural $a_1 = 0.42$
- Coeficiente de drenaje $m_1 = 1$
- espesor mínimo $e_{1min} = 75 \text{ mm}$ y espesor máximo $e_{1max} = 150 \text{ mm}$

Figura 3.17

Entrada de datos en el programa de modelamiento estructural de pavimentos con mejoramiento en la subrasante. Se ingresan un rango de valores para grosores de capa de rodadura.

Modo de diseño ? Auto (ESALs) ▼ Cantidad de ESALs de 80kN ? 📊 692.335

RODADURA No estabilizado

HMA - Capa 1

Grosor mín.	Grosor máx.	Coeficiente ?
75 mm	150 mm	📊 0,42

Fuente: Tensar InterAx.

CAPA BASE

Parámetros

- Coeficiente Estructural $a_2 = 0.137$
- Coeficiente de drenaje $m_2 = 1.1$
- espesor mínimo $e_{2min} = 150 \text{ mm}$ y espesor máximo $e_{2max} = 450 \text{ mm}$

Figura 3.18

Entrada de datos en el programa de modelamiento estructural de pavimentos con mejoramiento en la subrasante. Se ingresan un rango de valores para grosores de capa base.

Base granular

Grosor mín.	Grosor máx.	Coeficiente ?	Factor de drenaje ?
150 mm	450 mm	📊 0,137	1,1

Fuente: Tensar InterAx.

CAPA SUBBASE

Parámetros

- Coeficiente Estructural $a_3 = 0.115$
- Coeficiente de drenaje $m_3 = 0,9$
- espesor mínimo $e_{3min} = 250 \text{ mm}$ y espesor máximo $e_{2max} = 450 \text{ mm}$
- Geomalla recomendada: NX750-PG

Figura 3.19

Entrada de datos en el programa de modelamiento estructural de pavimentos con mejoramiento en la subrasante. Se ingresan un rango de valores para el grosor de la capa subbase y se elige la geomalla para estabilizar la franja.

The screenshot shows a software interface for entering subbase data. At the top left, there is a blue toggle switch labeled 'Sub-base' which is turned on. Below this, there are four input fields: 'Grosor mín.' with the value '250' and unit 'mm', 'Grosor máx.' with the value '450' and unit 'mm', 'Coeficiente' with a help icon and the value '0,115', and 'Factor de drenaje' with a help icon and the value '0,9'. Below these fields is a dropdown menu labeled 'Geomalla' with a help icon, currently showing 'NX750'.

Fuente: Tensar InterAx.

SUBRASANTE

Parámetros

- Módulo Resiliente $M_R = 39$
- Serviciabilidad inicial: $psi = 4,5$
- Serviciabilidad final: $psf = 2,2$
- Confiabilidad: $R = 90\%$
- Desviación Estándar: $S_o = 0,45$
- Geomembrana recomendada: GX175

Figura 3.20

Entrada de datos en el programa de modelamiento estructural de pavimentos con mejoramiento en la subrasante. Se ingresan los parámetros estructurales de la subrasante.

Módulo resiliente de la subrasante ?	Geosintético de separación ?	Confiability ?
39,3 MPa	Sí	90 %
Desviación Estándar ?	Nivel de Servicio ?	
0,45	Inicial Final	
	4,5 2,2	

Fuente: Tensar InterAx.

Ingresado los datos en el programa, el mismo usando el criterio de diseño de la AASHTO 93, se encarga de rediseñar los espesores de las capas; en el caso de la capa de subbase, esta se rediseña con un número estructural mayor al del primer diseño, debido a que se considera a la franja y a las mallas y membranas actuando como un sistema individual todo el tiempo. Finalizando ese detalle se tienen los nuevos valores del sistema:

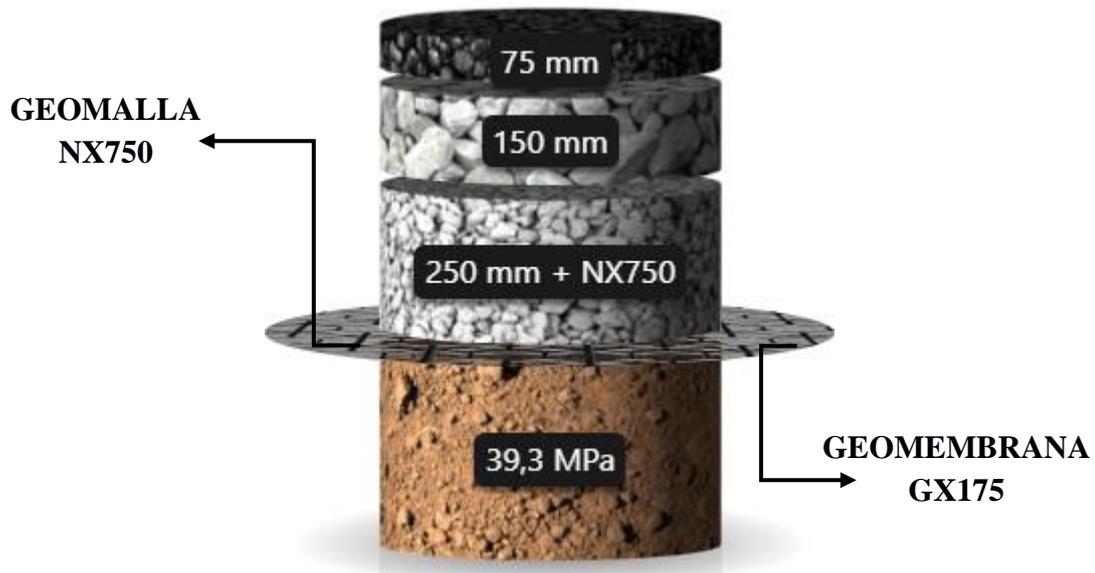
Tabla 3.6

Resultados del rediseño las capas del Sistema de Pavimento Flexible estabilizado con geomalla NX750-PG y geomembrana GX175.

Materiales Requeridos		Capa	Numero Estructural (SN)		Coeficiente Estructural de capa (ai)	Coeficiente de drenaje (mi)	Espesor		
CBR %	MR (psi)		Acumulado	Parcial			Calculado (in)	Adoptado (in)	Adoptado (cm)
/---/	400000	Rodadura	/---/	1,240	0,42	1,0	2,99	3	7,5
95%	44390,48	Base	0,35	0,890	0,1801	1,1	5,97	6	15
38%	26817,78	Subbase (NX750-PG)	1,772	2,8	0,115	0,9	9,96	10	25
3,50%	5707,91	Subrasante	3,44	/---/					

Figura 3.21

Diseño final del sistema de pavimento flexible con mejoramiento de geomalla en la subrasante. Se aprecian medidas de capa de rodadura, base y subbase.



El rediseño reduce los espesores de todas las capas como se visualizan en las figuras superiores con los mismos números estructurales para todo el sistema. El método reduce hasta en un 25% del espesor inicial del sistema de pavimento flexible. Este es el diseño que servirá de solución al problema de las arcillas expansivas.

Tabla 3.7

Comparativa de resultados de los espesores sugeridos para ambos diseños de pavimentos.

Pavimentos Flexibles		
Capas	Diseño sin estabilización Espesores (cm)	Diseño recomendable para suelos arcillosos con geomalla NX750-PG y geomembrana GX175 Espesores (cm)
Rodadura	11	7,5
Base	16	15
Subbase	35	25
Espesor total (cm)	62	47,5

3.2 Especificaciones Técnicas

Presupuesto

Se presentan a continuación una serie de rubros que serán considerados para la cuantificación de la solución planteada, se incluyen también sus unidades de medición, cantidades aproximadas a incluir en la obra y el presupuesto inicialmente estimado.

PROYECTO DE OBRA

Obra: **Rediseño vial de una carretera sobre suelos arcillosos**

Fecha: **Diciembre, 2024**

Ubicación: **La Libertad, Santa Elena**

Hoja: **1/1**

N.º de RUBRO	ITEM	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	P. TOTAL
		PROYECTO VIAL				
	100	PRELIMINARES				
1	100.1	Trazado y Replanteo	m2	7.560,00	\$1,40	10585.00
2	100.2	Excavación y Desalojo a Máquina. (Plataforma y Áreas Exteriores Pavimentos).	m3	17,257.53	\$10,25	176,889.68
3	100.3	Relleno Compactado a Maquina con Material de Mejoramiento Subrasante <h=30cm>	m3	11,328.79	\$11,52	130,507.66
4	100.4	Relleno Compactado a Maquina con Material BASE CLASE IA	m3	5,664.39	\$15,42	87,344.89
5	100.5	Relleno y Compactación de Material SUBASE CLASE III	m3	9,440.66	\$8,80	83,077.81
	200	GEO-SINTÉTICOS				
6	200.1	Colocación de Geomalla NX750	m2	7.560,00	\$5,27	39,841.20
7	200.2	Colocación de Geomembrana GX175	m2	7.560,00	\$5,32	40,219.20
	300	ACERA, BORDILLO-CUNETETA				
8	300.1	Acera de hormigón f'c=10kg/cm2 E=140cm (incluye transporte)	ml	1,440.00	\$8.84	12,729.6
9	300.2	Bordillo H.S. F'C=140KG/CM2 H=50cm, A=20cm incluye encofrado	ml	1,440,00	\$18,38	26,540.72
	400	ASFALTADO VIAL				
10	400.1	Asfalto Rc-250 para Imprimación	m2	7.560,00	\$1,08	8,164.80

11	400.2	Carpeta Asfáltica de 3in	m2	7.560,00	\$10,50	79,380.00
12	400.3	Señalización con pintura de trafico	ml	2,016.00	\$1,64	3,306.24
COSTO TOTAL (Costo Directo + Costo Indirecto)						698,586.80

Código: **100.1**

Rubro: **TRAZADO Y REPLANTEO**

Unidad: **m²**

- **Descripción**

El rubro se refiere al replanteo y nivelación del terreno, confirmación de longitudes y niveles llevados de los planos arquitectónicos y/o las órdenes del fiscalizador al sitio donde se construirá el proyecto; como paso previo a la construcción

- **Materiales**

Dispondrá de tiras de encofrado de 1" x 4 m, clavos de 2" a 3 ½" y caña

- **Control de Calidad**

El contratista será responsable por la estabilidad y conservación de los trabajos ejecutados, hasta la recepción definitiva de la obra, y deberá reacondicionar todas las partes defectuosas que se deban a deficiencias o negligencia en la construcción.

- **Medición y forma de pago**

La medición para el pago de este rubro será en metros cuadrados (m²) de acuerdo a la ubicación y aceptación por parte de la fiscalización.

Estos precios constituirán la compensación total por el material a emplearse, la mano de obra, equipo, herramientas, transporte y dispositivos auxiliarse, así como todas las operaciones conexas necesarias para la culminación de los trabajos.

Código: **100.2**

Rubro: **EXCAVACIÓN Y DESALOJO A MÁQUINA. (PLATAFORMA Y AREAS EXTERIORES PAVIMENTOS).**

Unidad: **m³**

- **Descripción**

Es aquella excavación que se realiza de todos los materiales de cualquier clase, que se encuentren durante el trabajo, que sean necesarios para la construcción de la nueva estructura de pavimento, aceras exteriores y de la plataforma del Mercado.

En este ítem no podrá liquidarse trabajos de excavaciones para ninguna canalización pues la instalación de las tuberías eléctricas contemplará en el respectivo rubro su generación de costos, reflejados en los correspondientes análisis de precios unitarios.

Todo el material resultante de la excavación que sea adecuada y aprovechable, a criterio del Fiscalizador, deberá ser utilizado para la construcción de terraplenes o rellenos, o ser desalojado a los respectivos botaderos aprobados.

- **Equipo mínimo**

Herramientas menores, volqueta, excavadora.

- **Mano de obra mínima calificada**

Operador, Chofer, Ayudante.

- **Procedimiento de trabajo**

Para la excavación se debe considerar su alineación, profundidad y anchura requerida según los detalles respectivos, y con aprobación de la fiscalización, no se considerará sobre excavaciones que no tengan la debida justificación de la fiscalización y registro fotográfico.

El Contratista será responsable por la estabilidad y conservación de los trabajos de excavación ejecutados, y deberá reacondicionar cualquier daño que se produzca en las aéreas circundantes que tuvieran por falta de previsión en la construcción.

- **Medición y forma de pago**

Las cantidades a pagarse por la excavación, serán los volúmenes de metros cúbicos (m³) medidos en su posición original, efectivamente ejecutados de acuerdo con los planos e instrucciones del Fiscalizador, y aceptados por éste.

Se medirá como excavación según la naturaleza del material removido y de acuerdo a los rubros del contrato. No se incluirá en la medición la sobre excavación. Para el cómputo será necesario utilizar secciones transversales originales del terreno existente o natural y finales tomados después del corte y desalojo terminado.

Estos precios y pagos constituirán la compensación total por la excavación sin clasificar incluyendo bombeo de ser el caso y disposición del material, incluyendo su transporte, colocación, esparcido, conformación, humedecimiento o secamiento y compactación o su desecho, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y demás actividades conexas necesarias para el cumplimiento de las Especificaciones Ambientales y realizar la completa ejecución del trabajo a satisfacción de la Fiscalización.

Código: **100.3**

Rubro: **RELLENO COMPACTADO A MAQUINA CON MATERIAL DE MEJORAMIENTO SUBRASANTE <H=30CM>.**

Unidad: **m³**

- **Descripción**

Se dispone el uso de maquinaria pesada para la compactación de la capa en dimensiones que permitan el empleo de dichos vehículos; se especifica además una serie de operaciones que deben realizarse en la superficie de la capa para completar su formación: preparación del terreno del terraplén que sirve de apoyo, extensión de la capa usando el material seleccionado según las dimensiones especificadas en el diseño, remojo del material con la cantidad de humedad óptima calculada con el Proctor Modificado y compactación de la capa con la maquinaria requerida. Los últimos 3 pasos se deben repetir hasta lograr las mejores condiciones para que la franja soporte las capas superiores.

Los materiales que la conforman son seleccionados de las zonas de excavación locales definidas en los planos o importados de los depósitos y bancos ajenos al sitio de trabajo. Sin importa su procedencia, los suelos deben garantizar: la calidad de sus propiedades una vez se coloquen en obra; que aporten con estabilidad a la capa y al sistema en general y que las deformaciones a corto o largo plazo que lleguen a presentar sean tolerables para todo el periodo de servicio de la vía. En el caso del proyecto, al ser el suelo de fundación malo, se espera traer material importado para la construcción del terraplén.

- **Equipo mínimo**

Herramientas menores, mini cargadora, rodillo liso doble tambor 2ton, tanquero de agua.

- **Mano de obra mínimamente calificada**

Operadores, Chofer, Peón.

- **Especificaciones técnicas materiales**

Sugeridas por el MTOP y la NEVI-12.

- **Procedimiento de trabajo**

Previo al inicio del trabajo, los involucrados en la construcción (Contratista y Fiscalizador) definirán un plan de trabajo que reúna la maquinaria y herramientas que se emplearán en los trabajos de extensión, humectación y compactación de la subrasante incluyendo los sistemas de arranque y transporte y los procedimientos de la compactación para aprobación del Fiscalizador. Se debe prestar suma atención a las estipulaciones ambientales, de seguridad y salud, de transporte y almacenamiento de materiales vigentes al momento de iniciar los trabajos.

Preparación de la superficie de apoyo del relleno tipo terraplén: se inician los trabajos con el desbroce del terreno y la excavación de las zonas de préstamos y eliminación de la capa vegetal existente a las profundidades especificadas en el diseño. Alcanzada dicha cota, un proceso de escarificación debe iniciarse y complementarse con compactaciones siempre que la superficie del terreno no se malogre o baje su calidad. Se debe eliminar la presencia de agua en el terreno antes de continuar la excavación o colocación del material granular o sintético que sirve de apoyo para asentar las varias capas del suelo de fundición mediante procedimientos estipulados por el Fiscalizador.

Extensión de las capas: Salvo otro criterio por parte del diseño o el Fiscalizador, el espesor requerido será de 30cm o 3/2 del tamaño máximo del material de suelo, garantizando siempre la compactación definida en el Proctor. Durante la colocación de las capas se deberá conseguir una pendiente de 4% mínima para garantizar la evacuación de las aguas filtradas y, para terraplenes con alturas mayores a 5m, se dispondrá la colocación de caballones de tierra en los bordes de las

capas para complementar la eliminación de vertidos. Al finalizar esta fase TODO el terraplén debe quedar compactado.

Humectación o desecación: se dispondrá de la cantidad de agua necesaria para alcanzar la humedad óptima según el ensayo Proctor usado. En caso de no cumplir el peso específico seco producto de la compactación, se recomienda añadir más agua para humedecer uniformemente el material ya sea desde la zona de acopio o desde la cantera. Por el contrario, si se excede el nivel de humedad, se recomienda desecación por oreo o por mezcla con materiales secos.

Compactación y Control de Compactación: los niveles de compactación se señalan así: en la corona el máximo valor del ensayo Proctor y en la zona del cimientó, núcleo y espaldón al 95% del máximo valor del ensayo Proctor.

Para comprobar tales valores, NEVI-12 establece 2 criterios de aprobación:

1. Densidad seca mayor a 30 kg/m^3 para el 60% de los puntos representativos en una curva Proctor por cada ensayo realizado;
2. Grado de saturación dentro de los límites del proyecto.

Limitaciones al ejecutar el trabajo: no debe permitirse el tránsito vehicular de ningún tipo hasta que los trabajos de compactación concluyan, en caso de incumplirse este criterio se deben remover todas las capas en donde se evidencie deformación por paso de tráfico. También se señala que los trabajos se evitarán si la temperatura ambiente es inferior a dos grados Celsius (2°C) o cuando existan precipitaciones críticas, salvo criterio válido de viabilidad.

- **Medición y forma de pago**

La unidad que servirá como medida de pago en los rubros será el metro cúbico (m^3), el mismo representa el volumen de material de suelo que se incorpora o retira al terreno natural medido desde los planos de los perfiles transversales, salvo que, los asientos medios de los cimientos del terraplén sean un 2% menor a la altura media del mismo. De llegar a suceder esto, el Contratista abonará el volumen del relleno correspondiente al exceso ejecutado sobre el volumen teórico. NO será parte de pago alguno los volúmenes de relleno necesarios para suplir un exceso de excavación o corte sobre una cota proyectada o cualquier caso de ejecución incorrecta del trabajo bajo supervisión del Contratista, estando este último en obligación de pagar por la corrección de la cota “...sin derecho a percepción alguna.” (MTO, 2013)

Código: **100.4**

Rubro: **RELLENO COMPACTADO A MAQUINA CON MATERIAL
BASE CLASE IA**

Unidad: **m³**

- **Descripción**

Este trabajo consistirá en la construcción de capas de base compuestas por agregados triturados total o parcialmente o cribados, estabilizados con agregado fino procedente de la trituración, o suelos finos seleccionados, o ambos. La capa de base se colocará sobre una subbase terminada y aprobada, o en casos especiales sobre una subrasante previamente preparada y aprobada, y de acuerdo con los alineamientos, pendientes y sección transversal establecida en los planos o en las disposiciones especiales.

- **Equipo mínimo**

Planta de trituración y cribado, planta de mezcla, maquinaria para distribución, mezcladora, motoniveladora, compactadora manual, tanquero, rodillos lisos o vibratorios.

- **Mano de obra mínimamente calificada**

Operadores, Chofer, Peón.

- **Especificaciones técnicas materiales**

Sugeridas por el MTOP y la NEVI-12 Capítulos 404 y 814. Aparte, todo material que fuese a usarse para abastecer la falta de Base, deberá proceder de una planta trituradora aprobada por el Fiscalizador, el cual debe mezclarse nuevamente en la planta de trituración

- **Procedimiento de trabajo**

Selección y Mezclado: Los agregados preparados para la base, deberán cumplir la granulometría y más condiciones de la clase de base especificada en el contrato. Durante el proceso de

explotación, trituración o cribado, el Contratista efectuará la selección y mezcla de los agregados en planta, a fin de lograr la granulometría apropiada en el material que será transportado a la obra. En el caso de que se tenga que conseguir la granulometría y límites de consistencia para el material de base, mediante la mezcla de varias fracciones individuales, estas fracciones de agregados gruesos, finos y relleno mineral, serán combinadas y mezcladas uniformemente en una planta aprobada por el Fiscalizador la cual disponga de una mezcladora de tambor o de paletas. Listos todos los agregados en el sitio de obra, se debe empezar la mezcla total de forma uniforme siempre controlando la cantidad de agua determinada en los ensayos para alcanzar las resistencias requeridas de diseño. NO debe esparcirse ningún agregado ni compactado hasta que la mezcla obtenga las características anteriormente descritas.

Tendido y Conformación: Cuando el material de la base haya completado su mezcla, se deberá cargar en volquetas, evitando la segregación. Se debe transportar al sitio de obra y ser esparcido por la maquinaria adecuada en capas de espesor uniforme para todo el ancho de la sección transversal especificada. Inmediatamente se deberá hidratar la mezcla que se vaya a tender o emparejar procediendo luego con la conformación y compactación hasta avanzar una extensión adecuada para distribuir el material granular. Si el Fiscalizador esta de acuerdo, el tendido del material podrá realizarse mediante las mismas volquetas que trasladaron el material, solo que el mismo debe ser colocado a un lado de la vía desde donde los trabajos de esparcimiento den inicio. En todo momento se debe evitar el mayor movimiento del material para evitar la segregación del mismo, se recomienda además no utilizar las motoniveladoras en reiteradas ocasiones para una misma muestra de material de base. Al final se espera concluir con una superficie totalmente lisa y uniforme. Cuando se haya autorizado el mezclado de los agregados en la vía, estos deberán tenderse a todo el ancho, una vez terminada la mezcla, completando al mismo tiempo su hidratación, a fin de obtener una capa de espesor uniforme, con una superficie lisa y conformada de acuerdo a las alineaciones, pendientes y sección transversal especificadas.

En todos los casos de construcción de las capas de base, y a partir de la distribución o regado de los agregados, hasta la terminación de la compactación, el tránsito vehicular extraño a la obra estará terminantemente prohibido, y la circulación de los equipos de construcción será dirigida uniformemente sobre las capas tendidas y regulada a una velocidad máxima de 30 Km/h, a fin de evitar la segregación y daños en la conformación del material. En ningún caso el espesor de una capa compactada podrá ser menor a 10 centímetros (MTOP, 2013).

Compactación: Inmediatamente después de completarse el tendido y conformación de cada capa de base, el material deberá compactarse por medio de rodillos lisos de 8 a 12 toneladas, rodillos vibratorios de fuerza de compactación equivalente o mayor, u otro tipo de compactadores aprobados. El proceso de compactación será uniforme para el ancho total de la base, iniciándose en los costados de la vía y avanzando hacia el eje central, traslapando en cada pasada de los rodillos la mitad del ancho de la pasada inmediata anterior. Durante este rodillado, se continuará humedeciendo y emparejando el material en todo lo que sea necesario, hasta lograr la compactación total especificada en toda la profundidad de la capa y la conformación de la superficie a todos sus requerimientos contractuales. Al completar la compactación, el Contratista notificará al Fiscalizador para la comprobación de todas las exigencias contractuales. El Fiscalizador procederá a efectuar los ensayos de densidad apropiados y comprobará las pendientes, alineaciones y sección transversal, antes de manifestar su aprobación o reparos.

Medición y forma de pago

Se medirá por metro cúbico (m³) de base con un CBR $\geq 80\%$, de acuerdo a las dimensiones teóricas de ancho, espesor y largo requeridas por el Proyecto y aprobadas por el Fiscalizador, medidos en sitio después de la compactación. Para el cálculo de la cantidad se considerará la longitud de la capa de base terminada, medida como distancia horizontal real a lo largo del eje del camino, y el área de la sección transversal especificada en los planos. Estos precios y pago constituirán la compensación total por la preparación y suministro y transporte de los agregados, mezcla, distribución, tendido, hidratación, conformación y compactación del material empleado para la capa de base, incluyendo mano de obra, equipo, herramientas, materiales y más operaciones conexas en la realización completa de los trabajos descritos en esta sección. En ningún caso se deberá considerar para el pago cualquier exceso de área o espesor que no hayan sido autorizados previamente por el Fiscalizador (MTO, 2013).

Código: **100.5**

Rubro: **RELLENO COMPACTADO A MAQUINA CON MATERIAL
SUBBASE CLASE III**

Unidad: **m³**

- **Descripción**

Este trabajo consistirá en la construcción de capas de subbase compuestas por agregados obtenidos por proceso de trituración o de cribado. La capa de subbase se colocará sobre la subrasante previamente preparada y aprobada, de conformidad con las alineaciones, pendientes y sección transversal señaladas en los planos.

- **Equipo mínimo**

Planta de trituración, equipo de transporte, mezcladora, apisonadora, motoniveladora, compactadora manual, tanquero, y rodillos lisos (3 ruedas) o rodillos de compactación.

- **Mano de obra mínimamente calificada**

Operadores, Chofer, Peón.

- **Especificaciones técnicas materiales**

Sugeridas por el MTOP y la NEVI-12, Sección 403 y 816.

- **Procedimiento de trabajo**

Antes de proceder a la colocación de los agregados para la subbase, el Contratista habrá terminado la construcción de la subrasante, debidamente compactada y con sus alineaciones, pendientes y superficie acordes con las estipulaciones contractuales. La superficie de la subrasante terminada, deberá además encontrarse libre de cualquier material extraño.

Selección y Mezclado: Durante el proceso de explotación, trituración o cribado, el Contratista efectuará la selección de los agregados y su mezcla en planta, a fin de lograr la granulometría apropiada en el material que será transportado a la obra. En caso de que se tenga que conseguir la granulometría y límites de consistencia, mediante la mezcla de varias fracciones individuales, estas fracciones de agregados gruesos, finos y material ligante, serán combinadas de acuerdo con la fórmula de trabajo preparada por el Contratista y autorizada por el Fiscalizador, y mezcladas uniformemente en una planta aprobada por el Fiscalizador, que disponga de una mezcladora de tambor o de paletas. La operación será conducida de manera consistente, para que la producción del material de la subbase sea uniforme. Al inicio y durante todo el proceso de mezcla, se deberá incorporar la cantidad de agua necesaria para alcanzar los niveles de resistencia especificados en

el diseño. Cuando se haya logrado una mezcla uniforme, el material será esparcido a todo lo ancho de la vía en un espesor uniforme, para proceder a la conformación y a la compactación requerida, de acuerdo con las pendientes, alineaciones y sección transversal determinadas en los planos. No se permitirá la distribución directa de agregados colocados en montones formados por los volquetes de transporte, sin el proceso de mezclado previo indicado anteriormente (MTO, 2013).

Tendido, Conformación y Compactación: Cuando el material de la subbase haya sido mezclado en planta central, deberá ser cargado directamente en volquetes, evitándose la segregación, y transportando al sitio para ser esparcido por medio de distribuidoras apropiadas, en franjas de espesor uniforme que cubran el ancho determinado en la sección transversal especificada. De inmediato se procederá a la hidratación necesaria, tendido o emparejamiento, conformación y compactación, de tal manera que la subbase terminada avance a una distancia conveniente de la distribución. El material no deberá ser movilizado repetidas veces por las motoniveladoras, de uno a otro costado, para evitar la segregación; se procurará más bien que el regado y conformación sean completados con el menor movimiento posible del agregado, hasta obtener una superficie lisa y uniforme de acuerdo a las alineaciones, pendientes y secciones transversales establecidas en los planos. En todos los casos de construcción de las capas de subbase, y a partir de la distribución o regado de los agregados, hasta la terminación de la compactación, el tránsito vehicular extraño a la obra estará terminantemente prohibido, y la circulación de los equipos de construcción será dirigida uniformemente sobre las capas tendidas y regulada a una velocidad máxima de 30 Km/h, a fin de evitar la segregación y daños en la conformación del material. Evitar el contacto de ser posible con la superficie de la subrasante pues se pueden arrastrar agregados o material externo (orgánico o inorgánico) que dañe la calidad del terraplén. Si se debe colocar más de una capa de subbase granular, se debe realizar siguiendo los procesos descritos anteriormente manteniendo un espesor uniforme para todo el número de capas que se deban realizar (10cm espesor sugerido) (MTO, 2013).

Compactación: Inmediatamente después de completarse el tendido y conformación de cada capa de subbase, el material deberá compactarse por medio de rodillos lisos de 8 a 12 toneladas, rodillos vibratorios de fuerza de compactación equivalente o mayor, u otro tipo de compactadores aprobados. El proceso de compactación será uniforme para el ancho total de la subbase, iniciándose en los costados de la vía y avanzando hacia el eje central, traslapando en cada pasada

de los rodillos la mitad del ancho de la pasada inmediata anterior. Durante este rodillado, se continuará humedeciendo y emparejando el material en todo lo que sea necesario, hasta lograr la compactación total especificada en toda la profundidad de la capa y la conformación de la superficie a todos sus requerimientos contractuales. Al completar la compactación, el Contratista notificará al Fiscalizador para la comprobación de todas las exigencias contractuales. El Fiscalizador procederá a efectuar los ensayos de densidad apropiados y comprobará las pendientes, alineaciones y sección transversal, antes de manifestar su aprobación o reparos. Si no se hubiesen obtenido valores superiores a la densidad especificada en los diseños o, la superficie no quede completamente lisa y conformada, se debe realizar una comprobación estadística de varias lecturas respecto a la compactación por toda la superficie, las cuales serán llevadas a cabo por el Fiscalizador y en base a ellas realizar correcciones según un rango de valores especificados según el apartado 403-1.04 de la NEVI-12 (MTOP, 2013)

- **Medición y forma de pago**

La cantidad a pagarse por la construcción de una subbase de agregados, será el número de metros cúbicos (m^3) efectivamente ejecutados y aceptados por el Fiscalizador medidos en sitio después de la compactación. Para el cálculo de la cantidad se considerará la longitud de la capa de subbase terminada, medida como distancia horizontal real a lo largo del eje del camino, y el área de la sección transversal especificada en los planos. En ningún caso se deberá considerar para el pago cualquier exceso de área o espesor que no hayan sido autorizados previamente por el Fiscalizador. Todos los precios corresponden a la preparación, extracción, transporte, colocación y otras actividades relacionadas a la colocación de la capa de subbase, además del uso de las herramientas y maquinarias involucradas en el rubro y por la mano de obra empleada en llevar a cabo los trabajos anteriormente descritos.

Código: **200.1**

Rubro: **COLOCACIÓN DE GEOMALLA NX750**

Unidad: **m²**

- **Descripción**

Se disponen su uso para mejorar las capacidades portantes y estructurales del pavimento, control de erosión y filtración de finos o en trabajos de drenaje o estabilización de terraplenes según el diseño planteado. El material predominante en ellas debe ser resinas de polímero sintético (PVC o polietileno en el caso de las geomembranas) de carácter tejido o no tejido. La diferencia entre ambos radica en la longitud de las fibras del material: mientras que para los polímeros tejidos se usarán cintas planas o fibriladas (geomembranas), en el caso de los no tejidos se usarán fibras largas, punzonadas o termo fundidas (geomallas).

- **Equipo mínimo**

Herramientas menores

- **Mano de obra mínima calificada**

Peón, Ayudante.

- **Especificaciones técnicas materiales**

Sugeridas por el MTOP y la NEVI-12:

- Sean química y biológicamente inherentes;
- Resistencia a los procesos degenerativos del suelo por acción de bacterias u hongos;
- No deben ser afectadas bajo ningún concepto por aceites, ácidos o álcalis;
- Alta resistencias al desgaste, punzonamiento y rasgadura;
- Resistencia a la aplicación dinámica de cargas en cualquier dirección;
- Como requerimientos generales, NEVI-12 en su apartado 835-03 “Requerimientos de Resistencia para Asegurar Supervivencia de los Geotextiles” cita los ensayos

que deben realizarse para asegurar la vida útil de la geomalla en función de los valores promedios de rollo (MARV):

Figura 3.22

Tabla de requerimientos generales mínimos para garantizar la supervivencia del geo material en función de los MARV. E: elongación.

Propiedades	Ensayo	Unid.	Requerimiento Geotextil (MARV)					
			Clase 1		Clase 2		Clase 3	
			E	E	E	E	E	E
			<50%>	<50%>	<50%>	<50%>	<50%>	<50%>
Resistencia Grab	ASTM D4632	N	1400	900	1100	700	800	500
Resistencia al razgado trapedoidal	ASTM D4533	N	500	350	400	250	300	180
Resistencia al punzonamiento	ASTM D4833	N	500	350	400	250	300	180
Resistencia "Burst"	ASTM D3786	Kpa	3500	1700	2700	1300	2100	950

Fuente: NEVI-12 Vol. 3, 2012.

Cualquier otra especificación tendrá su apartado en el documento "*Especificaciones Especiales*". Mas información revisar apartado **306-8 de la NEVI-12**.

- **Procedimiento de trabajo**

Los trabajos para colocar la geomalla se realizarán de forma manual sobre el suelo de fundación o sobre el terraplén. Las uniones (longitudinal y transversal) de la geomalla deben tener un traslape en un rango entre 400 y 1000 mm dependiendo de las características del suelo granular o por recomendaciones específicas del fabricante, dicho traslape será el mismo en caso de necesitar parches producto de reparaciones en la malla.

La extensión de la malla será de manera uniforme y regular. Colocada sobre la subrasante, se dispondrá de inmediato a ser cubierta por el material granular de protección que los diseños especifiquen en un espesor no menor de 30 cm y siempre cubriendo el material sintético sin exponerlo al ambiente. Después de su colocación el Fiscalizador deberá revisar los criterios

anteriormente citados, cuidando que ningún vehículo transite por sobre encima de la malla hasta que se coloque el mencionado material de protección o relleno.

- **Medición y forma de pago**

La unidad en la que se realizarán los pagos por la colocación de los geos sintéticos será en metros cuadrados (m^2), unidad que mide el área de extensión que cubran los textiles. NEVI-12 también establece que deba pagarse valores relacionados al material de relleno o protección que se coloca por sobre encima del sintético en unidades de metros cúbicos compactados (m^3). Todos los pagos, que incluyen valores de suministros, transportación, excavación, compactación, así como mano de obra, herramientas y maquinarias relacionadas con la colocación de la geomalla, se realizarán en los tiempos establecidos en el contrato. Salvo criterio especial alguno, todas las zonas de colocación del geo sintético tendrán el mismo valor unitario.

Código: **200.2**

Rubro: **COLOCACIÓN DE GEOMEMBRANA GX175**

Unidad: **m^2**

- **Descripción**

Este trabajo consistirá en la colocación de una geomembrana de fibra sintética que puede ser de con un espesor mínimo de 0.75mm, sobre la subrasante de una vía, con el objeto de mejorar la inestabilidad de los suelos, especialmente suelos expansivos. Las geomembranas son materiales esencialmente impermeables, usadas en fundaciones, suelos, roca, tierra o cualquier otro material relacionado con la Ingeniería Geotécnica como la parte integral de un proyecto, estructura o sistema.

- **Equipo mínimo**

Herramientas menores.

- **Mano de obra mínima calificada**

Peón, Ayudante.

- **Especificaciones técnicas materiales**

Las geomembranas deberán satisfacer los requerimientos especificados en el contrato. Son elementos elaborados con resinas de polímeros (PVC o polietileno), las cuales son química y biológicamente inertes muy resistentes a procesos degenerativos de los suelos (MTOF, 2013). En el caso de las geomembranas deben garantizar en todo momento la impermeabilidad en suelos de fundación, roca, tierra o cualquier material que tenga cercanía con la Geotecnia.

- **Procedimiento de trabajo**

Todo el trabajo de colocación se llevará a cabo de manera manual sobre el terreno de la subrasante. En primera instancia se coloca la geomembrana sobre el terraplén, luego sobre la membrana se coloca la geomalla para realizar el encapsulado del terreno y para apoyar en los trabajos de drenaje de las demás capas de la carretera. Cada unión (longitudinal y transversal) se logrará unir con un traslape de 3 a 7cm, procurando que las uniones queden completamente selladas a la temperatura de fundición del polietileno o la que las especificaciones de fábrica recomienden. A continuación se procederá a colocar el material granular para protección o relleno, de acuerdo con los requerimientos del diseño, sin dejar expuestos los materiales sintéticos a la acción directa del sol, para evitar su deterioro. En ningún caso el espesor del material granular será inferior a 30 centímetros. El material será esparcido uniformemente y su clase y valor de compactación estarán especificados en el diseño. Bajo ninguna circunstancia, equipo alguno debe transitar sobre la superficie de la geomembrana hasta que el total de su área sea cubierta con el material de protección.

- **Medición y forma de pago**

La cantidad a pagarse por la colocación de la geomembrana, de acuerdo a los documentos contractuales y las indicaciones del Fiscalizador, serán los de la superficie colocada de la geomembrana medida en metros cuadrados (m²). Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior, se pagarán a los precios establecidos en el contrato para los rubros consignados a continuación. Todos los pagos, que incluyen valores de suministros, transportación, excavación, colocación y compactación, así como mano de obra, herramientas y maquinarias relacionadas con la colocación de la geomembrana, se realizarán en los tiempos establecidos en el

contrato. Salvo criterio especial alguno, todas las zonas de colocación del geo sintético tendrán el mismo valor unitario (MTOPE, 2013).

Código: **300.1**

Rubro: **ACERA DE HORMIGÓN F'C=140KG/CM2 E=10CM (INCLUYE TRANSPORTE)**

Unidad: **ml**

- **Descripción**

Se tiene la finalidad de construir aceras, colocación de islas divisorias y, en casos específicos, construir cunetas combinadas siguiendo los detalles y especificaciones de diseños estipulados en los planos. Serán efectuados con hormigón de 140Kg/cm² preparado en sitio (mediante concreteira), y su acabado será rayado o con cualquier otra textura que permita instalar sobre él otros recubrimientos tales como cerámica, enlucidos, etc. Caso contrario, se usará hormigón clase B.

- **Equipo mínimo**

Compactador manual, aplanadora mecánica, vibrador de manguera, mezcladora.

- **Mano de obra mínima calificada**

Pintor, Peón, Ayudante.

- **Procedimiento de trabajo**

Para la fundición se utilizará arena homogenizada, piedra triturada (3/4 o Chispa), cemento Portland y agua limpia en las proporciones que permitan obtener la resistencia indicada. Se tendrá cuidado que los áridos se encuentren sin contaminación (polvo, tierra, grasas, aceites o materiales orgánicos).

Su espesor será de 10cm, su fundición se efectuará sobre el relleno compactado debidamente hidratado, teniendo cuidado de que los niveles del contrapiso estén de acuerdo a los recubrimientos y niveles de acabado para cada caso.

El encofrado deberá ser liso y lubricado por el lado en contacto con el hormigón y en el canto superior, y deberá ser lo suficientemente rígido para soportar la presión del hormigón plástico, sin deformarse. Será instalado con las pendientes, cotas y alineaciones estipuladas y será mantenido firmemente mediante las estacas, abrazaderas, separadores tirantes y apoyos que sean necesarios. Los contrapisos deberán ser curados al menos hasta una semana después de fundidos.

- **Medición y forma de pago**

La medición será de acuerdo a la cantidad real ejecutada e instalada en obra. Su pago será por metro lineal (ml), con aproximación de dos decimales.

Estos precios y pagos constituirán la compensación total por el suministro, transporte, mezclado y colocación de todos los materiales requeridos para la construcción de aceras, islas divisorias, entradas y otras obras de pavimentación menores, incluyendo la construcción y retiro de encofrados, la construcción de juntas y el curado del hormigón, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas, necesarias para la ejecución de los trabajos descritos en esta sección.

Código: **300.2**

Rubro: **BORDILLO H.S. F'C=140KG/CM2 H=50CM, A=20CM INCLUYE ENCOFRADO**

Unidad: **ml**

- **Descripción**

Comprende el hormigón simple $f'c = 140\text{kg/cm}^2$ y su encofrado, que se utiliza para la fabricación de bordillo cuneta en los lugares donde indiquen los planos del proyecto.

- **Equipo mínimo**

Herramienta menor, amoladora, bomba de hormigón a presión, mezcladora.

- **Mano de obra mínima calificada**

Operadores, Peón, Ayudante, Albañil.

- **Procedimiento de trabajo**

El proceso de hormigonado se lo realizará luego de la verificación y aprobación de mamposterías laterales y encofrados.

Fiscalización aprobará o rechazará la entrega del rubro concluido, que se sujetará a las pruebas de campo y de ser necesario a resultados de laboratorio; así como las tolerancias y condiciones en las que se hace dicha entrega. En las esquinas de enlace se tendrá especial cuidado en lograr el correcto apareamiento o enlace de las paredes, para lograr un elemento homogéneo y evitar los peligros de agrietamiento.

- **Medición y forma de pago**

La medición se la efectuara por metro lineal aprobado por Fiscalización en base de una medición ejecutada en el sitio del proyecto.

Código: **400.1**

Rubro: **ASFALTO RC-250 PARA IMPRIMACIÓN**

Unidad: **m³**

- **Descripción**

Este trabajo consistirá en la construcción de capas de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en sitio y colocado sobre una base debidamente preparada o un pavimento existente, de acuerdo con los requerimientos de los documentos contractuales. Este capítulo cubre requisitos referentes a materiales, preparación de formaletas, transporte, manejo, colocación, fraguado, acabados y reparación de todo el concreto que se va a utilizar.

Todos los trabajos, ensayos, especificaciones, y detalles de materiales están basados en las normas internacionales ACI (American Concrete Institute), ASTM (American Society for Testing and Material) y la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción). Se recomienda ampliar los detalles técnicos en estas guías si se requiere de más información.

- **Equipo mínimo**

Barredora mecánica con soplador incluido y un distribuidor de asfalto a presión autopropulsado (montado sobre neumáticos y provisto de una rueda adicional para mejor manejo por parte del operador al momento de la distribución del concreto), bomba de riego de hormigón a presión, concretera, vibrador de manguera, rociador manual.

- **Mano de obra mínima calificada**

Operadores, Chofer, Peón, Ayudante, Maestro de Obra.

- **Procedimiento de trabajo**

Materiales

Cemento

El cemento que se utilizará será el Portland Tipo I que cumpla con la norma ASTM C-150 en su última versión. El cemento Portland debe cumplir con la sección de Requisitos establecida en la norma NTE INEN 152. A pedido de la Fiscalización, en el contrato o en la orden de trabajo, el fabricante debe declarar por escrito la naturaleza, cantidad e identidad de cualquier adición incorporadora de aire y de cualquier adición de proceso usada, además, si se solicita, se debe proveer los datos de los ensayos que demuestren que la adición incorporadora de aire cumple con la norma ASTM C 226 y la adición, con la NTE INEN 1504.

Cuando se utiliza caliza, el Fabricante debe declarar por escrito la cantidad de la misma y si el comprador/Fiscalizador lo requiere, debe proveer los datos de ensayos comparativos de las propiedades químicas y físicas del cemento con y sin caliza. Los ensayos comparativos no sustituyen los ensayos normales para confirmar que el cemento cumple con los requisitos químicos y físicos de esta norma (MTO, 2013).

Agua

Toda el agua que se utilice para el lavado de agregados, para la preparación de las mezclas y para el curado del concreto, deberá estar limpia y libre de aceites, sales, álcalis, ácidos, materia orgánica, sedimentos, lodo o cualquier otra sustancia que pueda dañar o reducir la calidad, resistencia y durabilidad del concreto o el refuerzo. El agua de mar no debe ser utilizada en la fabricación de hormigón armado u hormigón pretensado. Hormigón que no contiene acero puede ser elaborado con agua de mar siempre que la resistencia a la compresión simple no sea mayor de 15 MPa. El agua proveniente de las operaciones de lavado de las mezcladoras de hormigón, podrá ser utilizada para el mezclado del hormigón siempre que cumpla con los requerimientos señalados en el siguiente acápite. El agua de lavado será ensayada semanalmente durante aproximadamente 4 semanas y de allí en adelante, mensualmente, con la condición de que ni un solo ensayo exceda los límites establecidos. El pH no deberá ser menor de seis ni mayor de ocho; el contenido máximo de cloruros, expresado en iones Cl⁻, no deberá ser mayor de 250 ppm (partes por millón) para el agua que se emplee en la preparación de las mezclas, ni mayor de 500 ppm en el agua para lavado de agregados; el contenido de sulfatos, expresado en iones SO₄ no deberá ser mayor de 1000 ppm; el contenido máximo de hierro deberá ser de 0.3 ppm y los sólidos totales no deberán exceder los 2000 ppm (MTOP, 2013).

Agregados

Procedencia

Los agregados para la elaboración del concreto se deberán obtener de canteras o playas propuestas por el Contratista siempre que los materiales producidos cumplan los requisitos de estas especificaciones y deben ser aprobados, sin que dicha aprobación de la fuente de suministro signifique una aprobación tácita de todos los materiales que se obtengan de esa fuente. El Contratista deberá separar, triturar, clasificar y procesar la roca proveniente de las canteras y de los depósitos aluviales hasta obtener agregados de los tamaños y demás requerimientos estipulados en estas especificaciones.

Por lo menos con treinta (30) días de anticipación a la explotación de las canteras o a la utilización de materiales aluviales, el Contratista deberá presentar detalladamente sus planes de trabajo, indicando los métodos de procesamiento, transporte y almacenamiento. Deberá ser aprobado dicho plan después de que el Contratista le haga las modificaciones que se juzguen necesarias.

Especificaciones

Los agregados grueso y fino para la elaboración del concreto, deberán cumplir con las especificaciones para materiales, con la norma ASTM C-33. En especial, se mencionan a continuación algunas de las especificaciones más significativas que deberán cumplir los agregados (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002):

- El módulo de finura de la arena no deberá ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1. Si varía en más de 0.2 del valor supuesto para la dosificación de la mezcla, la arena deberá ser rechazada, a menos que se hagan ajustes en la mezcla de concreto de acuerdo con una aprobación previa;
- El contenido de materia orgánica deberá ser tal, que en el ensayo de impurezas orgánicas se obtenga un color más claro que el estándar, según el ensayo especificado en la norma ASTM C-40, o su equivalente a la norma de la ACI;
- La solidez de los agregados, determinada por medio del ensayo ASTM C-88, en cinco ciclos dentro de sulfato de sodio, no deberá tener una pérdida total de material de más del 12% por peso para el agregado grueso ni más del 10% para el agregado fino;
- El agregado grueso sometido al ensayo de desgaste en la Máquina de Los Ángeles, según la norma de la ASTM C-131, no deberá tener una pérdida de material mayor del 40%;
- Los agregados no deberán contener sustancias que ocasionen una reacción alcalina con el concreto;
- Las características del agregado fino deberán ser tales que un mortero preparado con él, resulte con no menos del 95% de la resistencia a la tracción y a la compresión obtenidas con un mortero de las mismas proporciones y consistencias, fabricado según la norma ASTM C-136.

Gradaciones

Agregado fino

Los áridos finos para hormigón de cemento hidráulico estarán formados por arena natural, arena de trituración (elaborada) o una mezcla de ambas. Los áridos finos se compondrán de partículas resistentes y duras, libres de material vegetal u otro material inconveniente. Los áridos finos provenientes de diferentes minas o fuentes de origen no podrán ser almacenados conjuntamente; se los colocará en depósitos separados, a distancias suficientes, para evitar posibles mezclas entre los estos materiales (MTO, 2013).

Agregado grueso

Los áridos gruesos para el hormigón de cemento hidráulico estarán formados por grava, grava triturada, piedra triturada, escoria de altos hornos enfriada al aire u hormigón de cemento hidráulico triturado o una mezcla de éstas que cumpla con los requisitos de la norma técnica ecuatoriana INEN 872. Los áridos se compondrán de partículas o fragmentos resistentes y duros, libres de material vegetal, arcilla u otro material inconveniente, sin exceso de partículas alargadas o planas (MTO, 2013).

Diseño y proporción de la mezcla

Generalidades

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Contratista suministrará al Fiscalizador, muestras representativas de los agregados, cemento, agua y eventuales aditivos por utilizar y el diseño de Mezcla, avalados por los resultados de ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos, para su verificación.

Una vez que el Fiscalizador efectuó las comprobaciones que considere necesarias y de su aprobación a los materiales cuando resulten satisfactorios de las dosificaciones de cemento (kg), agua libre (kg), arena (kg), piedra (kg) y eventuales adiciones, por metro cubico (m³) de hormigón fresco.

La consistencia del hormigón, la fórmula deberá reconsiderarse cada vez que varía alguno de los siguientes factores:

- El tipo, clase o categoría del cemento y su marca
- El tipo, absorción o tamaño máximo del agregado grueso
- El módulo de finura del agregado fino en más de dos décimas (0.2)
- La naturaleza o proporción de los aditivos
- El método de puesta en obra

Los documentos del proyecto indicaran la resistencia por exigir al hormigón destinado a la construcción del pavimento. La resistencia especificada señalada en los planos del Proyecto en función del ensayo correspondiente es al flexo tracción. Para cada dosificación ensayada, se controlarán la consistencia, las resistencias a la flexión a siete (7) y veintiocho (28) días y, cuando se exija, el contenido de aire incorporado. Se considerará como fórmula de trabajo la mezcla cuyo valor medio obtenido a veintiocho (28) días supere la resistencia especificada con margen suficiente para

que sea razonable esperar que con la dispersión que introduce la ejecución de la obra la resistencia característica real de ésta también sobrepase la especificada (MTO, 2013).

Dosificación

La dosificación de las cantidades de cemento, arena y agregado de cada uno de los diferentes tamaños y los aditivos en polvo requeridos en las diferentes obras, se deberán realizar por peso, de acuerdo con la norma ASTM C-136. Las cantidades de agua y de aditivo líquido se determinarán por peso o en medidas volumétricas, a menos que se especifique lo contrario. La cantidad de cemento por metro cúbico (m³) de hormigón no será inferior a trescientos (300) kilogramos. La relación agua/cemento no será superior a 0.5 y el asentamiento, medido con el Cono de Abrams será el adecuado para el tipo de ejecución seleccionada (moldes fijos o deslizamiento) (MTO, 2013).

Mezcla

Mezcladoras

Las mezcladoras deberán ser del tipo y tamaño adecuado para producir un concreto que tenga composición y consistencia uniforme al final de cada ciclo de mezclado. Cada mezcladora deberá estar diseñada en forma tal que los materiales de cada bachada entren sin que haya pérdida y que el descargue del concreto ya mezclado se realice perfecta y libremente en tolvas húmedas o en cualquier otro recipiente aprobado. A menos que se permita algo diferente, el concreto deberá mezclarse por medios mecánicos en plantas centrales y mezcladoras diseñadas para bachadas mínimas de 0.25 m³ de capacidad. Las mezcladoras no deberán sobrecargarse (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002).

Colocación del concreto

La colocación del hormigón se realizará preferentemente, con pavimentadora para hormigón asfáltico o pavimentadora para hormigón provista de elementos mecánicos que aseguren obtener una correcta distribución y elevada compactación del hormigón. Además, deberán disponer de los medios electrónicos necesarios para efectuar el control automático de la nivelación del pavimento que se coloca.

Para equipo convencional (distribuidora de agregados, pavimentadora para hormigón asfáltico o pavimentadora para hormigón convencional con o sin encofrados deslizantes).

Para pavimentadora vibro-compactadora de alto desempeño (HCP): Cuando se utilice este tipo de pavimentadoras no es necesario realizar la compactación adicional con rodillos, puesto que la densidad alcanzada debe ser suficiente para asegurar una buena calidad del hormigón y del acabado superficial. En caso necesario podrá completarse la densidad requerida, mediante el uso de rodillos de las características señaladas.

Cuando se coloque un tramo pavimento de ancho menor al de un carril o se construyan áreas pequeñas y de forma irregular, en las cuales no es posible usar la máquina, previa autorización del Ingeniero Fiscalizador, se podrá, colocar, conformar y compactar el hormigón por métodos manuales usando reglas enrasadoras vibratorias y placas o rodillos compactadores portátiles.

La colocación, conformación y compactación del hormigón se efectuará durante el periodo de luz diurna o utilizando una adecuada instalación eléctrica para lograr una correcta iluminación

El proceso de compactación deberá quedar totalmente terminado dentro del plazo de trabajo de la mezcla.

El grado de compactación del pavimento, referido a la densidad máxima del diseño obtenida según ASTM D 1557, no será inferior al noventa y seis por ciento (96%). El HCR o HCP se considerará aceptable si el promedio de todas las pruebas de densidad no es menor que 96%, siempre que ninguna prueba individual sea menor que 93%.

El control de compactación se realizará utilizando el densímetro nuclear. Se efectuará una comprobación por cada 500 metros cuadrados de pavimento, o por una cada faja de construcción (MTOPI, 2013).

Curado

Curado con agua

Debido al bajo contenido de agua del hormigón, es necesario efectuar un cuidadoso proceso de curado, manteniendo húmeda la superficie del pavimento, a fin de que pueda desarrollar la resistencia y para prevenir desprendimientos de la superficie sugerida. Debe usarse durante el primer día un camión tanquero con barra espaciadora de agua (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002). En los subsiguientes seis días debe mantenerse la superficie húmeda mediante cualquier procedimiento que demuestre eficacia, como rocío de agua con boquillas, uso de tanqueros de agua o arena saturada. La aplicación de una capa de curado del hormigón. Este procedimiento ha sido aprobado localmente y puede ser utilizado, especialmente cuando se desea

abrir el tráfico tan pronto como las juntas hayan sido aserradas, a fin de proteger la superficie de abrasión (MTOP, 2013).

- **Medición y forma de pago**

Para la fase de riego de imprimación, las unidades medibles del rubro serán los metros cúbicos (m^3) para la cuantificación del volumen de agregado fino que sirve como árido de cobertura y litros (lt) para la cuantificación del ligante siempre considerando la temperatura a la que se aplicó el material (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002). Los pagos incluirán los valores de transporte, calentamiento, preparación y distribución del material asfáltico además de la puesta a punto del terreno donde se riegue el ligante incluyendo también la mano de obra y herramientas involucradas en la consecución del rubro (MTOP, 2013).

Código: **400.2**

Rubro: **CARPETA ASFÁLTICA DE 3in**

Unidad: **m^3**

- **Descripción**

Este trabajo consistirá en la construcción de capas de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en sitio y colocado sobre una base debidamente preparada o un pavimento existente, de acuerdo con los requerimientos de los documentos contractuales. La capa de rodadura estará compuesta de hormigón asfáltico mezclado con un ligante que comúnmente es el bitumen. La gradación del agregado grueso y fino para realizar la mezcla, así como el volumen del ligante será definido en la memoria técnica adjunta a los planos. Previa a la colocación de la capa superficial de rodadura, NEVI-12 establece 3 fases de preparación para la superficie de tránsito: Riego de imprimación, en donde se coloca una cama de ligante hidrocarbonado previo a la colocación de la capa de bitumen; Riego de adherencia, fase en donde se coloca la capa de la emulsión bituminosa por encima a la del ligante hidrocarbonado; y Tratamiento Bituminoso Superficial, en donde se colocan varias capas de agregado mezclado con bitumen. Acabada las 3 fases, el Fiscalizador dará su aprobación

para la colocación de la capa de rodadura con material bituminoso en fabricado en sitio, terminando después con la colocación de una capa de bitumen de sellado.

- **Equipo mínimo**

El contratista deberá disponer de todo el equipo necesario para la debida ejecución de estos trabajos, que deberá contar con la aprobación del Fiscalizador. Como mínimo, el equipo estará conformado por un distribuidor de asfalto autopropulsado; equipo calentador de asfalto portátil adicional si es necesario; barredora mecánica, esparcidor de agregados, motoniveladoras, una mezcladora móvil si es del caso, rodillos lisos tándem de 8 a 10 toneladas, rodillos neumáticos que trabajarán con la carga por rueda y presión de inflado apropiados para el espesor de la capa de rodadura, equipo para el transporte de agregados.

- **Mano de obra mínima calificada**

Operadores, Chofer, Peón, Ayudante.

- **Especificaciones técnicas materiales**

Sugeridas por el MTOP y la NEVI-12 capítulo 405-4.04 “*Ensayos y Tolerancias*” (MTOP, 2013)

- **Procedimiento de trabajo**

Fórmula Maestra de Obra: Antes de iniciarse la mezcla del hormigón asfáltico en sitio, el contratista analizara los materiales que se propone utilizar, y diseñara la Fórmula Maestra de Obra, la cual deberá someter a la aprobación de Fiscalizador.

La Fórmula maestra establecerá (MTOP, 2013):

- 1) Las cantidades de las diversas fracciones definidas para los agregados, y
- 2) El porcentaje de material asfáltico para la dosificación en relación con la cantidad de agregados.

Mezclado y Esparcimiento: Los agregados escogidos deberán distribuirse en capas de las diversas fracciones de grueso a fino, en las cantidades necesarias para firmar la carpeta del ancho y espesor especificados, y en las proporciones determinadas por la fórmula maestra. Antes de añadir el asfalto, las fracciones serán mezcladas cuidadosamente por medio de una mezcladora

móvil o de motoniveladoras, hasta obtener una mezcla uniforme que cumpla con la granulometría estipulada. El mezclado con el asfalto no deberá retardarse más de un día después del mezclado en seco de los agregados.

Para proceder al mezclado con el material bituminoso utilizando motoniveladoras, se dividirá la cantidad de agregados en mitades, cada una de las cuales se procesará separadamente. Se esparcirá la primera mitad y sobre ella se aplicará el asfalto en el número de riegos necesarios hasta obtener la proporción fijada en la fórmula maestra; se continuará así con la otra mitad hasta obtener una mezcla total uniforme, y se revolverán los materiales varias veces pasándolos de uno a otro costado. Cuando el agregado se halle cubierto en su totalidad por el asfalto, se formará un camellón con todo el material, a partir del cual se procederá al esparcido en todo el ancho y en el espesor debidos.

Si se efectúa el mezclado con maquina mezcladora móvil en vez de las motoniveladoras, se conformará la mezcla de agregados en camellones de forma y tamaño uniformes, y se irá añadiendo el material bituminoso mientras se continua el trabajo con la mezcladora, hasta obtener una mezcla uniforme que cumpla con los requisitos de la formula maestra.

La mezcla de hormigón asfáltico obtenida con cualquiera de los dos procesos, se esparcirá y conformará con motoniveladoras para que luego de compactada, la capa de rodadura tenga el ancho, espesor, alineamiento y perfil transversal señalados en los planos. Si el hormigón presenta deficiencias en la distribución de los materiales, la mezcla deberá ser corregida con adición de agregados, asfalto o mezclado adicional según el caso, antes de iniciar la compactación.

Cuando el tiempo sea demasiado frio, lluvioso o existan amenazas de lluvias inminentes, no se deberá realizar la mezcla de hormigón asfáltico; asimismo, si el contenido de humedad de los agregados es mayor que el 1% del peso de los agregados secos, deberán previamente revolverse los agregados con motoniveladoras o rastras de discos hasta conseguir secarlos, antes de preparar el hormigón asfáltico. De son ser posible se utilizarán aditivos para mejorar la adhesión del asfalto a los agregados, o se empleara emulsiones asfálticas en vez de asfaltos diluidos (MTOP, 2013).

El Fiscalizador determinará el espesor para la distribución de la mezcla, a fin de lograr el espesor compactado especificado. De todos modos, el máximo espesor de una capa será aquel que consiga un espesor compactado de 7 cm. Al iniciarse los trabajos el Contratista deberá construir un tramo de prueba de aproximadamente un kilómetro de longitud que será ensayado para determinar la

densidad, las proporciones del material bituminoso, espesor de la capa y más requerimientos exigidos por el Fiscalizador, luego de lo cual éste deberá autorizar la prosecución de los trabajos, requisito sin el cual el Contratista no podrá continuar este trabajo (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002).

Compactación: Una vez efectuada la distribución de la capa de hormigón asfáltico, se procederá a su compactación por medio de rodillos lisos de ruedas de acero y neumáticos. La compactación inicial de la mezcla se efectuará con rodillos lisos tándem, iniciando a los bordes de la capa y avanzando hacia el centro; superponiendo una parte del ancho de la rueda en cada pasada posterior, excepto en los peraltes en donde se iniciará la compactación en el borde inferior (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002). A continuación del rodillado inicial se proseguirá con la compactación, empleando rodillos neumáticos, hasta conseguir la densidad especificada. Se deberá tomar mucho cuidado con el uso de los rodillos, con las cargas y presión de inflado apropiadas, para lograr la compactación deseada, sin que se produzcan agrietamientos o desplazamientos de la mezcla. En los lugares inaccesibles a los rodillos, se deberá efectuar la compactación de la mezcla con pisones mecánicos, hasta obtener la densidad especificada. La capa de hormigón asfáltico compactada deberá presentar una textura lisa y uniforme, sin fisuras ni rugosidades, y estará construida de conformidad con los alineamientos, espesores, cotas y perfiles estipulados en el contrato. Mientras la compactación no se haya terminado, no se permitirá ninguna circulación vehicular. Para formar las juntas transversales de construcción, se deberá recortar verticalmente todo el ancho y espesor de la capa que vaya a continuarse. Cuando deban completarse y conformarse los espaldones adyacentes a la carpeta de hormigón, se recortarán los bordes a la línea establecida en los planos (MTO, 2013).

Sellado: En caso de estipularlo el Fiscalizador, se debe colocar una capa extra que sirva a modo de sellador superficial siguiendo los procedimientos anteriormente descritos. A más tardar, este sellador no debe aplicarse hasta una semana antes de que la capa asfáltica sea transitada por vehículos y peatones.

- **Medición y forma de pago**

Las cantidades a pagarse por la construcción de las carpetas de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en sitio, serán los metros cúbicos (m^3) de mezcla efectivamente puesta en obra y

aceptada, medida en su lugar después de la compactación, más el número de litros de material bituminoso realmente incorporados a la mezcla, de acuerdo con los requerimientos contractuales (MTO, 2013). El cómputo del volumen se realizará en base a la longitud de la capa medida horizontalmente a lo largo del eje de la vía, y a la sección transversal establecida en los planos contractuales. El cómputo de la cantidad de material bituminoso utilizado se efectuará reduciendo el volumen empleado a la correspondiente temperatura de aplicación, al volumen a 15.6 °C. En todo caso la forma de medición quedará establecida en el contrato (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002)

Código: **400.3**

Rubro: **SEÑALIZACIÓN CON PINTURA DE TRÁFICO**

Unidad: **ml**

- **Descripción**

Este trabajo consistirá en la pintura para estructuras nuevas y la repintada de las instalaciones ya existentes, de acuerdo con los requisitos previstos en los documentos contractuales y las instrucciones del Fiscalizador. El tipo y color de pintura a ser aplicada se indicarán en los planos o en las disposiciones especiales (MTO, 2013).

- **Equipo mínimo**

Máquina para aplicar pintura lineal en vías, herramientas menores.

- **Mano de obra mínima calificada**

Peón, Ayudante, Pintor.

- **Especificaciones técnicas materiales**

Sugeridas por el MTO y la NEVI-12 capítulo 826 “*Pinturas*” (MTO, 2013)

- **Procedimiento de trabajo**

Las superficies en las cuales las marcas serán aplicadas, estarán limpias, secas y libres de polvo, de suciedad, de acumulación de asfalto, de grasa u otros materiales nocivos. Cuando las marcas

sean colocadas en pavimentos de hormigón de cemento Portland, el pavimento deberá ser limpiado de todo residuo, previamente a la colocación de las marcas. Las franjas serán de un ancho mínimo de 10 cm. Las líneas entrecortadas tendrán una longitud de 3 m. con una separación de 9 m. Las líneas punteadas tendrán una longitud de 60 cm. con una separación de 60 cm. Las franjas dobles estarán separadas con un espaciamiento de 14 cm.

Las flechas y las letras tendrán las dimensiones que se indiquen en los planos. Todas las marcas presentarán un acabado nítido uniforme, y una apariencia satisfactoria tanto de noche como de día, caso contrario, serán corregidas por el Contratista hasta ser aceptadas por el Fiscalizador y sin pago adicional (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002).

- **Medición y forma de pago**

Las cantidades a pagarse serán aquellas medidas linealmente en metros o kilómetros de marcas en el pavimento, y se medirán sobre la línea eje del camino o sobre las franjas, de principio a fin, sean estas entrecortadas o continuas. Estas marcas en el pavimento deberán estar terminadas y aceptadas por el Fiscalizador. El precio contractual para cada tipo o color de línea se basará en un ancho de línea de 15 cm. Cuando el ancho de la línea sea diferente de 15 cm., deberá estar establecido en el contrato o solicitado expresamente por el Fiscalizador, entonces la longitud a pagarse será ajustada con relación al ancho especificado de 15 cm.; caso contrario, se reconocerá un pago según el ancho de 15 cm (MTOPE, 2013).

Las cantidades entregadas y aceptadas en la forma que se indicó anteriormente, se pagarán al precio unitario establecido en el contrato.

Capítulo 4

4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

4.1 Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el rediseño de una vía secundaria de 800 metros aproximadamente sobre pavimento flexible, ubicado en lo que se denomina zona 1 del cantón La Libertad de la provincia de Santa Elena. Esta vía actualmente presenta deficiencias significativas debido a las características de los suelos arcilloso, que dificultan mucho la estabilidad estructural del pavimento, causando deterioro prematuro y limitado la movilidad de los habitantes.

Se tiene como objetivo principal el mejorar la calidad y durabilidad de la infraestructura vial, mediante la implementación de un diseño técnico adecuado que contemple las propiedades del suelo, el uso de materiales óptimos y técnicas constructivas sostenible. Esto no solo incrementará la vida útil del pavimento, sino que también recibirá los costos de manteamiento y contribuirá al desarrollo urbano sostenible.

El rediseño esta alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

- ODS 9: Fomentar la construcción de infraestructura resilientes, promoviendo la industrialización sostenible y la innovación.
- ODS 11: Garantizar que las ciudades y comunidades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.

Por otra parte, el proyecto considera un análisis exhaustivo de impacto ambiental para mitigar posibles afectaciones durante la fase de construcción, como emisión de CO₂, generación de medidas de mitigación como el manejo adecuado de materiales y la optimización de recursos.

Con el proyecto, se busca no solo mejorar la conectividad y accesibilidad en la zona, sino también establecer un modelo replicable de sostenibilidad y eficiencia en el diseño de infraestructura viales en regiones con suelos complejos.

4.2 Línea base ambiental

El análisis de la línea base ambiental se centra en las condiciones actuales del entorno de la Zona 1 de la zona 1 del cantón La Libertad, provincia de Santa Elena, donde se ejecutará el proyecto de rediseño de las calles secundarias con pavimentos flexibles. Este análisis incluye los componentes físicos, biológicos y sociales que podrían verse afectados por la intervención. Y durante este proyecto se mencionará algunos componentes (GADMMLL, 2020).

Componentes físicos

1. **Clima:** La región costa presenta semiárido con una temperatura que va entre los 24 y 28 grados, Celsius. La precipitación de la península es escasa, conectándose entre los meses de enero y abril, con un promedio de 150 mm anuales. Lo que genera un ambiente seco gran parte del año.
2. **Geología y Suelo:** dado los estudios de suelo hechos en el laboratorio de geotecnia demuestran que el suelo tiene grandes concentraciones de arcilla, lo que significa que es tiene baja capacidad portante, lo que provoca problemas en la estabilidad. El suelo presenta alta plasticidad, baja permeabilidad y son susceptible a deformaciones durante las épocas de lluvia.
3. **Hidrología:** En la ubicación de nuestro proyecto no se identifican cuerpo de agua superficiales relevantes, sin embargo, existe una red subterránea de agua freática a baja profundidad, lo que podría influir en la compactación y comportamiento del suelo durante la ejecución de las obras.

Componentes biológicos

1. **Flora:** La vegetación predominante corresponde a especies xerofíticas propias de un ecosistema seco, como arbustos espinosos y cactáceas. La cobertura vegetal de esta zona es limitada, con pocas áreas verdes en las calles a intervenir.
2. **Fauna:** Es escasa y está compuesta principalmente por especies adaptadas al este ambiente, como por ejemplo ratas, reptiles y ciertos grupos de aves. No se identifican especies endémicas ni en peligro de extinción que genera un impacto directo.

Componente social

1. **Uso de Suelo y actividades económicas:** La zona de la libertad es considerada la capital económica de la provincia de Santa elena, por su ubicación comercial y su uso residencial,

las calles en su estado actual presentan estos deterioros que dificultan el acceso vehicular y peatonal, afectando en gran medida la calidad de vida de los residentes.

2. **Infraestructura y Servicios:** Las vías existentes están en malas condiciones, con pavimentos deteriorados y deficiente drenaje pluvial, lo que incrementa los riesgos de inundaciones y accidentes durante la temporada de lluvias.
3. **Percepción Comunitaria:** Los habitantes expresan preocupación por el estado de las calles y su impacto en la movilidad y seguridad. Existe una alta expectativa de mejora con el proyecto, especialmente en términos de accesibilidad y calidad de vida.

4.3 Actividades del proyecto

Para estudiar las principales actividades del proyecto, estas deben agruparse en las tres fases del proyecto que se consideran de mayor impacto ambiental o que su realización conlleva a otra actividad que si origine un impacto ambiental positivo o negativo. Las fases son: Diseño, Construcción y Operación.

- **Diseño:** fase encargada de realizar los ensayos necesarios y, en base a estos, definir la nueva estructura vial. Como actividades que pueden potencialmente ocasionar un impacto ambiental están:
 1. Estudios preliminares y levantamiento topográficos: es la actividad inicial para empezar a definir el proyecto. Se basa en estudios en campo y laboratorio para definir las propiedades del suelo donde se asentará la obra. En los trabajos de campo se realiza el levantamiento topográfico y la toma de calicatas, que son muestras de tierra a cierta profundidad de la zona del proyecto; por otro lado, en los trabajos de laboratorio se desarrollan todos los ensayos estudiados en el Capítulo 2.
 2. Diseño y planificación de la nueva estructura del pavimento: es la actividad inmediata a la anterior. Terminados todos los estudios preliminares, se empieza con el diseño de las capas del sistema de pavimento según las características del suelo y tránsito futuro. Las capas deben constar de la suficiente solidez y capacidad estructural para soportar el tráfico pesado o semipesado de la zona.
- **Construcción:** la fase donde se empieza la construcción del sistema de pavimento definido y diseñado en la etapa anterior. Es la fase donde se presenta diversas actividades que directamente ocasionan impactos ambientales por el tratamiento de los materiales

involucrados en la constitución de las capas y franjas de tierra y material granular necesario para culminar el proyecto:

1. Preparación, limpieza del terreno y movimiento de tierras: actividad donde se remueve material granular, pétreo y/u orgánico del sitio de construcción. Llega a afectar a la fauna y flora en las zonas aledañas así como a las propiedades del suelo al excavar hasta ciertas cotas.
 2. Colocación de los geotextiles: actividad núcleo del proyecto. La combinación de geotextiles (malla y membrana) colocada sobre un suelo relativamente “malo” mejora su capacidad estructural.
 3. Construcción de capas estructurales pertenecientes al pavimento flexible: actividad donde se coloca los materiales granulares de base y subbase así como la imprimación de la capa de rodadura del pavimento. El nivel de contaminación ambiental esta más definido aquí puesto que el tratamiento, compactación y demás actividades relacionadas con las capas conlleva el uso y afectación de recursos naturales como aire, suelo y agua.
- **Operación:** fase final de la construcción del pavimento. La componen actividades que complementan el diseño del pavimento y su implicación ambiental esta limitada al modo en que se acoplan a la construcción de las capas o a la obra final:
 1. Señalización vial: incluye la incorporación de pintura vial amarilla o blanca, la colocación de marcadores de seguridad en la calzada de la carretera y la incorporación de señalética y letreros de metal a lo largo de aceras. Si bien las pinturas para interiores de casas están reguladas para mantener niveles mínimos de componentes químicos, en el caso de las pinturas para vías los contaminantes presentes en disolventes y aditivos pueden llegar a ser ligeramente perjudiciales para la salud humana.
 2. Implementación del sistema de drenaje pluvial: actividad centrada la colocación de tuberías o capas granulares que sirvan de sistema para la captación y drenaje de aguas lluvias. Generalmente si no se desea ocupar demasiados componentes se escoge mejorar una capa de suelo (la subbase) y drenar el agua lo más rápido posible. Sin embargo si no se diseña bien la capa para este propósito puede acarrear

problemas de inestabilidad de taludes y la pérdida de material granular o, la contaminación de las fuentes de agua aledañas a la zona.

4.4 Identificación de impactos ambientales

Para identificar los impactos ambientales del proyecto, se utilizó la metodología de análisis basada en la Matriz de Leopold, un arreglo matricial que permite relacionar las actividades del proyecto con potencial de impacto ambiental con los componentes ambientales presentes en la zona que pueden verse afectados. La formación de la matriz debe considerar 3 aspectos de la EIA:

- a. Listado de las actividades que pueden originar impactos ambientales y la estimación cualitativa de su impacto.
- b. Una evaluación de su importancia en el análisis ambiental.
- c. Una relación entre la importancia y la magnitud del impacto ambiental (cualitativa o cuantitativa).

La cantidad de actividades que pueden citarse en el eje de las abscisas de la matriz no siempre engloba todos los aspectos involucrados en el desarrollo del proyecto, sino aquellas que significativamente lleguen a ser claves en la obra. Estas acciones deben ser estudiadas aparte, por el tiempo en que estas operen o causen el impacto ambiental esperado (corto o largo plazo para este estudio).

Dentro de la matriz, para relacionar los impactos, se toman en cuenta las escalas de impacto e importancia según sean considerados Impactos Positivos o Impactos Negativos. Las relaciones pueden demarcarse con el signo más (+) para señalar las acciones que beneficien al ambiente y el negativo (-) si por el contrario la acción acarrea peligros al entorno de la obra, el número a la derecha del signo solo indica la magnitud del impacto de la acción únicamente para ese aspecto ambiental estudiado. Si se desea evaluar una alternativa ambiental al diseño de la obra, esta debe analizarse en otra matriz, una misma matriz NO debe evaluar dos o más alternativas del proyecto.

El principal resultado de la matriz de Leopold es la visibilidad de las actividades significativas del proyecto para las que se necesiten realizar acciones de mitigación de impacto según el valor final obtenido de la matriz, la escala de evaluación del impacto así como las ecuaciones asociadas para determinar el impacto por factor ambiental se describen en el próximo apartado (Leopold et al., 1971).

Impactos potenciales

1. Positivos:

- 1.1. Mejora de la movilidad y accesibilidad.
- 1.2. Incremento en la calidad de la vida de los habitantes
- 1.3. Fomento de la sostenibilidad mediante el uso de materiales y técnicas constructivas adecuadas

2. Negativo:

- 2.1. Emisiones de CO₂ durante la fase constructiva.
- 2.2. Alteración temporal del ecosistema debido al movimiento de tierras.
- 2.3. Generación de residuos sólidos y líquidos.

4.5 Valoración de impactos ambientales

Se empleó el método de evaluación de impactos por ponderación, esto se realizó de forma cualitativa y cuantitativa, consistiendo en asignar un peso a cada impacto según su Magnitud e Importancia; para el primer parámetro se evaluó la intensidad y afectación de la actividad y para la Importancia se estudió la duración temporal y la influencia de la actividad.

Los impactos (Positivos o Negativos) se clasificaron en el orden de Magnitud por los parámetros Intensidad y Afectación, bajo la siguiente escala cualitativa:

- **Bajos:** Impactos de leve magnitud y corta duración (puntual). Puntuación del ± 1 al ± 3 .
- **Medios:** Impactos que requieren ciertas medidas de compensación ecológica. Puntuación entre ± 4 al ± 6 .
- **Altos:** Impactos de severa magnitud que podrían generar daños permanentes si no se aplican de a corto plazo medidas de mitigación. Puntuación ± 7 al ± 10 .

Los impactos (Positivos o Negativos) se clasificaron en el orden de Importancia por el parámetro Duración, bajo la siguiente escala cualitativa:

- **Temporal:** Impactos que solo actúan durante una actividad específica y en corto plazo.
- **Media:** Impactos que se ubican entre dos o más actividades, siendo generado por una actividad y mantenido por otra.
- **Permanente:** Impactos de larga duración que necesitarán medidas compensatorias incluso después de entregada la obra.

Y luego por el parámetro Influencia bajo la siguiente escala cualitativa-cuantitativa:

- **Puntual:** Impactos actuantes solo en ciertas áreas de la zona del proyecto. No representan mayor peligro si se controlan durante la actividad que la genera. Puntuación del ± 1 al ± 3 .
- **Local:** Impactos actuantes en la zona completa del proyecto. Puntuación del ± 4 al ± 6 .
- **Permanente:** Impactos que afectan más allá de la zona del proyecto. Genera peligros para múltiples factores ambientales. Puntuación ± 7 al ± 10 .

Tabla 4.1

Tabla de ponderación de Magnitud e Importancia cuando el impacto de la actividad es Positivo.

MAGNITUD			IMPORTANCIA		
Intensidad	Afectación	Calificación	Duración	Influencia	Calificación
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	Alta	+9	Permanente	Regional	+9
Muy Alta	Alta	+10	Permanente	Nacional	+10

Tabla 4.2

Tabla de ponderación de Magnitud e Importancia cuando el impacto de la actividad es Negativo.

MAGNITUD			IMPORTANCIA		
Intensidad	Afectación	Calificación	Duración	Influencia	Calificación
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	Alta	-9	Permanente	Regional	+9
Muy Alta	Alta	-10	Permanente	Nacional	+10

La forma de ponderación y evaluación de la matriz de Leopold se basa en el valor del “Impacto del Agregado”, la columna que recoge la combinatoria por Actividad y Por Factor Ambiental en un valor positivo o negativo según la ponderación detallada anteriormente. Se establece además una forma de calificar estos impactos ya sean de forma positiva o negativos en una escala cualitativa.

Tabla 4.3

Tabla Evaluación de Impactos Ambientales según el valor del Impacto del Agregado en la matriz de Leopold.

Calificación Negativa		Calificación Positiva	
Clasificación de Impacto	Rango	Clasificación de Impacto	Rango
Irrelevante	0 hasta -25	Poco Importante	0 hasta 25
Moderado	-25 hasta -50	Importante	25 hasta 50
Severos	-50 hasta -75	Muy Importante	Mayor a 50
Críticos	Menores a -75		

Figura 4.1

Matriz de Leopold para evaluar el impacto ambiental del proyecto.

Rediseño de una vía secundaria en suelo arcilloso (Categoría II)		Diseño		Construcción			Operación			Total Afectaciones	Agregado del Impacto		
		Estudios de factibilidad	Nueva estructura de pavimento	Movimiento de tierras	Implementación de drenaje	Colocación de GeoMalla	Afectaciones +	Afectaciones -					
Agua	Calidad del agua	-1	-1	-5	1	1	1	1	1	2	3	5	-9
	Atmósfera	-1	-1	-3	1	1	1	1	1	2	3	5	-14
Procesos	Suelos	-1	2	-4	4	4	1	1	1	3	2	5	54
	Procesos	1	6	-4	5	5	5	7	5	3	2	5	51
Procesos	Compactación y asentamiento	-1	-1	4	4	7	1	1	5	2	3	5	59
	Interés estético y humano	-1	3	-4	4	4	1	1	-1	1	4	5	-10
Aspectos culturales	Patrones culturales (estilo de vida)	-1	5	-6	3	6	1	1	3	3	2	5	48
	Facilidades y actividades humanas	-1	6	-6	8	3	6	1	5	2	3	5	52
Afectaciones	+	1	5	1	4	4	7	7	18	22	40	231	
Afectaciones	-	7	3	7	4	4	1	1	22	22	40	231	
Total de afectaciones		8	8	8	8	8	8	8	40	40	40	231	
Agregado del impacto		-6	138	-94	45	148	148	148	231	231	231	231	

El análisis mediante la Matriz de Leopold para el rediseño de una vía secundaria en suelo arcilloso refleja un total de 18 impactos positivos y 22 impactos negativos, con un agregado de impacto de 231. Los factores más beneficiados incluyen la estabilidad de taludes, la compactación de suelos y la mejora de la red de transporte, mientras que los principales impactos negativos se concentran en la calidad del aire y el diseño paisajístico. Aunque el proyecto tiene un balance general favorable, se recomienda priorizar estrategias para mitigar los efectos negativos sobre el medio ambiente y el entorno cultural, asegurando un desarrollo sostenible en todas las fases del proyecto.

4.6 Valoración de impactos ambientales

Se empleó el método de evaluación cuantitativa de impactos por ponderación, que consiste en asignar un peso a cada impacto según su extensión, duración e intensidad. La ecuación de impacto ambiental usada en este proyecto será:

$$Imp = \pm(E * WE + D * WD + I * WI) \quad \dots (4.1)$$

Donde:

- **E, extensión:** es el valor de influencia teórica del impacto relacionado con la zona del proyecto, siendo estas relaciones divididas entre puntual, local y extensivo/regional;
- **WE,** es el valor del peso ponderado del criterio de extensión, estudios lo estiman en 0.40;
- **D, duración:** valor del tiempo de acción del impacto, desde su inicio hasta que la zona de afectación vuelva a las condiciones iniciales, es independiente de la reversibilidad, la duración se clasifica por corta, media o a largo plazo;
- **WD,** es el valor del peso ponderado del criterio de duración, estudios lo estiman en 0.20;
- **I, intensidad:** evalúa el grado de alteración que con la actividad impacta en el entorno, y se asocia con criterios como la sensibilidad y fragilidad de la zona;
- **WI,** es el valor del peso ponderado del criterio de intensidad, estudios lo estiman en 0.40.

Los factores de peso deben cumplir en todo momento que:

$$WE + WD + WR = 1 \quad \dots (4.2)$$

El signo de la ecuación se determina según la actividad evaluada sea considerada positiva o negativa, este criterio se ve reforzado según el análisis de la matriz de Leopold realizada en el apartado de Identificación de Impactos Ambientales. La evaluación del impacto se realiza entonces a las actividades del proyecto que en la matriz de Leopold alcanzaron calificaciones negativas para uno o varios factores ambientales siendo clasificadas bajo la puntuación descrita en

esa sección: Movimiento de tierras y Nueva estructura de pavimento bajo los factores ambientales de: Calidad de aire, Calidad de suelos y calidad de agua.

- Para la evaluación de la **calidad de aire**:

1. Movimiento de tierras

Extensión: puntual, puntuación = 2

Duración: corto, puntuación = 2

Intensidad: medio, puntuación = 5

$$Imp = -((2 * 0,40) + (2 * 0,20) + (5 * 0,40)) \quad \dots (4.3)$$

$$Imp = -3,2$$

2. Nueva estructura de pavimento

Extensión: local, puntuación = 3

Duración: largo, puntuación = 8

Intensidad: medio, puntuación = 6

$$Imp = -((3 * 0,40) + (8 * 0,20) + (6 * 0,40)) \quad \dots (4.4)$$

$$Imp = -5,2$$

- Para la evaluación de la **calidad de suelos**:

1. Movimiento de tierras

Extensión: local, puntuación = 3

Duración: largo, puntuación = 7

Intensidad: media, puntuación = 7

$$Imp = -((3 * 0,40) + (7 * 0,20) + (7 * 0,40)) \quad \dots (4.5)$$

$$Imp = -5,4$$

2. Nueva estructura de pavimento

Extensión: local, puntuación = 4

Duración: largo, puntuación = 9

Intensidad: alta, puntuación = 7

$$Imp = -((4 * 0,40) + (9 * 0,20) + (7 * 0,40)) \quad \dots (4.6)$$

$$Imp = -6,2$$

- Para la evaluación de la **calidad de agua**:

1. Movimiento de tierras

Extensión: puntual, puntuación = 2

Duración: corto, puntuación = 2

Intensidad: medio, puntuación = 4

$$Imp = -((2 * 0,40) + (2 * 0,20) + (5 * 0,40)) \quad \dots (4.7)$$

$$Imp = -3,2$$

2. Nueva estructura de pavimento

Extensión: local, puntuación = 2

Duración: corto, puntuación = 3

Intensidad: media, puntuación = 6

$$Imp = -((2 * 0,40) + (3 * 0,20) + (6 * 0,40)) \quad \dots (4.8)$$

$$Imp = - 3,8$$

Este criterio de evaluación debe determinar la Severidad del impacto para catalogar que tanta afectación puede causar la actividad en el entorno. Es necesario entonces determinar un Valor de Impacto Ambiental que se establece como:

$$VIA = R^{Xr} * G^{Xg} * M^{Xm} \quad \dots (4.9)$$

Donde:

- **R, reversibilidad:** medida que establece la posibilidad de reconstrucción del factor ambiental afectado o revertir las acciones que producen un impacto negativo a la zona del proyecto sin considerar el tiempo que tal acción tarde. Se puede clasificar en reversible, parcialmente reversible e irreversible;
- Xr , valor del peso del criterio de reversibilidad. Estudios lo calculan en 0,22;
- **G, incidencia:** valoración de la posibilidad de que tal actividad genere un impacto positivo o negativo. Es un factor que depende más de un criterio estadístico;
- Xg , valor del peso del criterio de incidencia. Estudios lo calculan en 0,17;
- **M, impacto:** es la magnitud del impacto obtenido de la ecuación anterior;
- Xm , valor del peso del criterio de impacto. Estudios lo calculan en 0,61;

Los factores de peso deben cumplir en todo momento que:

$$Xr + Xg + Xm = 1 \quad \dots (4.10)$$

- Para la evaluación de la **calidad de aire**:

1. **Movimiento de tierras**

Reversibilidad: reversible, puntuación = 2

Incidencia: bajo, puntuación = 2

Impacto: puntuación = -3,2

$$VIA = 2^{0,22} * 2^{0,17} * (-3,2)^{0,61} \quad \dots (4.11)$$

$$VIA = -2,664$$

2. **Nueva estructura de pavimento**

Reversibilidad: parcialmente reversible, puntuación = 7

Incidencia: alta, puntuación = 8

Impacto: puntuación = -5,2

$$VIA = 7^{0,22} * 8^{0,17} * (-5,2)^{0,61} \quad \dots (4.12)$$

$$VIA = -5,973$$

- Para la evaluación de la **calidad de suelos**:

1. **Movimiento de tierras**

Reversibilidad: parcialmente reversible, puntuación = 7

Incidencia: alta, puntuación = 7

Impacto: puntuación = -5,4

$$VIA = 7^{0,22} * 7^{0,17} * (-5,4)^{0,61} \quad \dots (4.13)$$

$$VIA = -5,975$$

2. **Nueva estructura de pavimento**

Reversibilidad: parcialmente reversible, puntuación = 8

Incidencia: alta, puntuación = 9

Impacto: puntuación = -6,2

$$VIA = 8^{0,22} * 9^{0,17} * (-6,2)^{0,61} \quad \dots (4.14)$$

$$VIA = -6,986$$

- Para la evaluación de la **calidad de agua**:

1. **Movimiento de tierras**

Reversibilidad: reversible, puntuación = 3

Incidencia: baja, puntuación = 3

Impacto: puntuación = -3,2

$$VIA = 3^{0,22} * 3^{0,17} * (-3,2)^{0,61} \quad \dots (4.15)$$

$$VIA = -3,12$$

2. Nueva estructura de pavimento

Reversibilidad: parcialmente reversible, puntuación = 4

Incidencia: media, puntuación = 5

Impacto: puntuación = -3,8

$$VIA = 4^{0,22} * 5^{0,17} * (-3,8)^{0,61} \quad \dots (4.16)$$

$$VIA = -4,026$$

El valor de la Severidad de una actividad potencial de causar daño ecológico viene dado por el producto del Impacto por la Valoración del Impacto:

$$S = Imp * VIA \quad \dots (4.17)$$

Siendo los resultados de la *Severidad* catalogados en 3 jerarquías basadas en los resultados obtenidos del producto entre el Impacto de la actividad y el valor de la misma:

- **Impacto Leve:** la actividad no genera impactos visibles ni cuantificables en el entorno (se incluyen personas). En caso de generar algún impacto, este puede revertirse con medidas mitigadoras. Puntuación: 1 – 25.9;
- **Impacto Moderado:** el entorno (incluido personas) sí llegan a percibir los impactos de la actividad estudiada, pero la magnitud de estos impactos no llega a sobrepasar los parámetros ambientales mínimos para considerar un problema. Las afectaciones al ambiente pueden llegar a ser revertidas en un lapso de tiempo no mayor a 5 años usando medidas mitigadoras sencillas. Puntuación: 26 – 50.9;
- **Impacto Severo:** las acciones de las actividades originan afectaciones notorias, visibles y palpables en la zona de obra, sus alrededores y las personas. Los valores de los parámetros ambientales han o están a punto de sobrepasar los límites reglamentarios establecidos y se necesitan de medidas puntuales que compensen las afectaciones producidas. Puntuación: 51 – 75.9;

- **Impacto Crítico:** el entorno completo ha sufrido cambios que se catalogan como irreversibles, los parámetros han sobrepasado considerablemente los rangos máximos permitidos. Solo pueden aplicarse medidas compensatorias. Puntuación: 76 – 100.

Tabla 4.4

Tabla de Valorización de la Severidad de los impactos negativos

Categorización	Ponderación Estimada
Impacto Leve	1 – 25.9
Impacto Moderado	26 – 50.9
Impacto Severo	51 – 65.9
Impacto Crítico	76 – 100

La siguiente tabla resumen muestra los resultados de Severidad de Impacto asociados a las actividades de la obra:

Tabla 4.5

Tabla de resultados categorizados del impacto negativo de actividades del proyecto

Actividades / Factor Ambiental	Movimiento de tierras	Nueva estructura del pavimento
Calidad del aire	8,53	31,06
Calidad del suelo	32,27	43,31
Calidad del agua	9,98	15,30

La aplicación del criterio de Severidad visibiliza que existen 2 impactos que pueden ser afectados por las actividades del proyecto, estos son la calidad del aire y la calidad del suelo, siendo esta última la que sería más afectada pues el movimiento de tierras y la construcción de la carretera de pavimento flexible son consideradas actividades de impacto moderado y severo respectivamente. Como no existen posibles impactos críticos en el proyecto, se pueden ejecutar medidas mitigadoras y compensatorias en las fases de trabajo idóneas para aún preservar el entorno circundante a la obra, específicamente mantener la calidad del aire y suelos.

4.7 Medidas de prevención/mitigación

- **Impacto sobre la geomorfología y el suelo**

Calidad del suelo

Fase de construcción: Como ya se ha explicado antes, los impactos ambientales del proyecto respecto al suelo, se centran en actividades constructivas como el movimiento de tierras y la implementación de la mezcla asfáltica que encargada de dar forma a la capa de rodadura (Pacheco-Torgal & Amirkhanian, 2020). Respecto al primer punto, es de referenciar que los suelos de la subrasante con ciertas excepciones necesitan incorporar suelo de mejoramiento para incrementar la capacidad estructural del terraplén de asentamiento. El material común empleado para esto es suelo extraído de fuentes cercanas al sitio de construcción y, de no darse el caso de hallar dichos bancos de extracción, usar el material proveniente de canteras como la *piedra azul*. La consecuencia de este problema es que, si no se opta por realizar una o varias capas de mejoramiento, los espesores de diseño de todo el sistema de pavimento deben incrementarse notoriamente respecto a otros sistemas con mejoramiento de suelos. Una de las nuevas alternativas usadas para reforzar el suelo sin añadir un nuevo material granular es la adición de una combinación de geotextiles (geomalla y membrana) en la superficie de la subrasante; la aplicación de cada uno apoya al pavimento con 2 aspectos: mejora los problemas de expansión de las arcillas y aumenta la capacidad estructural de las capas de suelo al volverlas más compactas reduciendo sus espesores y alcanzando su peso unitario seco máximo. Estudios en India han demostrado que los suelos de arcilla, dependiendo de la profundidad de la colocación de la geomalla desde la superficie de la subrasante, alcanzan valores de CBR de hasta 19.9%, que son valores similares a los del suelo de mejoramiento comúnmente empleados en obra (Lakshmi et al., 2021).

Medida compensatoria: El empleo de la geomalla es una medida de carácter **preventivo**, pues su puesta en la construcción de vías con **suelos** arcillosos previene fallos estructurales por las tendencias de estos a expandirse y contraerse. La propuesta se aplica tanto en la **fase de diseño** como en la **construcción**, pues debe definirse la profundidad de colocación de la geomalla para alcanzar el mejor rendimiento del terraplén y luego deben seguirse un procedimiento específico de colocación del textil para evitar su desgaste a corto plazo.

- **Impacto en la atmósfera**

Calidad del aire

Fase de construcción: El empleo de hormigón para la construcción de aceras y bordillos al igual que el uso de mezcla asfáltica, con el empleo de bitumen o derivados de petróleo actuando como ligantes, son de las actividades que tienen el potencial de causar daños ambientales por la emisión de cantidades considerables de CO₂. La producción de emisiones que afectan la calidad del aire se concentra en las fases de construcción y mantenimiento de las capas de pavimento, principalmente la de rodadura. Tanto la mezcla asfáltica en caliente (HMA por sus siglas en inglés) así como la mezcla asfáltica en frío (CMA) provocan emisiones de gases contaminantes a la atmósfera por calentamiento del bitumen a altas temperaturas y por la cantidad de materiales y desperdicios producidos. Los métodos de reciclaje existentes, como el reciclaje caliente o frío en sitio, si bien conllevan a una reducción de emisiones de CO₂ no suplen la demanda de material mínimo para colocar la capa de pavimento flexible (Elliot et al., 2023). Estudios en carreteras de pavimentos flexibles en Italia han demostrado la eficiencia del pavimento para reducir la emisión de contaminantes cuando la composición del ligante bituminoso es modificada por polímeros sintéticos en lugar de una concentración mayor de asfáltenos, no obstante esta medida altera notoriamente las características mecánicas del material y por ende de la capa de rodadura (Bocci et al., 2012).

Medida compensatoria: Considerando que se tendría que alterar o disminuir la composición del ligante bituminoso, se recomienda en la **fase de construcción** emplear Pavimento Asfáltico Recuperado (RAP100, por sus siglas en inglés), un método de producción **compensatorio** de pavimento en donde la capa de rodadura quitada del sitio de obra es reutilizada en la producción de una nueva requiriendo menos bitumen y ningún material granular virgen, ayudando en disminuir la **contaminación aérea** por transporte de materiales. Los resultados de investigación también demostraron que alcanza ciclos de **mantenimiento** el doble de alto (15 años) que otros métodos compensatorios (cenizas volantes con 10 años y pavimento aclarado con 7 años).

Capítulo 5

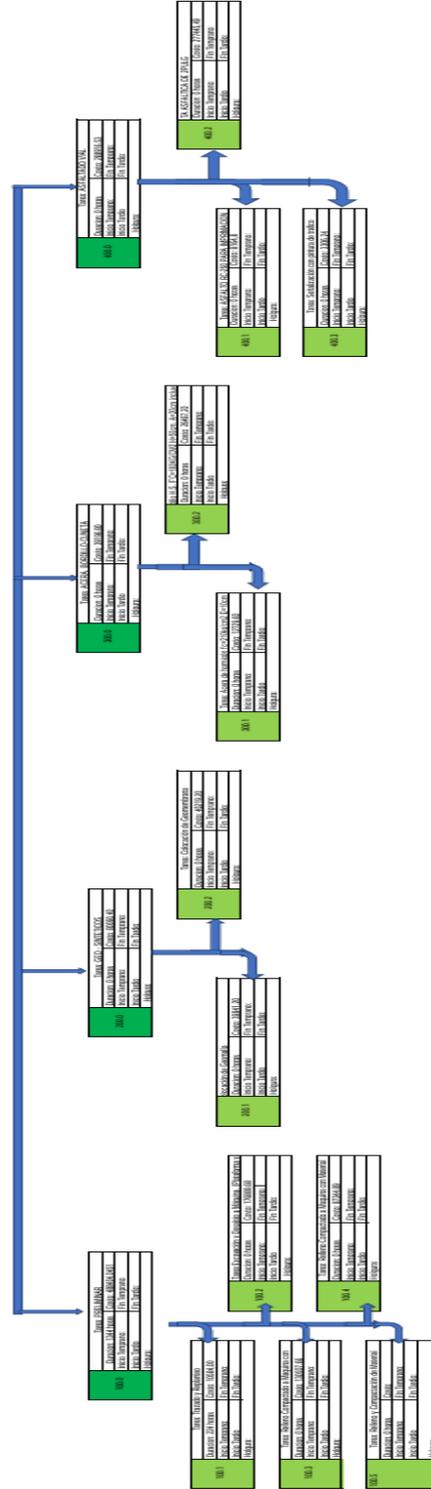
5. PRESUPUESTO

5.1 Estructura Desglosada de Trabajo

PROYECTO: PROYECTO VIAL - Rediseño de vía secundaria de 800 metro sobre suelo arcilloso para la Zona 1 del Canton la Libertad en la provincia de Santa Elena
CONTRATO: arcilloso para la Zona 1 del Canton la Libertad en la provincia de Santa Elena
OFERENTE: STE. Miguel Angel Tomalá Figueroa
CONTRATANTE: GADMCLL
LUGAR: LA LIBERTAD, PROV. SANTA ELENA
FECHA: NOV, 2024



Tarea 001.01.01.01.01.01	
001.01.01.01.01.01	Costo: 1000000.00



5.2 Rubros y análisis de precios unitarios

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL					
Rediseño de calles secundarias L= 800m de pavimento flexible construidos en suelos arcillosos en la Zona 1 del Cantón La Libertad provincia de Santa Elena					Código: 100.1
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: TRAZADO Y REPLANTEO					
HOJA: 1 DE 12					
RENDIMIENTO 1	0,02000 hr/m2				
RENDIMIENTO 2	50,00 m2/hr		UNIDAD:	M2	
RENDIMIENTO 3	400,00 m2/dia				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramientas manuales (5% M.O.)					0,01492
Equipo topográfico	2,00	10,0000	20,00000	0,01270	0,25400
SUBTOTAL (M)					0,26892
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO-HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peón	2	3,62	7,24000	0,01270	0,09195
Topógrafo <En Construcción - Estr.Oc.C1>	2	4,06	8,12000	0,01270	0,10312
Albañil	2	3,66	7,32000	0,01270	0,09296
Inspector de obra	0,2	4,07	0,81400	0,01270	0,01034
SUBTOTAL (N)					0,29837
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
CAL<25 KG>	SACO.	0,0500	4,8000	0,24000	
CUARTON DE ENCOFRADO 2Pulg.x3Pulg.x4m	U.	0,1000	2,6786	0,26786	
PIOLA	ML.	2,0000	0,0100	0,02000	
CLAVOS 2 1/2Pulg. x 9mm	KG.	0,0100	2,2200	0,02220	
SUBTOTAL (O)				0,55006	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL (P)					
La Libertad, diciembre del 2021					
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					1,11735
INDIRECTOS Y UTILIDADES					25,00%
OTROS INDIRECTOS					0,27934
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1,40
VALOR OFERTADO					1,40

Miguel Tomalá Figueroa
OFERENTE

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL					
Rediseño de calles secundarias L= 800m de pavimento flexible construidos en suelos arcillosos en la Zona 1 del Cantón La Libertad provincia de Santa Elena					Código: 100.2
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: EXCAVACIÓN Y DESALOJO A MÁQUINA. (PLATAFORMA Y AREAS EXTERIORES PAVIMENTOS).					
HOJA: 2 DE 12					
RENDIMIENTO 1	0,02500 hr/m3				
RENDIMIENTO 2	40,00 m3/hr		UNIDAD: M3		
RENDIMIENTO 3	320,00 m3/dia				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramientas manuales (5% M.O.)					0,14066
Retroexcavadora 75 HP	3,00	20,0000	60,00000	0,03884	2,33040
Volquete de 8 m3	3,00	25,0000	75,00000	0,03884	2,91300
SUBTOTAL (M)					5,38406
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO-HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Op. de Retroexcavadora	3	4,06	12,18000	0,03884	0,47307
CHOFER: Volquetas <Estr. Oc. C1>	3	5,31	15,93000	0,03884	0,61872
Peón	10	3,62	36,20000	0,03884	1,40601
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	2	4,06	8,12000	0,03884	0,31538
SUBTOTAL (N)					2,81318
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
SUBTOTAL (O)					
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL (P)					
La Libertad, diciembre del 2021					
			TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		8,19724
			INDIRECTOS Y UTILIDADES	25,00%	2,04931
			OTROS INDIRECTOS		
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		10,25
			VALOR OFERTADO		10,25
Miguel Tomalá Figueroa OFERENTE					

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Rediseño de calles secundarias L= 800m de pavimento flexible construidos en suelos arcillosos en la Zona 1 del Cantón La Libertad provincia de Santa Elena

Código: 100.3

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:

Relleno Compactado a Maquina con Material de Mejoramiento Subrasante <h=30cm>

HOJA: 3 DE 12

RENDIMIENTO 1 0,01400 hr/m3

RENDIMIENTO 2 71,43 m3/hr

RENDIMIENTO 3 571,43 m3/dia

UNIDAD: M3

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramientas manuales (5% M.O.)					0,01862
Equipo topográfico	1,00	10,0000	10,00000	0,01450	0,14500
Motoniveladora	1,00	40,0000	40,00000	0,01450	0,58000
Rodillo Vibratorio liso	1,00	35,0000	35,00000	0,01450	0,50750

SUBTOTAL (M) 1,25112

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO-HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Op. de Motoniveladora	1	4,06	4,06000	0,01450	0,05887
Peón	2	3,62	7,24000	0,01450	0,10498
Op. Rodillo autopropulsado	1	3,86	3,86000	0,01450	0,05597
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,7	4,06	2,84200	0,01450	0,04121
Ayudante de operador de equipo<EO E2>	1	3,62	3,62000	0,01450	0,05249
Topógrafo <En Construcción - Estr.Oc.C1>	1	4,06	4,06000	0,01450	0,05887

SUBTOTAL (N) 0,37239

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
AGUA	M3.	0,0500	1,9000	0,09500
MATERIAL DE MEJORAMIENTO	M3.	1,2500	6,0000	7,50000

SUBTOTAL (O) 7,59500

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO

SUBTOTAL (P)

La Libertad, diciembre del 2021

Miguel Tomalá Figueroa
OFERENTE

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		9,21851
INDIRECTOS Y UTILIDADES	25,00%	2,30463
OTROS INDIRECTOS		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		11,52
VALOR OFERTADO		11,52

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL					
Rediseño de calles secundarias L= 800m de pavimento flexible construidos en suelos arcillosos en la Zona 1 del Cantón La Libertad provincia de Santa Elena					Código: 100.4
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: Relleno Compactado a Maquina con Material BASE CLASE IA					
RENDIMIENTO 1	0,01450 hr/m3				
RENDIMIENTO 2	68,97 m3/hr	UNIDAD: M3			
RENDIMIENTO 3	551,72 m3/dia				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramientas manuales (5% M.O.)					0,01833
Equipo topográfico	1,00	10,0000	10,00000	0,01450	0,14500
Motoniveladora	1,00	40,0000	40,00000	0,01450	0,58000
Rodillo Vibratorio liso	1,00	35,0000	35,00000	0,01450	0,50750
SUBTOTAL (M)					1,25083
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO-HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Op. de Motoniveladora	1	4,06	4,06000	0,01450	0,05887
Peón	2	3,62	7,24000	0,01450	0,10498
Op. Rodillo autopropulsado	1	3,86	3,86000	0,01450	0,05597
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,6	4,06	2,43600	0,01450	0,03532
Ayudante de operador de equipo<EO E2>	1	3,62	3,62000	0,01450	0,05249
Topógrafo <En Construcción - Estr.Oc.C1>	1	4,06	4,06000	0,01450	0,05887
SUBTOTAL (N)					0,36650
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
AGUA	M3.	0,0500	1,9000	0,09500	
MATERIAL BASE CLASE 1	M3.	1,2500	8,5000	10,62500	
SUBTOTAL (O)				10,72000	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL (P)					
La Libertad, diciembre del 2021					
Miguel Tomalá Figueroa OFERENTE					
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					12,33733
INDIRECTOS Y UTILIDADES					25,00% 3,08433
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					15,42
VALOR OFERTADO					15,42

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Rediseño de calles secundarias L= 800m de pavimento flexible construidos en
suelos arcillosos en la Zona 1 del Cantón La Libertad provincia de Santa Elena

Código: 200.1

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:

Colocación de Geomalla NX750

HOJA: 6 DE 14

RENDIMIENTO 1

0,02700 hr/m2

RENDIMIENTO 2

37,04 m2/hr

UNIDAD:

M2

RENDIMIENTO 3

296,30 m2/día

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramientas manuales (5% M.O.)					0,05565
SUBTOTAL (M)					0,05565

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO-HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Albanil	1	4,06	8,12000	0,02700	0,21924
Peón	2	3,62	21,72000	0,02700	1,17288
SUBTOTAL (N)					1,39212

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
Geomalla Biaxial NX750	M2.	1,0500	2,3500	2,46750
Estacas	U	2,0000	0,1500	0,30000
SUBTOTAL (O)				2,76750

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL (P)				

SUBTOTAL (P)

La Libertad, diciembre del 2021

Miguel Tomalá Figueroa
OFERENTE

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		4,21527
INDIRECTOS Y UTILIDADES	25,00%	1,05382
OTROS INDIRECTOS		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		5,27
VALOR OFERTADO		5,27

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Rediseño de calles secundarias L= 800m de pavimento flexible construidos en
suelos arcillosos en la Zona 1 del Cantón La Libertad provincia de Santa Elena

Código: 300.2

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:

Bordillo H.S. FC=180KG/CM2 H=50cm, A=20cm incluye
encofrado

HOJA: 9 DE 12

RENDIMIENTO 1

0,05000 hr/mL

RENDIMIENTO 2

20,00 mL/hr

UNIDAD:

ML

RENDIMIENTO 3

160,00 mL/día

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramientas manuales (5% M.O.)					0,01800

SUBTOTAL (M)**0,01800****MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO-HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peón	4	3,62	3,80000	0,00350	0,05320
Albañil	1	4,06	1,65000	0,00350	0,00578
Carpintero	1	4,06	0,83000	0,00350	0,00291
Maestro Mayor	1	3,86	0,75000	0,00350	0,00263

SUBTOTAL (N)**0,06451****MATERIALES**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg - Holcim DISENSA	Saco	0,6700	7,6800	5,14560
Alfajja 7x7x250	U	1,5000	3,0000	4,50000
Arena	M3	0,0700	13,5000	0,94500
Ripio	M3	0,1000	18,0000	1,80000
Agua	M3	0,0300	0,8500	0,02550
Aceite Quemado	gl	0,2000	0,4400	0,08800
Tabla de monte ancho 25cm	M	0,5500	3,3400	1,83700
Clavos 2", 2 1/2", 3", 3 1/2"	kg	0,1300	2,1300	0,27690

SUBTOTAL (O)**14,61800****TRANSPORTE**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO

SUBTOTAL (P)

La Libertad, diciembre del 2021

Miguel Tomala Figueroa
OFERENTE

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		14,70051
INDIRECTOS Y UTILIDADES	25,00%	3,67513
OTROS INDIRECTOS		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		18,38
VALOR OFERTADO		18,38

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Rediseño de calles secundarias L= 800m de pavimento flexible construidos en suelos arcillosos en la Zona 1 del Cantón La Libertad provincia de Santa Elena

Código: 400,1

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:
ASFALTO RC-250 PARA IMPRIMACION
RENDIMIENTO 1
RENDIMIENTO 2
RENDIMIENTO 3

0,05000 hr/m2
20,00 m2/hr
160,00 m2/dia

HOJA: 10 DE 12

UNIDAD: M2

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramientas manuales (5% M.O.)					0,01800
Distribuidora de asfalto	1,00	35,00	35,00000	0,00350	0,12250
Escoba autopropulsada	1,00	8,00	8,00000	0,00350	0,02800
Minicargadora	1,00	35,00	35,00000	0,00350	0,12250

SUBTOTAL (M) 0,29100

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO-HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peon	3	3,62	10,86000	0,00350	0,11403
Op. Distribuidor de Asfalto	1	3,86	3,86000	0,00350	0,01351
Op. De Barredora autopropulsada	1	3,86	3,86000	0,00350	0,01351
Op. De Camion de carga frontal <en contruccion>	1	3,86	3,86000	0,00350	0,01351
Mecanico de equipo Liviano <Estr. Oc. C3>	1	3,72	0,37200	0,00350	0,00130
Maestro Mayor en ejecucion de obras civiles	1	4,06	4,06000	0,00350	0,01421

SUBTOTAL (N) 0,20399

MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
Asfalto RC-250 para imprimacion	GL.	0,2200	1,6500	0,36300
Diesel	GL.	0,0500	1,3700	0,06850

SUBTOTAL (O) 0,43150

TRANSPORTE				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO

SUBTOTAL (P)

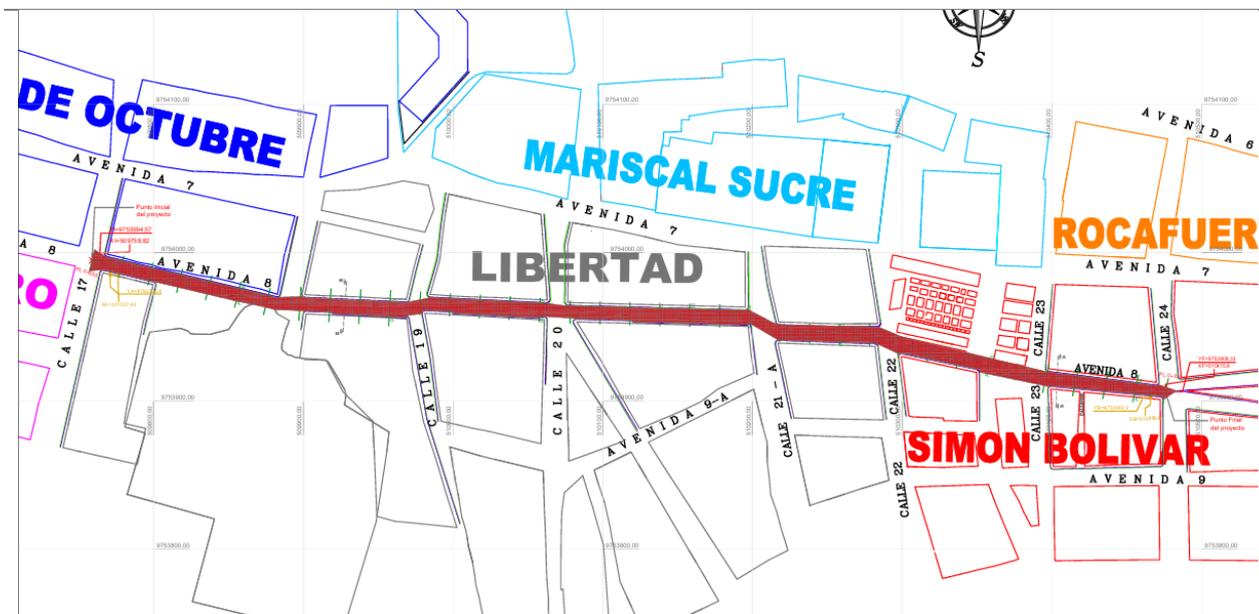
La Libertad, diciembre del 2021

Miguel Tomala Figueroa
OFERENTE

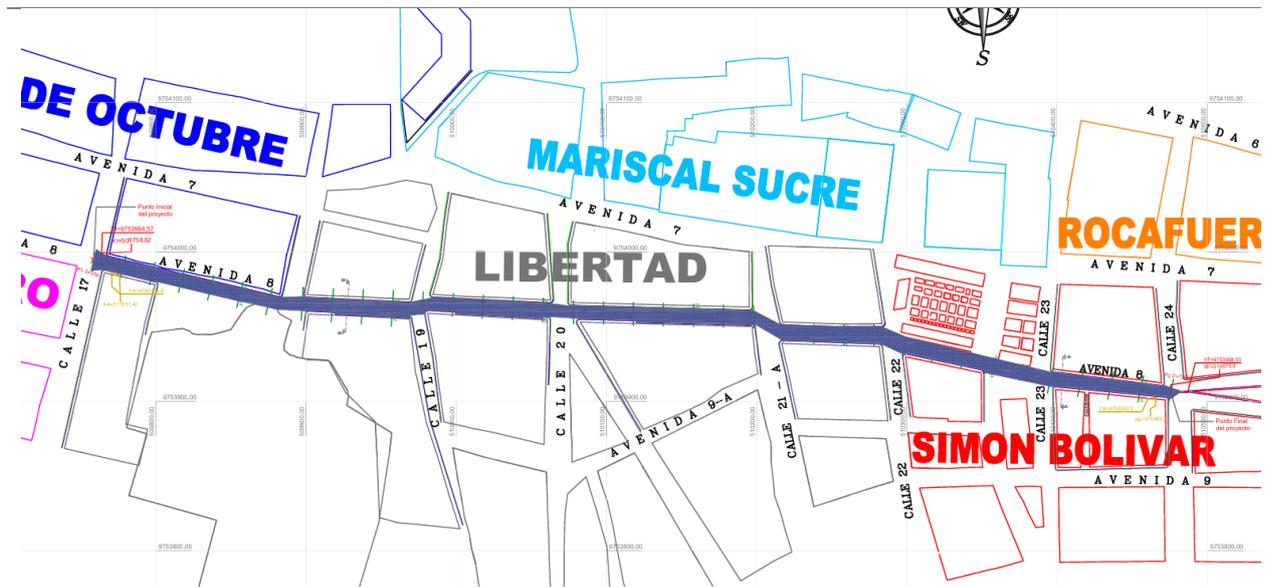
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0,92649
INDIRECTOS Y UTILIDADES	25,00%	0,23162
OTROS INDIRECTOS		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		1,16
VALOR OFERTADO		1,16

5.3 Descripción de cantidades de obra

Código:	100.1
Rubro:	Trazado y Replanteo
Unidad:	M2
Descripción de cantidades	Para tener la cantidad en metros cuadrados, se debe considerar el ancho de la calzada, $A = 10,5$ m y de largo será la distancia de la carretera, $L = 720$ m donde la cantidad total es $T = 10,5 \times 720 = 7560$ M2



Código:	100.2
Rubro:	Excavación y Desalojo a Máquina. (Plataforma y Áreas Exteriores Pavimentos)
Unidad:	M2
	Para tener la cantidad en metros cuadrados, se debe considerar el ancho de la calzada, $A = 10,5$ m y de largo será la distancia de la carretera, $L = 720$ m y para ellos se hará una excavación de $2,35$ m donde la cantidad total es $T = 10,5 \times 720 \times 2,35 = 17258,4$ M3

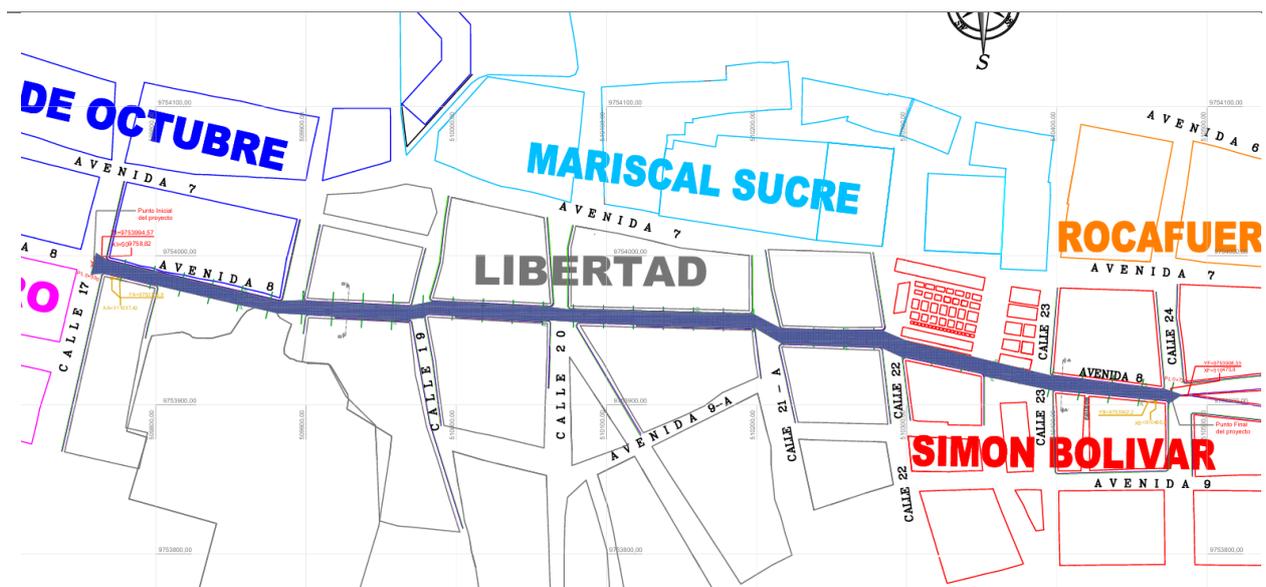


Código: 100.3

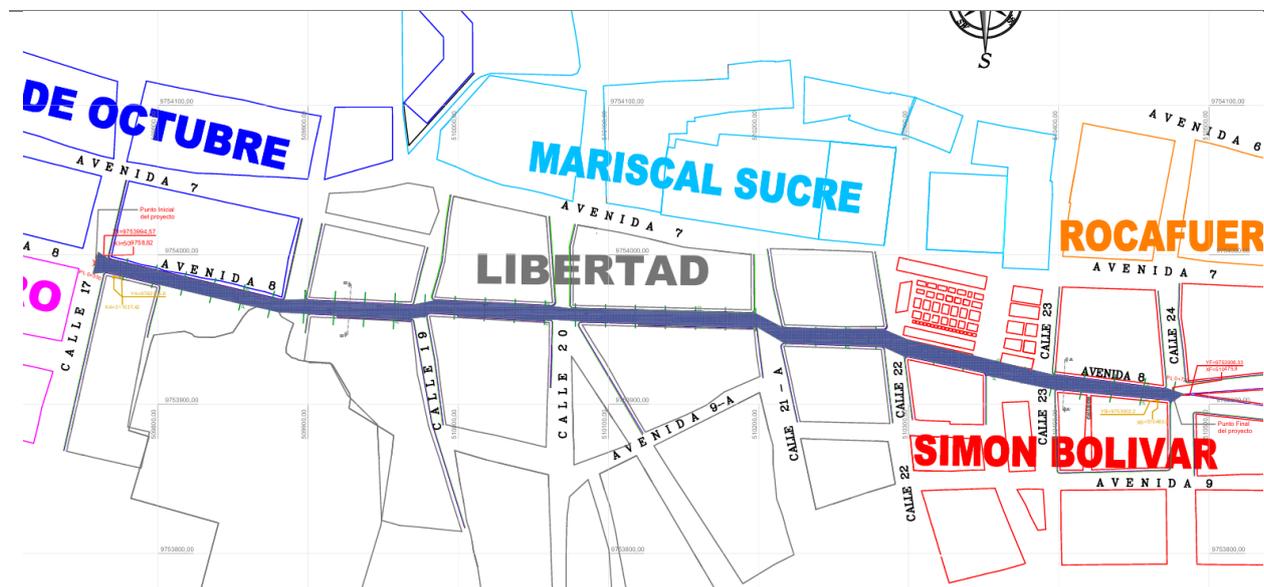
Rubro: Relleno Compactado a Maquina con Material de Mejoramiento Subrasante $h=30\text{cm}$

Unidad: M3

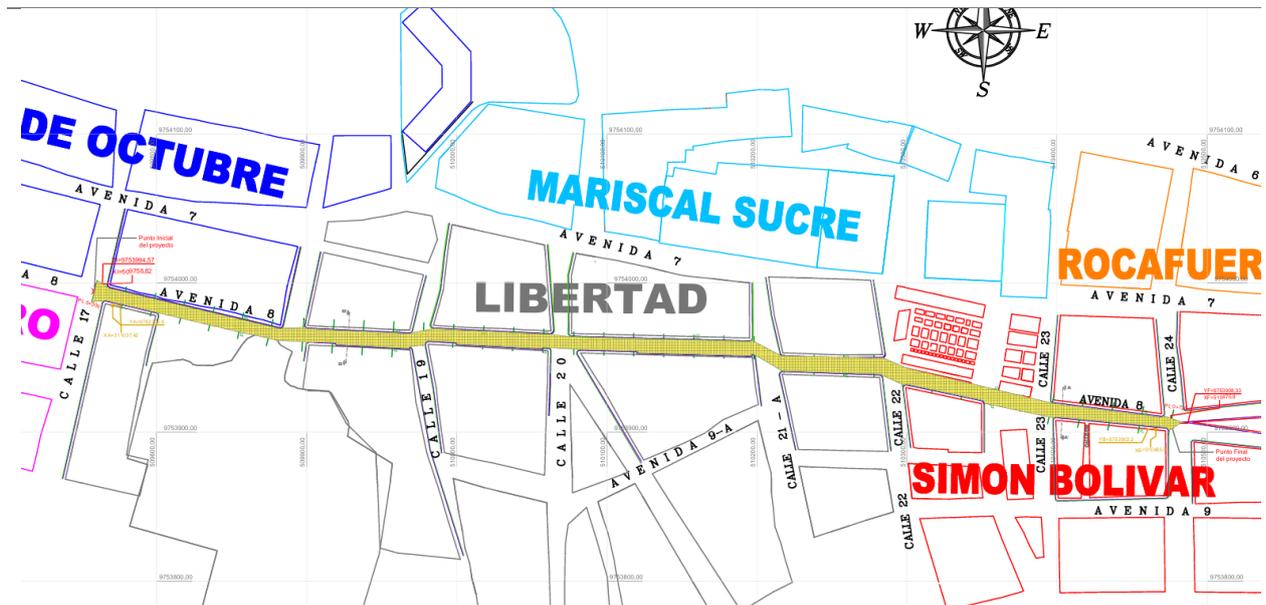
Para tener la cantidad en metros cúbicos, se debe considerar el ancho de la calzada, $A = 10,5 \text{ m}$ y de largo será la distancia de la carretera, $L = 720 \text{ m}$ y para ellos se hará una excavación de $2,35 \text{ m}$ donde la cantidad total es $T = 10,5 \times 720 \times 1,5425 = 11328,14 \text{ M3}$



Código:	100.4
Rubro:	Relleno Compactado a Maquina con Material BASE CLASE IA
Unidad:	M3
	Para tener la cantidad en metros cúbicos, se debe considerar el ancho de la calzada, $A = 10,5$ m y de largo será la distancia de la carretera, $L = 720$ m y para ellos se hará una excavación de 2,35 m donde la cantidad total es $T = 10,5 \times 720 \times 0,7713 = 5664,42$ M3



Código:	100.5
Rubro:	Relleno y Compactación de Material SUBASE CLASE III
Unidad:	M3
	Para tener la cantidad en metros cúbicos, se debe considerar el ancho de la calzada, $A = 10,5$ m y de largo será la distancia de la carretera, $L = 720$ m y para ellos se hará una excavación de 2,35 m donde la cantidad total es $T = 10,5 \times 720 \times 1,2855 = 9441,43$ M3

**Código:****200.1****Rubro:**

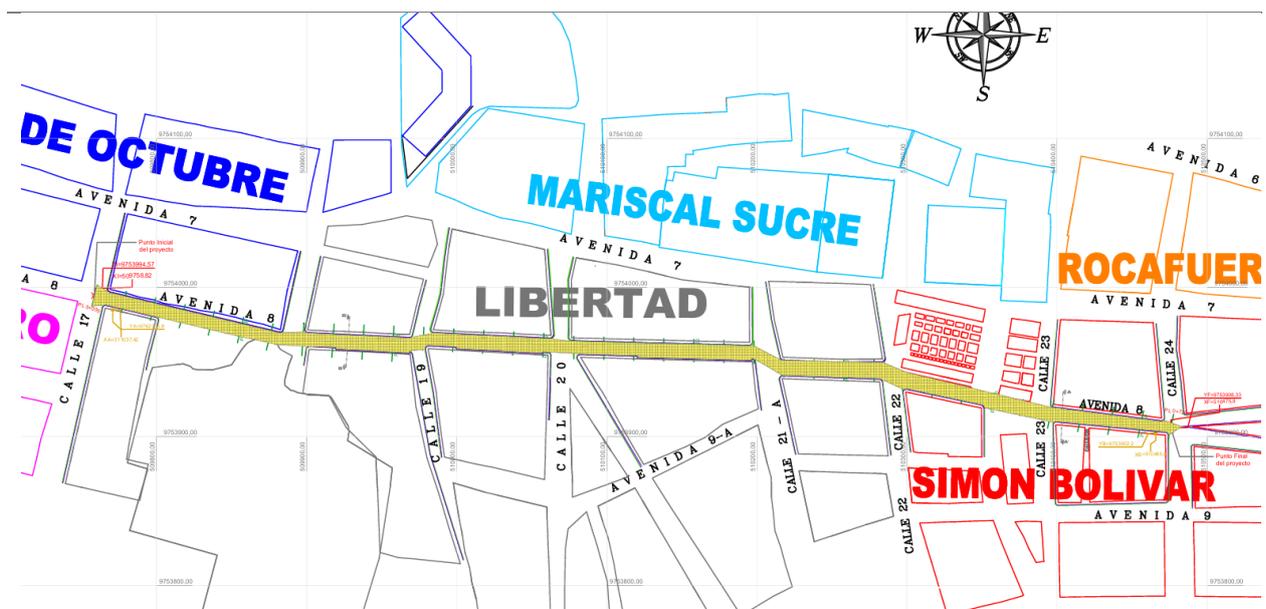
Colocación de Geomalla NX750

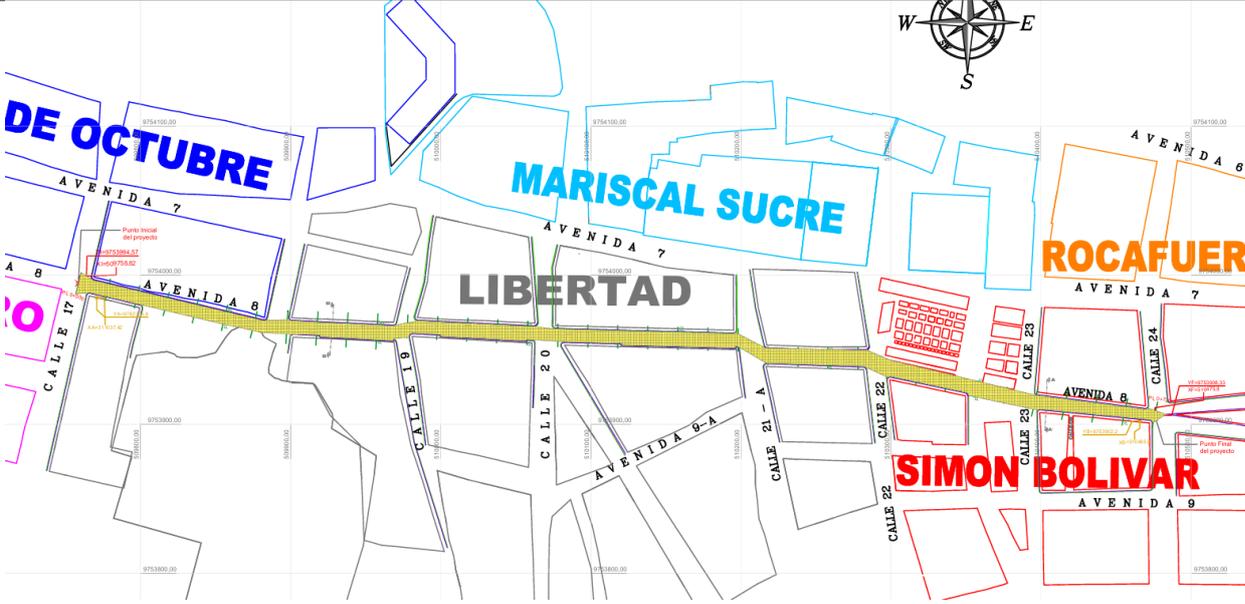
Unidad:

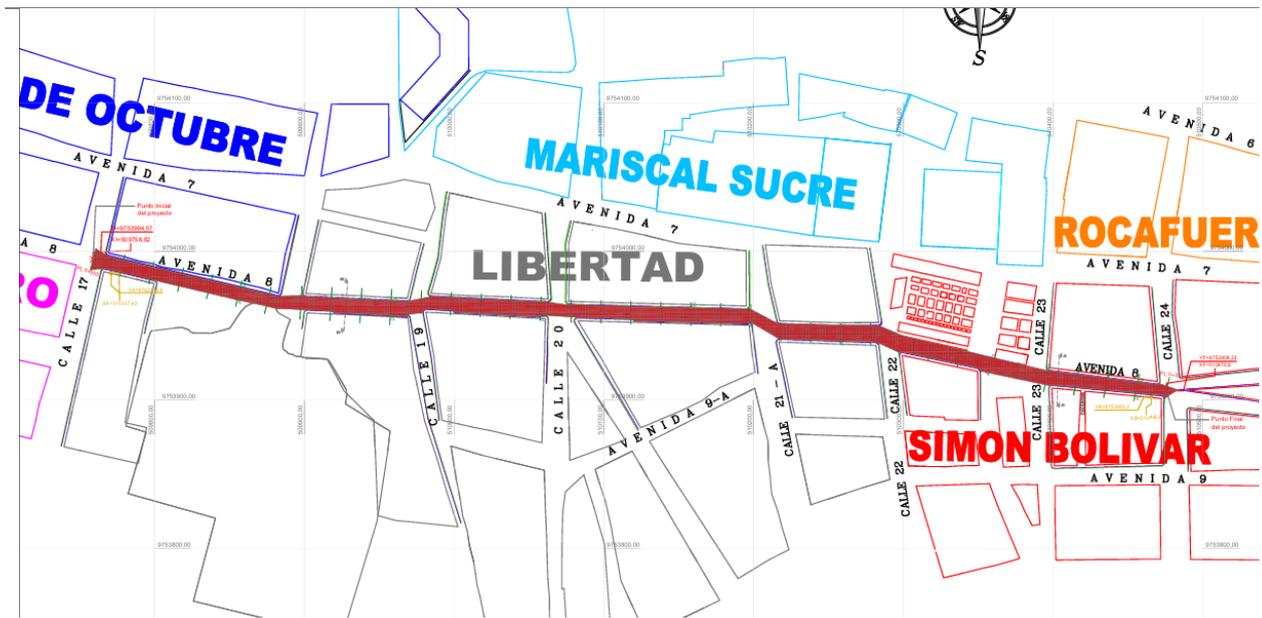
M2

Descripción de cantidades

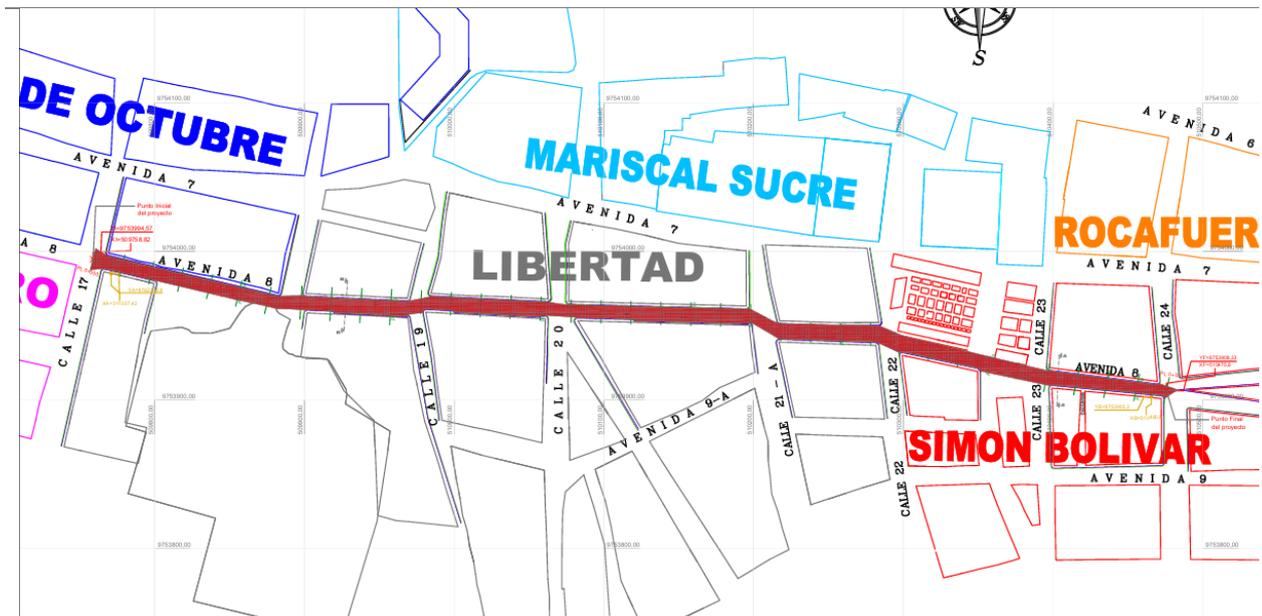
Para tener la cantidad en metros cuadrados, se debe considerar el ancho de la calzada, $A = 10,5 \text{ m}$ y de largo será la distancia de la carretera, $L = 720 \text{ m}$ donde la cantidad total es $T = 10,5 \times 720 = 7560 \text{ M2}$

**Código:****200.2**

Rubro:	Colocación de Geomembrana GX175
	M2
Descripción de cantidades	Para tener la cantidad en metros cuadrados, se debe considerar el ancho de la calzada, $A = 10,5 \text{ m}$ y de largo será la distancia de la carretera, $L = 720 \text{ m}$ donde la cantidad total es $T = 10,5 \times 720 = 7560 \text{ M2}$
	
Código:	300.1
Rubro:	Acera de hormigón $f'c=10\text{kg/cm}^2$ $E=10\text{cm}$ (incluye transporte)
Unidad:	ML
	Para tener la cantidad en metros lineales, se debe considerar el ancho de la calzada, $A = 1 \text{ m}$ y de largo será la distancia de la carretera, $L = 720 \text{ m}$ y como esta estructura se coloca a ambos lados de la vía se multiplica por dos donde la cantidad total es $T = 1.00 \times 720 \times 2 = 1440 \text{ M}$



Código:	300.2
Rubro:	Bordillo H.S. F'C=180KG/CM2 H=50cm, A=20cm incluye encofrado
Unidad:	ML
Descripción de cantidades	Para tener la cantidad en metros lineales, se debe considerar el ancho de la calzada, $A = 1 \text{ m}$ y de largo será la distancia de la carretera, $L = 720 \text{ m}$ y como esta estructura se coloca a ambos lados de la vía se multiplica por dos donde la cantidad total es $T = 1.00 \times 720 \times 2 = 1440 \text{ M}$
Código:	400.1
Rubro:	Asfalto Rc-250 para Imprimación
Unidad:	M2
	Para tener la cantidad en metros cuadrados, se debe considerar el ancho de la calzada, $A = 10,5 \text{ m}$ y de largo será la distancia de la carretera, $L = 720 \text{ m}$ donde la cantidad total es $T = 10,5 \times 720 = 7560 \text{ M2}$



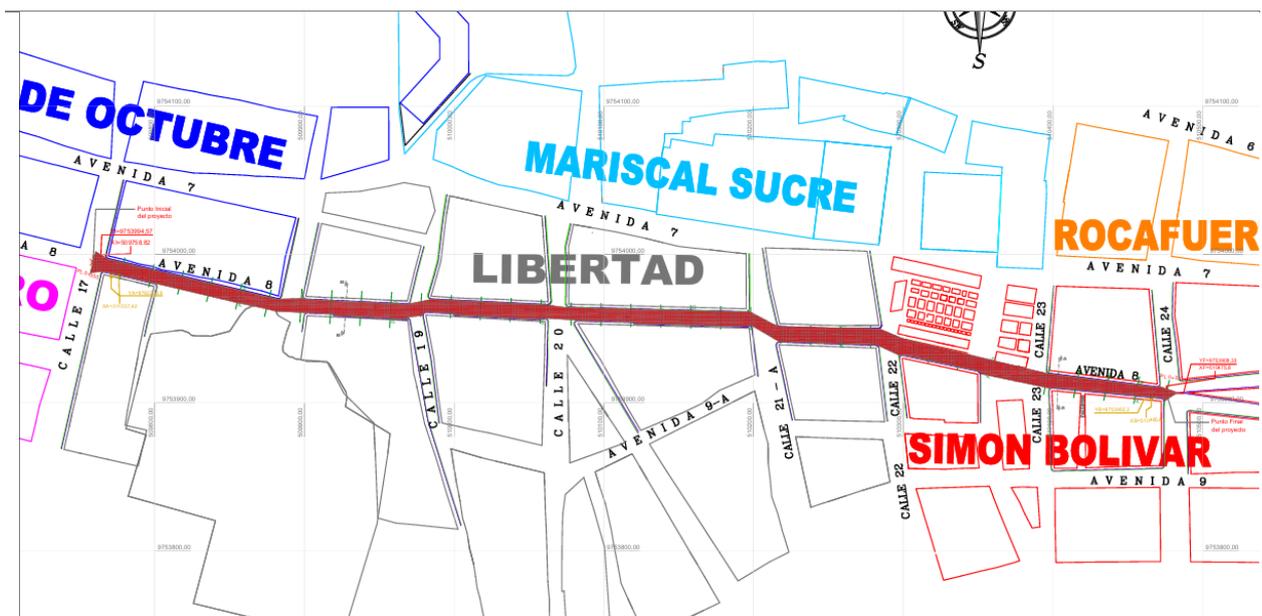
Código: 400.2

Rubro: Carpeta Asfáltica de 3pulg

Unidad: M2

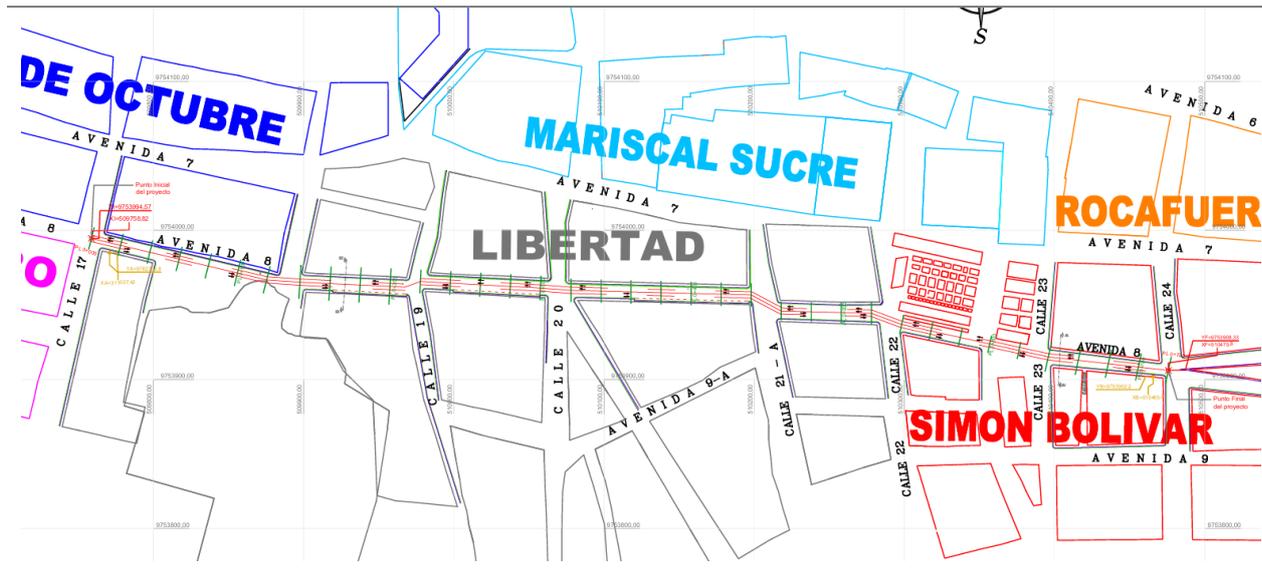
Descripción de cantidades

Para tener la cantidad en metros cuadrado, se debe considerar el ancho de la calzada, $A = 10,5$ m y de largo será la distancia de la carretera, $L = 720$ m donde la cantidad total es $T = 10,5 \times 720 = 7560$ M2



Código: 400.3

Rubro:	Señalización con pintura de trafico
Unidad:	M2
Descripción de cantidades	Para tener la cantidad en metros cuadrado, donde la cantidad total es $T = 2,8 \times 720 = 2016 \text{ M2}$



5.4 Valoración integral del costo del proyecto

El proyecto de rediseño vial del tramo de carretera consta de un total de 12 rubros que en conjunto suman un presupuesto total de:

$$\text{Presupuesto} = \$698586,^{80}$$

Considerando que la longitud del proyecto alcanza los 720m de carretera (Revisar coordenadas en el Capítulo 2), se puede calcular el costo del proyecto por metro lineal de vía como:

$$\text{Costo por metro lineal} = \frac{\$698586,^{80}}{720\text{m (de carretera)}}$$

$$\text{Costo por metro lineal} = 970,25 \text{ c/mL}$$

PROYECTO DE OBRA

Obra:	Rediseño vial de una carretera sobre suelos arcillosos	Fecha:	Diciembre, 2024
Ubicación:	La Libertad, Santa Elena	Hoja:	1/1

N.º de RUBRO	ITEM	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	P. TOTAL
		PROYECTO VIAL				
	100	PRELIMINARES				
1	100.1	Trazado y Replanteo	m2	7.560,00	\$1,40	10585.00
2	100.2	Excavación y Desalojo a Máquina. (Plataforma y Áreas Exteriores Pavimentos).	m3	17,257.53	\$10,25	176889.68
3	100.3	Relleno Compactado a Maquina con Material de Mejoramiento Subrasante <h=30cm>	m3	11,328.79	\$11,52	130507.66
4	100.4	Relleno Compactado a Maquina con Material BASE CLASE IA	m3	5,664.39	\$15,42	87344.89
5	100.5	Relleno y Compactación de Material SUBASE CLASE III	m3	9,440.66	\$8,80	83077.81
	200	GEO-SINTÉTICOS				
6	200.1	Colocación de Geomalla NX750	m2	7.560,00	\$5,27	39841.20
7	200.2	Colocación de Geomembrana GX175	m2	7.560,00	\$5,32	40219.20
	300	ACERA, BORDILLO-CUNETETA				
8	300.1	Acera de hormigón f'c=140kg/cm2 E=10cm (incluye transporte)	ml	1,440.00	\$8.84	12729.6
9	300.2	Bordillo H.S. F'C=140KG/CM2 H=50cm, A=20cm incluye encofrado	ml	1,440,00	\$18,38	26540.72
	400	ASFALTADO VIAL				
10	400.1	Asfalto Rc-250 para Imprimación	m2	7.560,00	\$1,08	8164.80
11	400.2	Carpeta Asfáltica de 3in	m2	7.560,00	\$10,50	79380.00
12	400.3	Señalización con pintura de trafico	ml	2,016.00	\$1,64	3306.24
COSTO TOTAL (Costo Directo + Costo Indirecto)						698,586.8

5.5 Cronograma de obra

PROYECTO : PROYECTO VIAL - Rediseño de vía secundaria de 800 metro sobre suelo arcilloso para la Zona I del Canton la Libertad en la provincia de Santa Elena
CONTRATO : STE. Miguel Angel Tomalá Figueroa
OFERENTE : CADMCLL
CONTRATANTE : LA LIBERTAD. PROV. SANTA ELENA
LUGAR : NOV. 2024
FECHA :

CRONOGRAMA VALORADO DE TRABAJOS

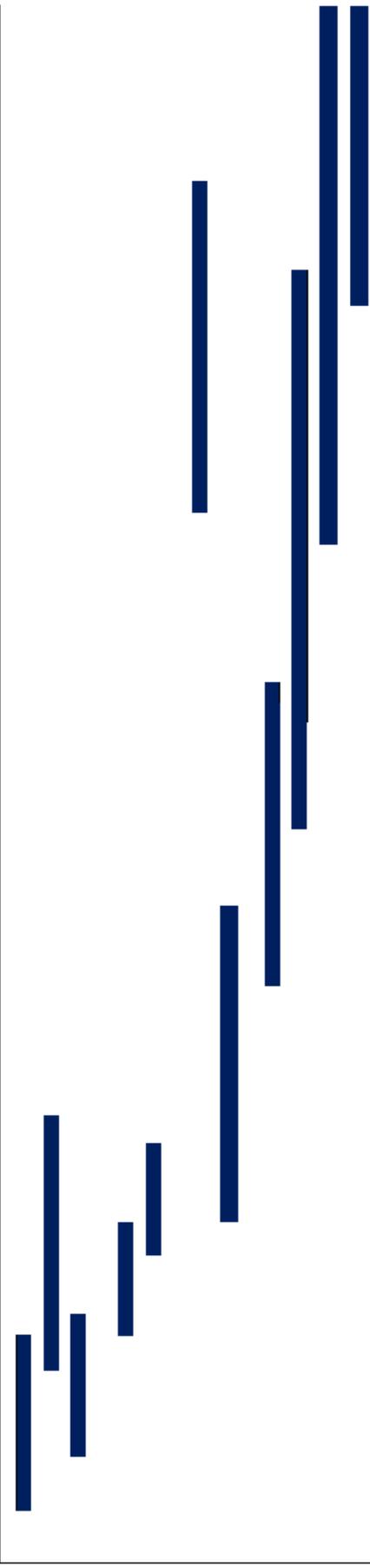
RUBRO	U	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	Rendimiento	Días	PRECIO TOTAL														
						Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9						
100.0 PRELIMINARES																				
100.1 TRAZADO Y REPLANTEO	M2	7.560,00	1,40	0,00270	20															10.584,00
100.2 Excavación y Desalido a Máquina. (Plataforma y Área Exteriores Pavimentoj).	M3	17.257,53	10,25	0,00580	100															176.899,68
100.3 Relleno Compactado a Máquina con Material de Mejoramiento Substrante <h=30cm>	M3	11.328,79	11,52	0,00580	66															130.507,66
100.4 Relleno y Compactación de Material SUBBASE CLASE III	M3	9.480,66	8,80	0,00580	55															83.077,81
100.5 Relleno Compactado a Máquina con Material BASE CLASE IA	M3	5.664,39	15,42	0,00580	33															87.344,89
200.0 GEO - SINTETICOS																				
200.1 Colocación de Geomalla	M2	7.560,00	5,27	0,0027	20															39.861,20
200.2 Colocación de Geomembrana	M2	7.560,00	5,32	0,0027	20															40.219,20
300.0 ACERA, BORDILLO-CUNETA																				
300.1 Acera de hormigón f'c=210kg/cm² E=10cm (incluye transporte)		1.440,00	8,84	0,00500	7															12.729,60
300.2 Bordillo H.5. F'c=180kg/cm² H=5cm. A=20cm incluye encofrado		1.440,00	18,38	0,00500	7															26.467,20
400.0 ASFALTADO VIAL																				
400.1 ASFALTADO BC-250 PARA IMPERMEABILACION	M2	7.560,00	1,08	0,001	8															8.164,80
400.2 CARPETA ASFALTICA DE 2PULG.	M2	26.421,38	10,40	0,001	26															277.445,49
400.3 Señalización con pintura de tráfico	M2	2.016,00	1,64	0,005	10															3.306,24
																				373 896.577,77510

espol[®]

Facultad de Ingeniería en
Ciencias de la Tierra

TIEMPO EN MESES

Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17	Semana 18	Semana 19	Semana 20	Semana 21	Semana 22	Semana 23	Semana 24	Semana 25	Semana 26	Semana 27	
L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V



Capítulo 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El rediseño del pavimento flexible para la avenida octava permitió desarrollar un sistema estructural optimizado que mejora significativamente el desempeño de la vía en suelos arcillosos, característicos por su baja capacidad portante y alta expansividad debido a la presencia de caolinitas. Los ensayos de laboratorio confirmaron estas condiciones del suelo, justificando la necesidad de implementar técnicas de estabilización que reduzcan los riesgos de fallas estructurales recurrentes.

La inclusión de geomallas y geomembranas de polietileno como solución técnica demostró ser una estrategia eficiente para enfrentar los desafíos del suelo y las condiciones climáticas de la zona costera ecuatoriana. Estas medidas no solo minimizaron los espesores de las capas estructurales, reduciendo los costos de construcción, sino que también lograron extender la vida útil de la vía de 20 a 25 años y aumentar el intervalo entre ciclos de mantenimiento de 3 a 5 años.

En general, el proyecto alcanzó los objetivos planteados, mejorando la durabilidad y la sostenibilidad de la vía secundaria. Además, proporciona un modelo replicable para intervenciones en zonas con condiciones geotécnicas complejas, contribuyendo al desarrollo de infraestructuras vial más eficientes y resilientes.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda ampliar los estudios relacionados con el uso de geo sintéticos en proyectos viales, explorando combinaciones más complejas, como la integración de geotextiles con geomallas y geomembranas. Este enfoque podría ofrecer mejoras adicionales en la estabilidad del suelo y el rendimiento del pavimento, especialmente en carreteras de mayor jerarquía.

Asimismo, es crucial evaluar el desempeño a largo plazo de los geos sintéticos bajo diferentes condiciones de carga y clima, lo que permitirá validar su eficiencia frente a los métodos convencionales de estabilización del suelo. Estas investigaciones podrían enfocarse en la sostenibilidad y la reducción de costos asociados al diseño y mantenimiento de vías en suelos arcillosos.

Finalmente, se sugiere aplicar este modelo de diseño en futuros proyectos piloto, documentando de manera detallada su impacto económico, ambiental y social. Esto no solo fortalecerá el conocimiento técnico, sino que también fomentará la adopción de soluciones innovadoras y sostenibles en el sector de la infraestructura vial.

BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO. (1993). *Guide for Design of Pavement Structures*. American Association of State Highway and Transportation Officials.
- American Society for Testing Materials. (2010). *ASTM Book of Standards : Soil And Rock (I)* (Vol. 04.08). West Conshohocken: ASTM.
- Bennet, R. H., & Hulbert, M. H. (1986). *Clay Microstructure*. New York: D. Reidel Publishing Company.
- Budhu, M. (2015). *Soil mechanics fundamentals*. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.
- Crespo Villalaz, C. (1999). In C. Crespo Villalaz, *Vías de comunicación: Caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos*. Bogotá: Editorial Limusa S.A.
- Das, B. M. (2013). *Fundamentals of Geotechnical Engineering*. Santa Fe: Cengage Learning.
- GADMLL. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. La Libertad: GAD Municipal de La Libertad.
- Grim, R. E. (1953). *Clay Mineralogy*. New York: McGraw Hill.
- Grisales, J. C. (2013). *Diseño geométrico de carreteras*. Bogota: ECOE EDICIONES.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2020). *VII Censo de Población y VII de Vivienda*. Quito: INEN.
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2002). *MOP-001-F-2002*. Quito: MTOP.
- MTOP. (2013). *Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP* (Vol. III). Quito: Ministerio de Transporte y Obras Públicas.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2014). *NEC-SE-GC: Geotecnia y Cimentación*. Quito: MIDUVI.
- Proctor, R. R. (1933). Design and Construction of Rolled Earth Dams. *Engineering News Record*, 245-248, 286-289, 348-351.
- Sanchez Sabogal, F., & Campagnoli Martínez, S. (2016). Composición de un Pavimento Asfáltico y Elementos Complementarios. In F. Sanchez Sabogal, & S. Campagnoli Martínez, *Pavimentos asfálticos de carreteras: guía práctica de para los estudios y diseños* (Primera ed., pp. 37-46). Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.

- Elliot, T., Carter, A., Ghattuwar, S., & Levasseur, A. (2023). Environmental impacts of road pavement rehabilitation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 118, 103720. <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2023.103720>
- Lakshmi, S. M., Rishikesan, R., Gokulavasan, S. V., Babu, B. S. S., Nafeel, A. K., Anand, M. J. S., & Aravind, A. N. (2021). Enhancement of strength characteristics of Clayey Sand using fly ash and geonet. *Materials Today: Proceedings*, 45, 479–485. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2020.02.078>
- Leopold, L. B., Clarke, F. E., Hanshaw, B. B., & Balsley, J. R. (1971). A procedure for evaluating environmental impact. *Circular*. <https://doi.org/10.3133/CIR645>
- Millard, R. S. (1962). Road building in the tropics. *Journal of Applied Chemistry*, 12(8), 342–357. <https://doi.org/10.1002/JCTB.5010120803>
- Ognjenovic, S., Ristov, R., & Vatin, N. (2015). Designing of Rehabilitations of Urban and Non-urban Roads. *Procedia Engineering*, 117(1), 568–573. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2015.08.215>
- Pacheco-Torgal, F., & Amirkhanian, S. (2020). Introduction to eco-efficient pavement materials. *Eco-Efficient Pavement Construction Materials*, 1–10. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818981-8.00001-1>
- Papagiannakis, A. T., & Masad, E. A. (2012). Pavement Design and Materials. *Pavement Design and Materials*. <https://doi.org/10.1002/9780470259924>
- Yoder, E. J., & Witczak, M. W. (1975). Principles of Pavement Design. *Principles of Pavement Design*. <https://doi.org/10.1002/9780470172919>
- Lee, S., Park, J. J., & Cho, B. H. (2022). Management of cavities under flexible pavement road network in metropolitan area: Detection, evaluation, and rehabilitation. *Developments in the Built Environment*, 12, 100091. <https://doi.org/10.1016/J.DIBE.2022.100091>
- Garraín, D., & Lechón, Y. (2019). Environmental footprint of a road pavement rehabilitation service in Spain. *Journal of Environmental Management*, 252, 109646. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2019.109646>

- Khan, Z. A., Balunaini, U., Nguyen, N. H. T., & Costa, S. (2024). Evaluation of cement-treated recycled concrete aggregates for sustainable pavement base/subbase construction. *Construction and Building Materials*, *449*, 138417. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2024.138417>
- Harishbabu, J., Saboo, N., & Kar, S. S. (2024). Use of non-potable water sources in pavement construction: A review. *Construction and Building Materials*, *411*, 134781. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2023.134781>
- Liu, M., Saberian, M., Li, J., Zhu, J., Perera, S. T. A. M., Roychand, R., & Tajaddini, A. (2024). Evaluation of brown coal fly ash for stabilising expansive clay subgrade: A sustainable solution for pavement construction. *Resources, Conservation and Recycling*, *204*, 107533. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2024.107533>

PLANOS Y ANEXOS



Ilustración 0.1 avenida 8 del cantón La Libertad



Ilustración 0.2 visualización de agrietamiento.



Ilustración 0.3 Pruebas de laboratorio, ensayo CVR



Ilustración 0.4 medición del recipiente para cálculo de CVR



Ilustración 0.5 Medio del recipiente exterior



Ilustración 0.6 realización de calicata, cota 0+800



Ilustración 0.7 Ensayo Proctor modificado



Ilustración 0.8 Comienzo de la calicata en la finales de la avenida 8



Ilustración 0.9 distribución de material para humedecer



Ilustración 0.10 realización de calicata cota 0+000



Ilustración 0.11 Cuarteo de la muestra para ensayos



Ilustración 0.12 realización del ensayo límite de attenberg



Ilustración 0.13 visualización de problemática


Laboratorio de Geotecnia y Construcción

HOJA DE DATOS PRIMARIOS

Código: LABGC-XX

Ensayo: DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

Información del estudiante

Nombre del estudiante: _____ Materia: _____
 Numero de matricula: _____ Codigo de la materia: _____
 Grupo: _____ Paralelo: _____
 Profesor: _____ Correo electronico: _____

Información de la muestra

Código: 0+000 Profundidad: _____
 Descripción: _____ Conservación: _____
 Fecha de muestreo: _____ Cantidad: _____
 Proyecto: _____ Ubicación: _____

Información del ensayo

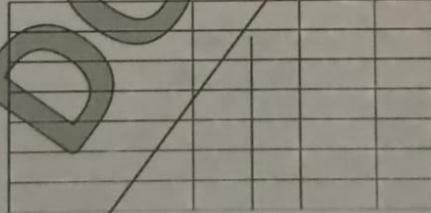
Norma de referencia: _____ Fecha de ejecución: _____
 Fecha de finalización: _____ Estudiante responsable: _____

Identificación del equipo utilizado en el ensayo

Código	Nombre	Marca/Modelo	Calibración

Determinación del Límite Líquido

	1	2	3	4
Id del recipiente				
Masa del recipiente A (g)	6,04	5,89	6,26	6,05
Numero de Golpes	40	27	31	28
Masa de suelo húmedo + recipiente B (g)	12,82	12,8	12,81	14,58
Masa de suelo seco + recipiente C (g)	10,48	10,53	10,53	11,47
Masa de agua evaporada D= B-C (g)	2,34	2,27	2,26	2,9
Masa de suelo seco E= C-A (g)	4,59	4,64	4,27	5,63
Humedad D/E*100 (%)	46,92	48,92	52,68	51,50



10

Determinación del Límite Plástico

	1	2	3
Id del recipiente	100	77	
Masa del recipiente A (g)	6,08	6,20	
Masa de suelo húmedo + recipiente B (g)	1,50	1,10	
Masa de suelo seco + recipiente C (g)	1,28	1,27	
Masa de agua evaporada D= B-C (g)	0,22	0,23	
Masa de suelo seco E= C-A (g)	1,2	1,67	
Humedad D/E*100 (%)	18,3	13,77	

Determinación del Índice de Plasticidad

IP = LL - LP = 32

FIRMA _____

Dirección: Guayaquil- Ecuador; Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30,5 Vía Perimetral – Facultad de Ingeniería en Ciencia de la Tierra (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción.

Ilustración 0.14 documento del Límites de Atterberg



Laboratorio de Geotecnia y Construcción

HOJA DE DATOS PRIMARIOS

Código: LABGC-XX

Ensayo: PROCTOR

Información de contacto del cliente

Nombre de los estudiantes: _____

Materia: _____ Paralelo: _____

Grupo: _____ Profesor: _____

Información de la muestra

Código: _____

Descripción: *Muestra más desfavorable* Conservación: _____

Fecha de recepción: _____ Cantidad recibida: _____

Obra: _____ Ubicación: _____

Información del ensayo

Norma de referencia: _____

Fecha de ejecución: _____ Estudiante responsable: _____

Identificación del equipo utilizado en el ensayo

Código	Nombre	Marca/Modelo	No. Serie	Calibración

Datos del molde y del método

Molde: *14" / 16"* # de capas: *13 / 15* Pasante: *No. 4 / 3/4"*

Masa B(kg): *4,992* Golpes/Capa: *156 / 125* Tipo de martillo: *4.54kg/457mm / 2.5kg/305mm*

Volumen V(m³): *0,0009445*

Determinación de la densidad húmeda

	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6
Masa compactada + molde A (kg)	<i>3,726</i>	<i>3,362</i>	<i>3,800</i>			
Densidad húmeda (A-B)/V (kg/m ³):	<i>110,005</i>	<i>200,038</i>	<i>193,31</i>			

Determinación de la humedad

	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6
Masa de agua añadida (g)	<i>150</i>	<i>250</i>	<i>350</i>			
Id del recipiente						
Masa del recipiente A (g)	<i>99,9</i>	<i>99,9</i>	<i>104,4</i>			
Masa de suelo húmedo + recipiente B (g)	<i>509,6</i>	<i>482,9</i>	<i>461,3</i>			
Masa de suelo seco + recipiente C (g)	<i>482,3</i>	<i>421,0</i>	<i>422,6</i>			
Masa de agua evaporada D= B-C (g)	<i>27,3</i>	<i>31,9</i>	<i>38,7</i>			
Masa de suelo seco E= C-A (g)	<i>382,5</i>	<i>325,6</i>	<i>318,2</i>			
Humedad F=D/E*100 (%)	<i>7,13</i>	<i>9,79</i>	<i>12,16</i>			

Determinación de la densidad seca

A= (F+100)*0.01	<i>7,13</i>	<i>9,79</i>	<i>12,16</i>			
Densidad seca= Densidad húmeda/A (kg/m ³):	<i>1782,88</i>	<i>1822,62</i>	<i>1744,25</i>			

Dirección: Guayaquil- Ecuador, Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30.5 Vía Perimetral – Facultad de Ingeniería en Ciencia de la Tierra (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción.

Ilustración 0.15 Ensayo Proctor a la muestra más desfavorable



Laboratorio de Geotecnia y Construcción

HOJA DE DATOS PRIMARIOS

Código: LABGC-XX

Ensayo: GRANULOMETRÍA

Información del estudiante

Nombre del estudiante: <i>H. Igual Tomala</i>	Materia:
Numero de matricula:	Codigo de la materia:
Grupo:	Paralelo:
Profesor:	Correo electronico:

Información de la muestra

Codigo: <i>0+000</i>	Profundidad: <i>1.5</i>
Descripción:	Conservación:
Fecha de muestreo:	Cantidad:
Proyecto:	Ubicación:

Información del ensayo

Norma de referencia:	Fecha de ejecución:
Fecha de finalización:	Estudiante responsable:

Identificación del equipo utilizado en el ensayo

Código	Nombre	Marca/Modelo	Calibración

Determinación de la fracción retenida sobre el tamiz No 200 mediante lavado

ID del recipiente	C4
Masa del recipiente (g)	A 156
Masa del recipiente + muestra seca antes del lavado (g)	B 694,1
Masa de la muestra seca antes del lavado (g)	C= (B-A) 537,1
Masa del recipiente + muestra lavada y secada al horno (g)	D 373,19
Masa de la muestra seca retenida sobre tamiz No. 200 (g)	E= (D-A) 220,43
Masa de la muestra que pasó el tamiz No. 200 (g)	F= (C-E) 316,17
Porcentaje más fino que el tamiz No. 200 (%)	G= (F/C)*100 58,86

Granulometría

# Tamiz	Abertura (mm)	Masa ret (g)	% Ret	%Ret Acum	%Pasa Acum
4	4,76	2,2	1,2283	1,22	98,78
10	2,00	4,7	2,1383	3,35	96,65
30	0,60	13,5	6,1419	9,49	90,51
50	0,30	49,9	22,7024	32,19	67,81
100	0,150	88,6	40,3043	72,49	27,51
200	0,075	59,4	27,1610	99,65	0,35
FONDO + F		1,3			
TOTAL		219,8			

Masa ini	219,8
Masa Fin	220,43
% Error	0,005

$$\%Error = \frac{|Masa\ fin - Masa\ ini|}{Masa\ ini} * 100$$

FIRMA _____

Dirección: Guayaquil- Ecuador ; Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30,5 Vía Perimetral – Facultad de Ingeniería en Ciencia de la Tierra (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción.
 ☎ (+593 4) 2269428

Ilustración 0.16 Ensayo de granulometría



Ensayo: CBR

Información de los estudiantes

Nombre de los estudiantes: _____ Paralelo: _____
 Materia: _____ Profesor: _____
 Grupo: _____

Información de la muestra

Código: _____ Conservación: _____
 Descripción: _____ Cantidad recibida: _____
 Fecha de recepción: _____ Ubicación: _____
 Obra: _____

Información del ensayo

Norma de referencia: _____ Estudiante responsable: _____
 Fecha de ejecución: _____

Identificación del equipo utilizado en el ensayo

Códi	Nombre	Marca/Modelo	No. Serie	Calibración

Determinación de humedades y densidades

	Antes			Después		
	56	25	12	56	25	12
HUMEDAD						
Golpes por capa	56	25	12	56	25	12
Id del recipiente	4	2A	16	16	15	
Masa del recipiente A (g)	99,46	96,87	97,74	93,00	98,10	100,1
Masa de s húmedo + recip. B (g):	455,7	456,8	484,2	362,3	405,9	446,2
Masa de s seco + recip. C (g):	406,8	408,4	433,4	313,7	342,0	371,9
Masa de agua D= B-C (g)	48,9	48,4	46,8	44,1	63,9	90,1
Masa de suelo seco E= C-A (g)	307,34	309,53	334,66	216,2	243,3	271,0
Humedad F= D/E*100 (%)	15,9	15,63	13,98	20,41	26,26	33,24
Id del molde	3	4	3	3	4	3
DENSIDAD						
Masa del molde A (kg)	0,00212	0,0021	0,0021	0,0021	0,0021	0,0021
Volumen del Molde V (m ³)	1,23	1,106	1,178	1,236	1,106	1,178
Masa compactada + molde B (kg):	11,526	11,28	10,178	11,842	11,876	10,652
Densidad húmeda(B-A)/V (kg/m ³):	16,781	16,877	18,398	12,502	14,483	10,24
C=(F+100)*0.01	1,5	1,563	1,398	2,041	2,626	3,324
Densidad seca= Densidad húmeda/C (kg/m ³):	145,92	143,93	161,69	101,93	114,70	123,76

x 10³

Hinchamiento

	56	25	12
Golpes por capa	56	25	12
Lectura inicial (mm)	0+10	0+010	0+010
24 h (%)	0+63	1+025	0+070
48 h (%)	1+210	1+803	1+214
72 h (%)	2+135	2+340	1+235

% CBR = 7,33

Resistencia a la penetración en prensa (Lecturas directas)

Hincado del pistón	Dial 0.001"			Dial 0.0001"		
	56	25	12	56	25	12
0.00	0+25	0+43	0+25	0+00	0+00	0+00
0.05	0+20	0+68	0+50	0+0E	0+015	0+01
0.10	0+25	0+93	0+75	0+045	0+030	0+02
1.27	1+00	1+18	1+00	0+030	0+010	0+03
1.91	1+25	1+43	1+25	0+070	0+050	0+04
2.54	1+75	1+93	1+75	0+090	0+085	0+03
3.81	2+25	2+43	2+25	0+10	0+080	0+06
5.08	3+25	3+43	3+25	0+12	0+090	0+07
7.62	4+25	4+43	4+25	0+14	0+105	0+085
10.16	5+25	5+43	5+25	0+16	0+120	0+095
12.70						

Ilustración 0.17 Formato para cálculo de ensayo CVR a la muestras mas desfavorable.



Laboratorio de Geotecnia y Construcción

HOJA DE DATOS PRIMARIOS

Código: LABGC-XX

Ensayo: DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

Información del estudiante				
Nombre del estudiante: <u>Miguel Tojala</u>	Materia:			
Numero de matricula:	Codigo de la materia:			
Grupo:	Paralelo:			
Profesor:	Correo electrónico:			
Información de la muestra				
Código: <u>0+800</u>	Profundidad:			
Descripción:	Conservación:			
Fecha de muestreo:	Cantidad:			
Proyecto:	Ubicación:			
Información del ensayo				
Norma de referencia:	Fecha de ejecución:			
Fecha de finalización:	Estudiante responsable:			
Identificación del equipo utilizado en el ensayo				
Código	Nombre	Marca/Modelo	Calibración	
Determinación del Límite Líquido				
	1	2	3	4
Id del recipiente	49	28	27	119
Masa del recipiente A (g)	6,14	6,05	5,89	6,19
Numero de Golpes	29	26	24	20
Masa de suelo húmedo + recipiente B (g)	17,16	17,31	17,86	13,89
Masa de suelo seco + recipiente C (g)	13,6	13,9	13,6	10,3
Masa de agua evaporada D= B-C (g)	3,56	3,41	4,06	3,59
Masa de suelo seco E= C-A (g)	7,46	7,85	7,71	4,10
Humedad D/E*100 (%)	47,72	43,53	52,65	87,78
Determinación del Límite Plástico				
	1	2	3	
Id del recipiente	101	43		
Masa del recipiente A (g)	6,09	6,29		
Masa de suelo húmedo + recipiente B (g)	7,54	8,14		
Masa de suelo seco + recipiente C (g)	6,3	7,8		
Masa de agua evaporada D= B-C (g)	0,24	0,34		
Masa de suelo seco E= C-A (g)	1,21	1,54		
Humedad D/E*100 (%)	19	22		
Determinación del Índice de Plasticidad				
IP = LL - LP =	31			

Ilustración 0.18 Cálculo de índice de plasticidad a muestra de la cota 0+8000



Ensayo: GRANULOMETRÍA

Información del estudiante	
Nombre del estudiante:	Materia:
Numero de matricula:	Codigo de la materia:
Grupo:	Paralelo:
Profesor:	Correo electronico:
Información de la muestra	
Código: 0-800	Profundidad:
Descripción:	Conservación:
Fecha de muestreo:	Cantidad:
Proyecto:	Ubicación:
Información del ensayo	
Norma de referencia:	Fecha de ejecución:
Fecha de finalización:	Estudiante responsable:

Identificación del equipo utilizado en el ensayo			
Código	Nombre	Marca/Modelo	Calibración

Determinación de la fracción retenida sobre el tamiz No 200 mediante lavado			
ID del recipiente			C 20
Masa del recipiente (g)	A		155,24
Masa del recipiente + muestra seca antes del lavado (g)	B		631,7
Masa de la muestra seca antes del lavado (g)	C = (B-A)		446,46
Masa del recipiente + muestra lavada y secada al horno (g)	D		381,54
Masa de la muestra seca retenida sobre tamiz No. 200 (g)	E = (D-A)		228,34
Masa de la muestra que pasó el tamiz No. 200 (g)	F = (C-E)		240,78
Porcentaje más fino que el tamiz No. 200 (%)	G = (F/C)*100		48

Granulometría					
# Tamiz	Abertura (mm)	Masa ret (g)	% Ret	%Ret Acum	%Pasa Acum
4	4,76	6,8	3,1731	3,17	96,83
10	2,00	6,4	2,9864	6,15	93,85
30	0,50	15,5	7,2328	13,38	86,62
50	0,30	43,2	20,1582	33,53	66,47
100	0,150	79,3	37,0041	70,53	29,47
200	0,075	63,7	29,4497	99,97	0,03
FONDO + F		1,5			
TOTAL		16,4			

Masa ini	228,34
Masa Fin	216,4
% Error	0,05

$$\%Error = \frac{|Masa\ fin - Masa\ ini|}{Masa\ ini} \cdot 100$$

FIRMA

Ilustración 0.19 Calculo de granulometría en la cota 0+8000

 <p>INGEOTOP S.A. Estudios técnicos, diagnósticos, diseños, obras civiles, mantenimiento y rehabilitación de carreteras</p>	MEMORIA TÉCNICA	Código #: RDI-GADI-009-2024-INF 1/2
		Fecha de Emisión: 22/04/2024
		Página 27 de 39

Determinación de ESAL's de diseño.

DETERMINACION DE ESAL'S DE DISEÑO - TRAFICO						
Nº de Años de Proyecto		20				
Peso Ejes		Número de Ejes	Factores de Crecimiento	Tráfico de Diseño	Factor Equivalente de Carga o Factor Camión (FECC)	Nº. de ESAL's de Diseño
Ton	Kips					
0.50	1.1	903.48	28.37	9.356.440	0.00001	129.34
1.00	2.2	1.806.97	28.37	18.712.880	0.0002	4.138.90
1.20	2.6		24.59		0.0005	
1.70	3.7	19.32	24.03	169.484	0.0018	313.09
2.50	5.5	23.31	24.59	209.203	0.0086	1.807.48
3.00	6.6	903.48	24.59	8.109.367	0.0179	145.283.60
3.50	7.7		24.59		0.0332	
4.00	8.8	23.31	24.59	209.203	0.0566	11.845.47
4.60	10.1		24.03		0.0990	
4.80	10.6		24.59		0.1174	
5.00	11.0	19.32	24.03	169.484	0.1382	23.429.02
5.20	11.5		24.59		0.1617	
5.50	12.1	19.32	24.03	169.484	0.2024	34.302.43
6.20	13.7		24.59		0.3268	
6.50	14.3		24.03		0.3948	
7.00	15.4	23.31	24.59	209.203	0.5311	111.097.57
8.50	18.7		24.03		1.1546	
10.00	22.0	19.32	24.03	169.484	2.2118	374.864.33
11.00	24.3	23.31	24.59	209.203	3.2383	677.459.22
Ejes Tandem						
4.80	10.6		24.59		0.0105	
5.20	11.5		24.59		0.0144	
6.20	13.7		24.59		0.0292	
20.00	44.1		24.59		3.1605	
Ejes Tridem						
6.20	13.7		24.59		0.0135	
18.00	39.7					
Total		3.784.45			ESAL's diseño	1.384.670
F.D= 0.50					ESAL's EN CARRIL DE DISEÑO =	692.335 6.92E+05

Por tanto, el ESAL's en el carril de diseño con el que se trabajará para la formación de la estructura de la carpeta de pavimento es de 692.335, tal como se presenta en la tabla, los valores de análisis de tráfico se encuentran detallados en los respectivos anexos.

12. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

La determinación de las variables para el análisis estructural del pavimento busca la aproximación a las solicitaciones reales en las cuales se encontrará la estructura de pavimento, esto permite garantizar junto con otros factores su durabilidad para la cual es proyectada inicialmente. Una vez caracterizada la zona, definidos los parámetros de resistencia del suelo de apoyo (condiciones geotécnicas prevalecientes) y calculado el tránsito, se procede a realizar el diseño de la estructura de pavimento.

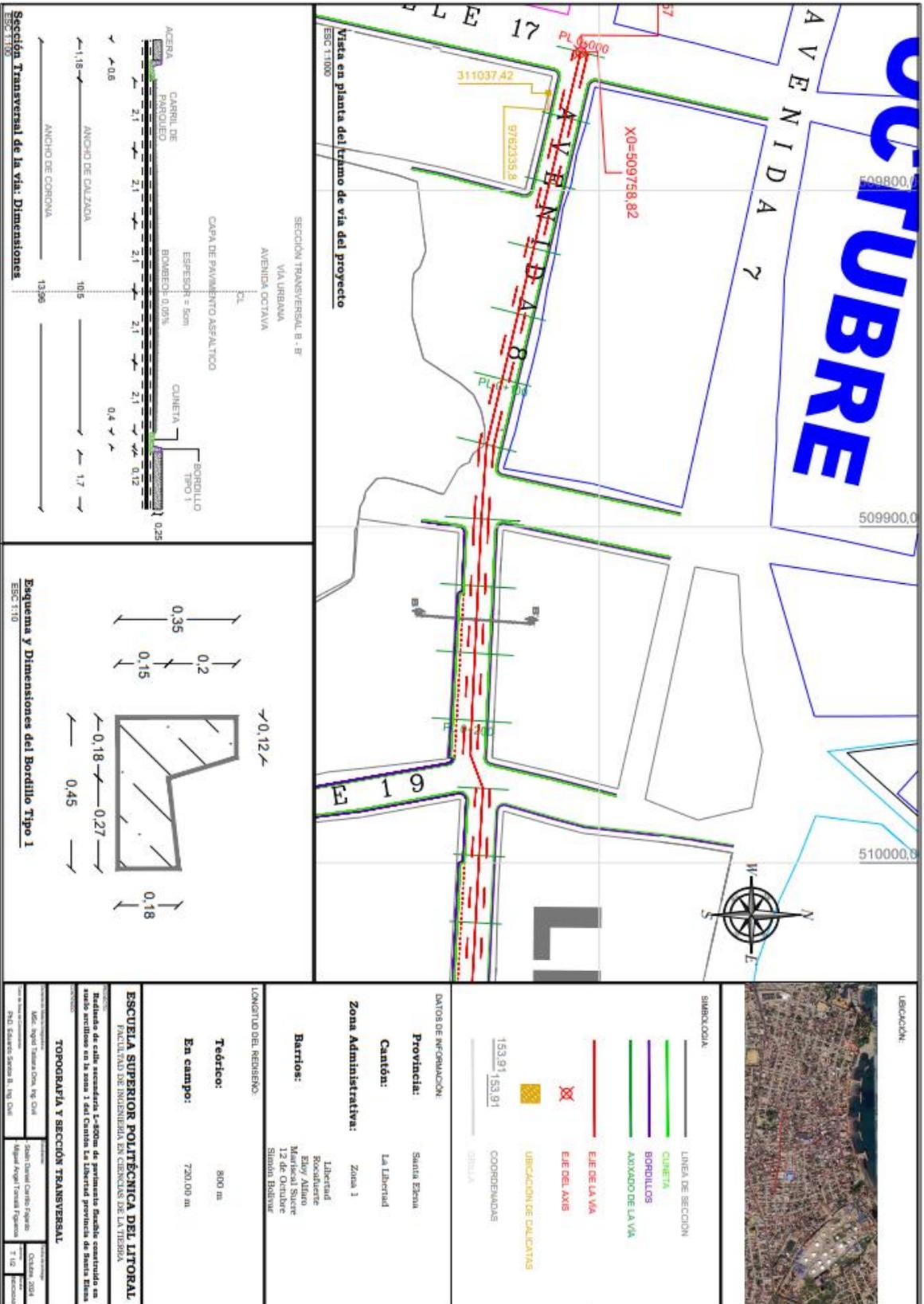
Informes

El único documento para certificar estos resultados es el original con firma y sello.

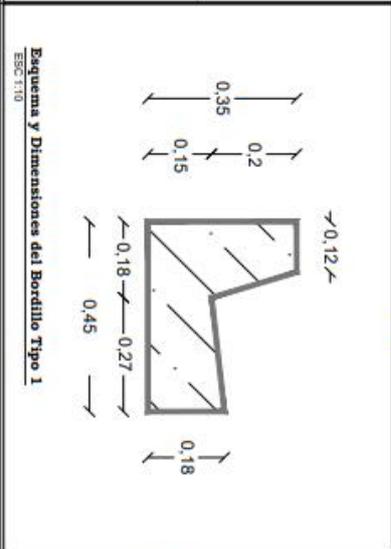
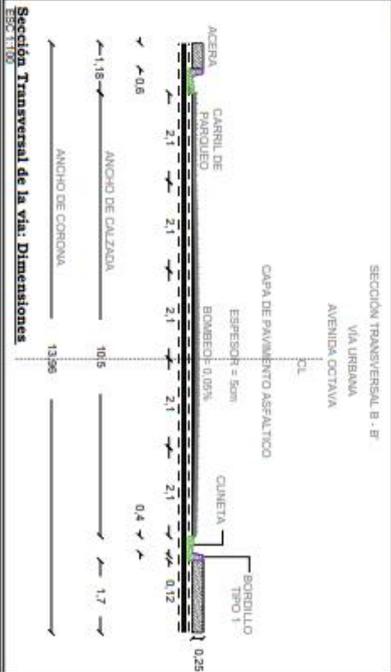
Dirección: Los caracoles manz. 1B solar 07

Cel.: 0981572554 – 0998157264- 042953750

Correo: Ingeotop@hotmail.es



Vista en planta del tramo de vía del proyecto
ESC: 1:1000



ESQUEMA Y DIMENSIONES DEL BORDILLO TIPO 1
ESC: 1:10

PROVINCIA:	Santa Euzkai
CANTÓN:	La Libertad
ZONA ADMINISTRATIVA:	Zona 1
BARRIOS:	Libertad, Rocafuerte, Eloy Alfaro, Manuel Sáiz, 12 de Octubre, Simón Bolívar
LONGITUD DEL RESENDO:	800 m
En campo:	720.00 m

USUCAJÓN:

SIMBOLOGÍA:

- LINEA DE SECCIÓN
- CUNETTA
- BORDILLOS
- AXISADO DE LA VÍA
- EJE DE LA VÍA
- EJE DEL AXIS
- UBICACIÓN DE CALCANTOS
- COORDENADAS
- OBSTACULO

DATOS DE INFORMACIÓN:

Provincia: Santa Euzkai
Cantón: La Libertad
Zona Administrativa: Zona 1

Barrios: Libertad, Rocafuerte, Eloy Alfaro, Manuel Sáiz, 12 de Octubre, Simón Bolívar

LONGITUD DEL RESENDO: 800 m
En campo: 720.00 m

ESQUEMA Y DIMENSIONES DEL BORDILLO TIPO 1
ESC: 1:10

TOPOGRAFÍA Y SECCIÓN TRANSVERSAL

ME: Iván Torres Díaz, ING CIVIL
SE: Daniel Castro Rojas, INGENIERO
MAYOR AYUDANTE TECNICO
PRO: Esteban Sierra II, ING CIVIL

Escuela Superior Politécnica del Litoral
Facultad de Ingeniería en Civil de la UTE
Carrera de Ingeniería en Civil

QUITO, 2021
T-12