

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Rediseño de tramo de carretera de L=500 metros afectada por socavones laterales y hundimientos de la calzada en la vía Jipijapa – Cascol KM 75 sector las Cañitas.

INGE – 2569

Proyecto Integrador

Previo la Obtención del Título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

Josué Eisenhower Morán Figueroa

Rony Ariel Rodríguez Prudente

Guayaquil – Ecuador

Año: 2024

DEDICATORIA

A mi familia, por su amor incondicional, su apoyo constante y su paciencia inquebrantable a lo largo de este viaje. Gracias por estar siempre a mi lado, animándome y dándome la fuerza para seguir adelante.

A mi tutor, por su orientación experta, su paciencia y su compromiso en cada etapa del proceso. Su guía ha sido fundamental para la realización de esta tesis y estoy profundamente agradecido por su dedicación y apoyo.

Rony Rodriguez

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han hecho posible la culminación de esta tesis.

Primero, a mi familia, cuyo amor y apoyo incondicional han sido mi mayor fuente de fortaleza. Su paciencia, comprensión y aliento constante han sido esenciales para superar los momentos difíciles y alcanzar este logro.

A mi tutor, Ing. Eduardo Santos. PhD, por su orientación invaluable y su dedicación. Su experiencia y consejos han sido fundamentales en cada etapa de este proyecto. Estoy profundamente agradecido por el tiempo y el esfuerzo que ha invertido en mi formación y en la realización de esta tesis.

Rony Rodríguez y Josué Morán

Declaración Expresa

Yo Rony Ariel Rodríguez Prudente y Josué Eisenhower Morán Figueroa acordamos y reconocemos que:

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

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

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique 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, 30 de Mayo del 2024.



Josué Eisenhower Morán Figueroa



Rony Ariel Rodríguez Prudente

EVALUADORES



Firmado electrónicamente por:
LENIN ALEXANDER
DENDER AGUILAR

Ing. Lenin Dender.

PROFESOR DE LA MATERIA



Firmado electrónicamente por:
EDUARDO ALBERTO
SANTOS BAQUERIZO

Ing. Eduardo Santos, PhD.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La seguridad vial y óptimas condiciones son los aspectos más importantes en la vida útil una carretera, su consideración o no repercute directamente sobre las poblaciones que la vía conecte como lo es el caso de la vía Jipijapa – Cascol, esta arteria vial cumple un papel crítico de manera diaria al permitir el paso de 14,161 vehículos, situación que en la actualidad no es posible debido a hundimientos provocados por socavones en el KM 75 sector Las Cañitas. En este marco, el presente proyecto está enfocado en la habilitación inmediata del tramo de carretera afectado con el rediseño de las capas estructurales del pavimento y sistema de drenaje longitudinal. Para el diseño estructural se utilizó el manual de diseño de pavimentos en base al método AASTHO – 93 y para el diseño hidráulico del drenaje se utilizó el manual de diseño de infraestructura con Geosintéticos de la empresa Wavin en su décima edición y su software Geosoft. El presupuesto referencial total de ejecución de la obra es de USD 41,644.86 + IVA.

Palabras Clave: pavimento, drenaje, suelo y sostenibilidad.

ABSTRACT

Road safety and optimal conditions are the most important aspects in the useful life of a road, its consideration or not has a direct impact on the populations that the road connects, as is the case of the Jipijapa - Cascol road, this artery plays a critical role on a daily basis by allowing the passage of 14,161 vehicles, a situation that is currently not possible due to subsidence caused by sinkholes at KM 75 in the Las Cañitas sector. In this context, the present project is focused on the immediate rehabilitation of the affected road section with the redesign of the structural layers of the pavement and longitudinal drainage system. For the structural design, the pavement design manual based on the AASTHO - 93 method was used, and for the hydraulic design of the drainage system, the tenth edition of the Wavin company's Geosynthetics infrastructure design manual and its Geosoft software were used. The total reference budget for the execution of the work is USD41,644.86+ IVA.

Key words: *pavement, drainage, soil and sustainability*

ÍNDICE GENERAL

| | |
|-------------------------------------|------|
| RESUMEN..... | I |
| <i>ABSTRACT</i> | II |
| ÍNDICE GENERAL..... | III |
| ABREVIATURAS..... | VII |
| SIMBOLOGÍA..... | VIII |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | IX |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | XI |
| ÍNDICE DE PLANOS..... | XV |
| CAPÍTULO 1..... | 1 |
| 1. 1. Introducción..... | 2 |
| 1.1 Antecedentes..... | 2 |
| 1.2 Descripción del problema..... | 3 |
| 1.3 Justificación del problema..... | 3 |
| 1.4 Objetivos..... | 4 |
| 1.4.1 Objetivo General..... | 4 |
| 1.4.2 Objetivos específicos..... | 4 |
| CAPÍTULO 2..... | 2 |
| 2 2. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 6 |
| 2.1 Revisión de literatura..... | 6 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 2.2 | Área de estudio..... | 8 |
| 2.3 | Trabajo de campo y laboratorio..... | 11 |
| 2.3.1 | Topografía | 11 |
| 2.3.2 | Tránsito promedio diario anual | 12 |
| 2.3.3 | Estudios de Suelos..... | 13 |
| 2.3.3.1 | Límites de Atterberg..... | 14 |
| 2.3.3.1.1 | Límite líquido..... | 14 |
| 2.3.3.1.2 | Límite Plástico..... | 16 |
| 2.3.3.2 | Granulometría..... | 18 |
| 2.3.3.3 | Proctor modificado..... | 20 |
| 2.3.3.4 | Ensayo CBR (California Bearing Ratio)..... | 24 |
| 2.4 | Análisis de datos..... | 48 |
| 2.4.1 | Tráfico futuro..... | 48 |
| 2.4.2 | Límites de Atterberg y Granulometría..... | 49 |
| 2.4.3 | Proctor modificado y CBR (California Bearing Ratio)..... | 49 |
| 2.5 | Análisis de alternativas..... | 50 |
| 2.5.1 | Alternativa 1: Mejora del drenaje..... | 50 |
| 2.5.2 | Alternativa 2: Refuerzo del suelo..... | 50 |
| 2.5.3 | Alternativa 3: Rediseño estructural..... | 51 |
| 2.5.4 | Alternativa 4: Aplicación de drenaje longitudinal..... | 51 |

| | | |
|---------|--|----|
| 2.5.5 | Alternativa 5: Estabilización suelo cemento en la capa base | 51 |
| 3 | CAPÍTULO 3 | 53 |
| 3.1 | Diseño de la estructura de pavimento..... | 54 |
| 3.1.1 | Ejes equivalentes | 54 |
| 3.1.2 | Confiabilidad..... | 57 |
| 3.1.3 | Niveles de servicialidad..... | 59 |
| 3.1.4 | Módulo resiliente (Mr)..... | 59 |
| 3.1.5 | Resumen de datos para el diseño de la estructura del pavimento | 61 |
| 3.1.6 | Número estructural..... | 62 |
| 3.2 | Diseño de drenaje..... | 67 |
| 3.2.1 | Drenaje | 67 |
| 3.2.1.1 | Curvas Intensidad Duración Frecuencia (IDF) | 67 |
| 3.2.1.2 | Criterios para la selección de geotextil como filtro..... | 68 |
| 3.2.1.3 | Criterio de colmatación | 69 |
| 3.2.1.4 | Criterio de permitividad | 70 |
| 3.2.1.5 | Subdren..... | 71 |
| 4 | CAPÍTULO 4..... | 84 |
| 4.1 | Descripción del proyecto..... | 85 |
| 4.2 | Línea base ambiental..... | 85 |
| 4.2.1 | Medio físico..... | 85 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 4.2.2 | Medio biótico | 86 |
| 4.2.3 | Medio socioeconómico | 86 |
| 4.3 | Actividades del proyecto..... | 86 |
| 4.4 | Identificación de impactos ambientales | 87 |
| 4.5 | Valoración de impactos ambientales | 88 |
| 4.6 | Medidas de prevención y/o mitigación | 91 |
| 5 | CAPÍTULO 5 | 93 |
| 5.1 | Rubros y análisis de precios unitarios..... | 95 |
| 5.2 | Descripción de cantidades de obra | 109 |
| 5.3 | Cronograma de obra..... | 112 |
| 6 | CAPÍTULO 6 | 114 |
| 6.1 | Conclusiones | 115 |
| 6.2 | Recomendaciones..... | 117 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 118 |
| | PLANOS Y ANEXOS..... | 121 |

ABREVIATURAS

| | |
|--------|--|
| AASHTO | American Association of State Highway |
| SUCS | Sistema Unificado de Clasificación de Suelos |
| ASTM | American Society for Testing and Materials |
| UTM | Universal Transversal Mercator |
| IGM | Instituto Geográfico Militar |
| RTK | Real Time Kinematic |
| TPDA | Tránsito Promedio Diario Anual |
| CAPEX | Capital Expenditures |
| OPEX | Operating Expense |
| EDT | Estructura Desglosada de Trabajo |

SIMBOLOGÍA

| | |
|------|------------|
| m | metro |
| pulg | pulgada |
| mm | milímetro |
| cm | centímetro |
| mg | miligramo |
| g | gramo |
| kg | kilogramo |
| L | litro |
| mL | mililitro |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|--------------------|---|----|
| Figura 2.1 | Fracción de carta topográfica..... | 9 |
| Figura 2.2 | Imagen satelital de la zona de estudio | 10 |
| Figura 2.3 | Topografía a escala 1:1000 en planimetría | 11 |
| Figura 2.4 | Perfil longitudinal con el comportamiento y altura de la zona de hundimiento y su periferia 140 metros. Escala horizontal 1:1000, escala vertical 1:250 | 12 |
| Figura 2.5 | Límite líquido - Muestra 1 | 15 |
| Figura 2.6 | Límite líquido Muestra 2 | 16 |
| Figura 2.7 | Curva granulométrica Muestra 1 | 19 |
| Figura 2.8 | Curva granulométrica Muestra 2 | 20 |
| Figura 2.9 | Densidad seca vs %Humedad muestra 1 | 22 |
| Figura 2.10 | Densidad vs % humedad muestra 2 | 23 |
| Figura 2.11 | Penetración vs Esfuerzo muestra 1 | 28 |
| Figura 2.12 | CBR vs Densidad Seca | 29 |
| Figura 2.13 | Penetración vs Esfuerzo muestra 2 | 32 |
| Figura 2.14 | CBR vs Densidad Seca de muestra 2..... | 33 |
| Figura 2.15 | Curva granulométrica muestra 3 - 1.5 m de profundidad | 34 |
| Figura 2.16 | Curva granulométrica muestra 3 - 1.0 m de profundidad | 35 |
| Figura 2.17 | Curva granulométrica muestra 3 - 0.5 m | 36 |
| Figura 2.18 | Límite líquido muestra 3 - 1.5 m de profundidad | 37 |
| Figura 2.19 | Límite líquido muestra 3 - 1.0 m de profundidad..... | 39 |
| Figura 2.20 | Límite líquido muestra 3 - 0.5 m de profundidad..... | 40 |
| Figura 2.21 | Densidad seca vs %humedad muestra 3 - 1.5 m de profundidad | 41 |

| | |
|---|----|
| Figura 2.22 Densidad seca vs %humedad muestra 3 - 1.0 m de profundidad | 43 |
| Figura 2.23 Densidad seca vs %humedad muestra 3 - 0.5 m de profundidad | 44 |
| Figura 2.24 CBR vs densidad seca muestra 3 - 1.5 m de profundidad | 45 |
| Figura 2.25 CBR vs Densidad seca muestra 3 - 1.0 m de profundidad | 46 |
| Figura 2.26 CBR vs Densidad seca muestra 3 - 0.5 m de profundidad | 47 |
| Figura 3.1 Ingreso de parámetros de diseño para drenaje | 72 |
| Figura 3.2 Selección del tipo de Subdren..... | 73 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-------------------|--|----|
| Tabla 2.1 | Coordenadas de proyecto..... | 9 |
| Tabla 2.2 | Tránsito promedio diario anual TPDA | 13 |
| Tabla 2.3 | Límite líquido Muestra 1 | 15 |
| Tabla 2.4 | Límite líquido Muestra 2 | 15 |
| Tabla 2.5 | Límite plástico Muestra 1 | 16 |
| Tabla 2.6 | Límite plástico Muestra 2 | 17 |
| Tabla 2.7 | Índice de plasticidad | 17 |
| Tabla 2.8 | Granulometría Muestra 1 | 18 |
| Tabla 2.9 | Granulometría Muestra 2..... | 19 |
| Tabla 2.10 | Características del molde y método..... | 21 |
| Tabla 2.11 | Densidad húmeda muestra 1 | 21 |
| Tabla 2.12 | Humedad muestra 1 | 21 |
| Tabla 2.13 | Densidad seca muestra 1..... | 22 |
| Tabla 2.14 | Contenido óptimo de humedad y densidad máxima seca | 22 |
| Tabla 2.15 | Densidad húmeda muestra 2..... | 22 |
| Tabla 2.16 | Humedad muestra 2 | 23 |
| Tabla 2.17 | Densidad seca | 23 |
| Tabla 2.18 | Contenido de humedad y densidad máxima seca | 24 |
| Tabla 2.19 | Densidad húmeda muestra 1 | 25 |
| Tabla 2.20 | Humedad muestra 1 | 25 |
| Tabla 2.21 | Densidad seca muestra 1..... | 26 |
| Tabla 2.22 | Cargas de penetración muestra 1 | 27 |

| | |
|---|----|
| Tabla 2.23 CBR de la muestra 1 | 28 |
| Tabla 2.24 CBR al 100% y 95% de muestra 1 | 29 |
| Tabla 2.25 Densidad húmeda muestra 2..... | 30 |
| Tabla 2.26 Humedad muestra 2..... | 30 |
| Tabla 2.27 Densidad seca | 31 |
| Tabla 2.28 Cargas de penetración muestra 2 | 31 |
| Tabla 2.29 CBR de la muestra 2..... | 32 |
| Tabla 2.30 CBR al 100% y 95%..... | 33 |
| Tabla 2.31 Granulometría muestra 3 - 1.5 m de profundidad..... | 34 |
| Tabla 2.32 Granulometría muestra 3 - 1.0 m de profundidad..... | 35 |
| Tabla 2.33 Granulometría muestra 3 - 0.5 m de profundidad..... | 36 |
| Tabla 2.34 Límite líquido muestra 3 - 1.5 m de profundidad..... | 37 |
| Tabla 2.35 Límite plástico muestra 3 - 1.5 m de profundidad..... | 38 |
| Tabla 2.36 Límite líquido muestra 3 - 1.0 m de profundidad..... | 38 |
| Tabla 2.37 Límite plástico muestra 3 - 1.0 m de profundidad..... | 39 |
| Tabla 2.38 Límite líquido muestra 3 - 0.5 m de profundidad..... | 40 |
| Tabla 2.39 Límite plástico muestra 3 - 0.5 m de profundidad..... | 41 |
| Tabla 2.40 Densidad húmeda muestra 3 - 1.5 m de profundidad | 42 |
| Tabla 2.41 Humedad muestra 3 – 1.5 m de profundidad..... | 42 |
| Tabla 2.42 Densidad seca muestra 3 - 1.5 m de profundidad..... | 42 |
| Tabla 2.43 Contenido óptimo de humedad y máxima densidad seca muestra 3 - 1.5 m de profundidad..... | 42 |
| Tabla 2.44 Densidad húmeda muestra 3 - 1.0 m de profundidad | 43 |

| | |
|---|----|
| Tabla 2.45 Humedad muestra 3 - 1.0 m de profundidad | 43 |
| Tabla 2.46 Densidad seca muestra 3 - 1.0 m de profundidad..... | 44 |
| Tabla 2.47 Contenido óptimo de humedad y densidad máxima seca muestra 3 - 1.0 m de profundidad..... | 44 |
| Tabla 2.48 Densidad húmeda muestra 3 - 0.5 m de profundidad | 44 |
| Tabla 2.49 Humedad muestra 3 - 0.5 m de profundidad | 45 |
| Tabla 2.50 Densidad seca muestra 3 - 0.5 m de profundidad..... | 45 |
| Tabla 2.51 Contenido óptimo de humedad y densidad máxima seca muestra 3 - 0.5 m de profundidad..... | 45 |
| Tabla 2.52 CBR de muestra 3 - 1.5 m de profundidad | 46 |
| Tabla 2.53 Densidad máxima seca y CBR corregido muestra 3 - 1.5 m de profundidad..... | 46 |
| Tabla 2.54 CBR de muestra 3 - 1.0 m de profundidad | 47 |
| Tabla 2.55 Densidad máxima seca y CBR muestra 3 - 1.0 m de profundidad | 47 |
| Tabla 2.56 CBR muestra 3 - 0.5 m de profundidad..... | 48 |
| Tabla 2.57 Densidad máxima seca y CBR muestra 3 - 0.5 m de profundidad | 48 |
| Tabla 2.58 Clasificación de carretera según el tráfico proyectado | 48 |
| Tabla 2.59 Escala de Likert | 52 |
| Tabla 2.60 Evaluación de alternativas de diseño | 52 |
| Tabla 3.1 Factor de distribución por carril | 55 |
| Tabla 3.2 Valor de CBR para la capa BASE y SUBRASANTE | 59 |
| Tabla 3.3 Módulo resiliente (Mr) de la capa BASE y SUBRASANTE | 59 |
| Tabla 3.4 Resumen de datos para diseño de estructura de pavimento según la calicata #3 .. | 61 |
| Tabla 3.5 Espesores mínimos de concreto asfáltico y base granular..... | 64 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 3.6 Espesores finales y número estructural de la estructura de pavimento flexible | 66 |
| Tabla 3.7 Intensidad Duración Frecuencia - Estación M0169 Julcuy | 67 |
| Tabla 3.8 Factor de infiltración F_i | 68 |
| Tabla 3.9 Factor de retención de la base..... | 68 |
| Tabla 3.10 Coeficiente B | 69 |
| Tabla 3.11 Criterio de permeabilidad | 69 |
| Tabla 3.12 Criterio de supervivencia..... | 69 |
| Tabla 3.13 Criterio de permitividad..... | 71 |
| Tabla 4.1 Alternativas de diseño..... | 85 |
| Tabla 4.2 Actividades susceptibles a factores ambientales..... | 86 |
| Tabla 4.3 Lista de revisión de impactos ambientales | 87 |
| Tabla 4.4 Valores numéricos de variables de la ecuación de importancia..... | 89 |
| Tabla 4.5 Rango de valores de importancia..... | 90 |
| Tabla 4.6 Valoración de impacto ambiental..... | 90 |
| Tabla 4.7 Valoración de la importancia del impacto ambiental..... | 91 |
| Tabla 6.1 Zona afectada por socavón | 115 |
| Tabla 6.4 Características de Subdren..... | 116 |
| Tabla 6.5 Medidas de prevención/mitigación del impacto ambiental de la obra | 117 |

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO: REDISEÑO DE ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO Y DRENAJE
LONGITUDINAL

CAPÍTULO 1

1. 1. Introducción

Según (Cárdenas, 2013), una carretera es una infraestructura de transporte diseñada para permitir la circulación continua de vehículos en el espacio y el tiempo. La definición del tipo de carretera, sus características geométricas y el volumen de vehículos determinan su funcionalidad. De igual manera, (Agudelo, 2002), indica que las carreteras deben ofrecer seguridad, rapidez y comodidad para los usuarios. Pueden tener una o varias calzadas, conformadas por uno o varios carriles, y pueden permitir uno o ambos sentidos de circulación según el volumen de tránsito.

El diseño geométrico de una carretera debe seguir criterios de funcionalidad, seguridad, comodidad, estética, economía y compatibilidad ambiental, garantizando una movilidad adecuada y una velocidad de operación controlada para asegurar el desplazamiento seguro de los usuarios.

Las vías de transporte mejoran la accesibilidad a las comunidades, satisfacen las necesidades de los habitantes y facilitan el transporte de alimentos, materiales, servicios básicos y otros bienes.

La topografía es de gran importancia en los diseños viales y más aún cuando atraviesan diferentes formas geológicas como cerros y montañas provocando deslizamientos, hundimientos, socavones.

1.1 Antecedentes

Para el año 2009 se empezó con la construcción de la carretera que une actualmente La Cadena – Jipijapa, vía que ha sido de gran importancia puesto que ha beneficiado aproximadamente a 2 millones de personas. Esta construcción mejoró el comercio y abarató costos de transporte lo que ocasionó una disminución en el costo de los productos de primera necesidad.

En el trayecto de este tramo de la carretera La Cadena – Jipijapa existen fallas geológicas que a pesar de las consideraciones técnicas que se tuvieron estas siguen activas, produciendo socavones y deslaves que interrumpen un tramo de la vía en un sentido, ya que, la vía consta de 4 carriles los cuales 2 están socavados totalmente, pudiendo ocasionar riesgos de accidentes de tránsito y pérdida de vidas

humanas. Por tal motivo, es muy necesario rediseñar el tramo de carretera y buscar una solución técnica para el movimiento de las masas de suelo (socavones) y evitar accidentes.

1.2 Descripción del problema

En la carretera Jipijapa - Cascol KM 75 como referencia el sector las Cañitas, se generan socavones y hundimientos afectando la estructura del pavimento, ocasionando grietas que ponen en peligro la circulación de vehículos, buses y camiones. Afectando 2 de los 4 carriles en tramo de L= 500 m, siendo un problema recurrente y las soluciones ejecutadas por las entidades correspondientes siguen siendo temporales.

1.3 Justificación del problema

La resolución del problema de los socavones mediante el rediseño de la vía afectada es importante y necesario por varias razones. Para empezar, mejora la seguridad de los usuarios, previniendo accidentes y posibles lesiones graves. Además de mejorar la eficiencia del transporte, permitiendo una circulación más fluida y reduciendo el tiempo de viaje, lo que beneficia tanto a los usuarios como a las empresas que dependen de esa vía para sus operaciones logísticas.

Las ventajas de resolver este problema incluyen:

- **Reducción de Accidentes:** Al eliminar los socavones, se disminuye significativamente el riesgo de accidentes y daños a los vehículos.
- **Mejora de la Calidad de Vida:** Una infraestructura vial en buen estado mejora la calidad de vida de las comunidades cercanas, facilitando el acceso a servicios esenciales y mejorando la movilidad.
- **Impulso a la Economía Local y Regional:** Un transporte más eficiente y seguro fomenta el comercio y atrae inversiones, contribuyendo al desarrollo económico de la región.

- Sostenibilidad Ambiental: Un rediseño adecuado puede incorporar prácticas sostenibles que minimicen el impacto ambiental y promuevan un desarrollo más equilibrado.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Rediseñar un tramo de carretera L=500 metros afectada por socavones, analizando las diferentes causas geotécnicas que producen daños en el pavimento y zonas aledañas, para la solución y reducción del número de accidentes además de proporcionar seguridad vial y sostenibilidad ambiental.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Identificar dentro del tramo de L=500 metros de carretera la zona más afectada y los problemas provocados por los socavones.
2. Realizar levantamiento topográfico y ensayos relacionados con las fallas que producen los socavones.
3. Diseñar la solución al problema presentado por los socavones incluyendo la estructura del pavimento.
4. Presentar una propuesta viable a bajo costo de construcción incluyendo los beneficios sostenibles hacia al ambiente.

CAPÍTULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Revisión de literatura

La revisión literaria es un proceso de búsqueda y análisis crítico de la literatura disponible con relación a un tema de investigación específica. Su objetivo es identificar, evaluar y sintetizar la información relevante disponible en la literatura científica para responder a las preguntas específicas de investigación.

En el contexto de la ingeniería, el suelo es una estructura no estable de elementos minerales y materia orgánica en descomposición que constituyen su fase sólida, en conjunto de componentes líquidos y gaseosos; las propiedades de todos estos son fundamentales en la construcción, de manera que son ampliamente utilizados en variedades de proyectos en la ingeniería civil, entre estos se encuentra el diseño de una carretera (Das, 2015).

El soporte esencial de una estructura vial es la capa de subrasante, esta capa de suelo se encarga de soportar las cargas verticales y deformaciones que tenga a lo largo de su vida útil, entre las consideraciones para un diseño exitoso se encuentra el estudio de tránsito promedio diario anual, clasificación de suelos, capacidad de soporte y drenaje (Cruzado, 2019).

El tránsito promedio diario anual (TPDA) es una medida básica que se usa en el diario vocabulario de la ingeniería civil y diseño vial, esta representa el tránsito que circula en un punto específico de una carretera dividido para el número de días que tiene el año de estudio. A su vez, su conversión a ejes equivalente permite aproximar las cargas acumuladas que se usarán en el diseño de las capas estructurales que posee el pavimento sea del tipo flexible o rígido (Torres et al., 2013).

El diseño estructural del pavimento posee diferentes capas de suelo y su conocer su clasificación permite conocer su comportamiento mecánico a lo largo de su vida útil en el diseño, si por ejemplo en el suelo predominan arenas o gravas el drenaje es eficiente, mientras que si predominan limos o arcillas ocurre lo contrario (Rucks et al., 2004).

Los sistemas de clasificación ofrecen una manera estandarizada de describir las características de los suelos, entre estos se encuentran el sistema de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO) que posee siete grupos principales de suelos que van desde el A-1 hasta el A-7; y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) que clasifica en dos categorías: Suelos granulado – grueso y granulados – finos (Das, 2015).

Aunque se conozca el tipo de suelo, aún hace falta conocer su capacidad portante, por ende, el ensayo CBR (California Bearing Ratio) es imprescindible, este ensayo evalúa la resistencia potencial de los materiales que componen el suelo, de manera específica, se aplica a los materiales de subrasante, subbase y base (INVIAS, 2012).

La subbase es la capa que se coloca sobre la subrasante, por lo general se encuentra compuesta de materiales granulares de mayor calidad que la subrasante, esta capa ayuda a evitar la intrusión de material fino a la capa base, además, contribuye al drenaje y la reducción de heladas (Kandlavath et al., 2020).

La base es la capa superior a la subbase, esta es la capa principal de la estructura del pavimento, posee mayor calidad de materiales que la subbase puesto que esta se encarga de distribuir las cargas de tráfico a las capas inferiores y proporcionar estabilidad a la superficie de rodadura (Arshad et al., 2018).

Los hundimientos repentinos o también conocidos como socavones representan un peligro significativo para la seguridad vial y la integridad estructural de cualquier obra civil, entre estas se encuentran los pavimentos. Su prevención implica tener un diseño adecuado del drenaje, compactación apropiada del suelo y un monitoreo constante de la vía en cuestión (Asanza, 2024).

Es importante tomar en cuenta que el estado de la carretera en la zona de estudio cada vez es más precario, volviéndose una circulación peligrosa. Por aquello se investigan más problemas

similares para identificar que este daño no es un problema aislado pudiendo llegar a un punto de identificarlo como problema inusual. En este caso si existen a nivel nacional problemas similares.

Los problemas en el estado de la carretera y la existencia de baches pueden causar varios tipos de accidentes de tránsito. Los residentes de la zona “Las Cañitas” necesitan una vía de transporte en buen estado para la tranquilidad de verse perjudicados por alguna mala maniobra que puede ejecutar algún conductor por no percatarse del hundimiento de la carretera, esto se ve más en horarios nocturnos, donde se dificulta más la visibilidad hacia la carretera.

Según las encuestas realizadas a los habitantes, indican que perciben deficiencias en el sistema de drenaje y en el estado de las carreteras, estos indicadores afectan negativamente al comercio, la agricultura y ganadería, por ende, generación de pérdidas económicas.

Es fundamental planificar nuevas rutas incluyendo las áreas rurales para mejorar la conectividad vial. El mejoramiento del pavimento y el sistema de drenaje elevan la calidad de vida de la población local, puesto que involucra varios aspectos como: seguridad vial, accesibilidad, desarrollo económico, reducción de costos, calidad ambiental y confort (Pico et al., 2011).

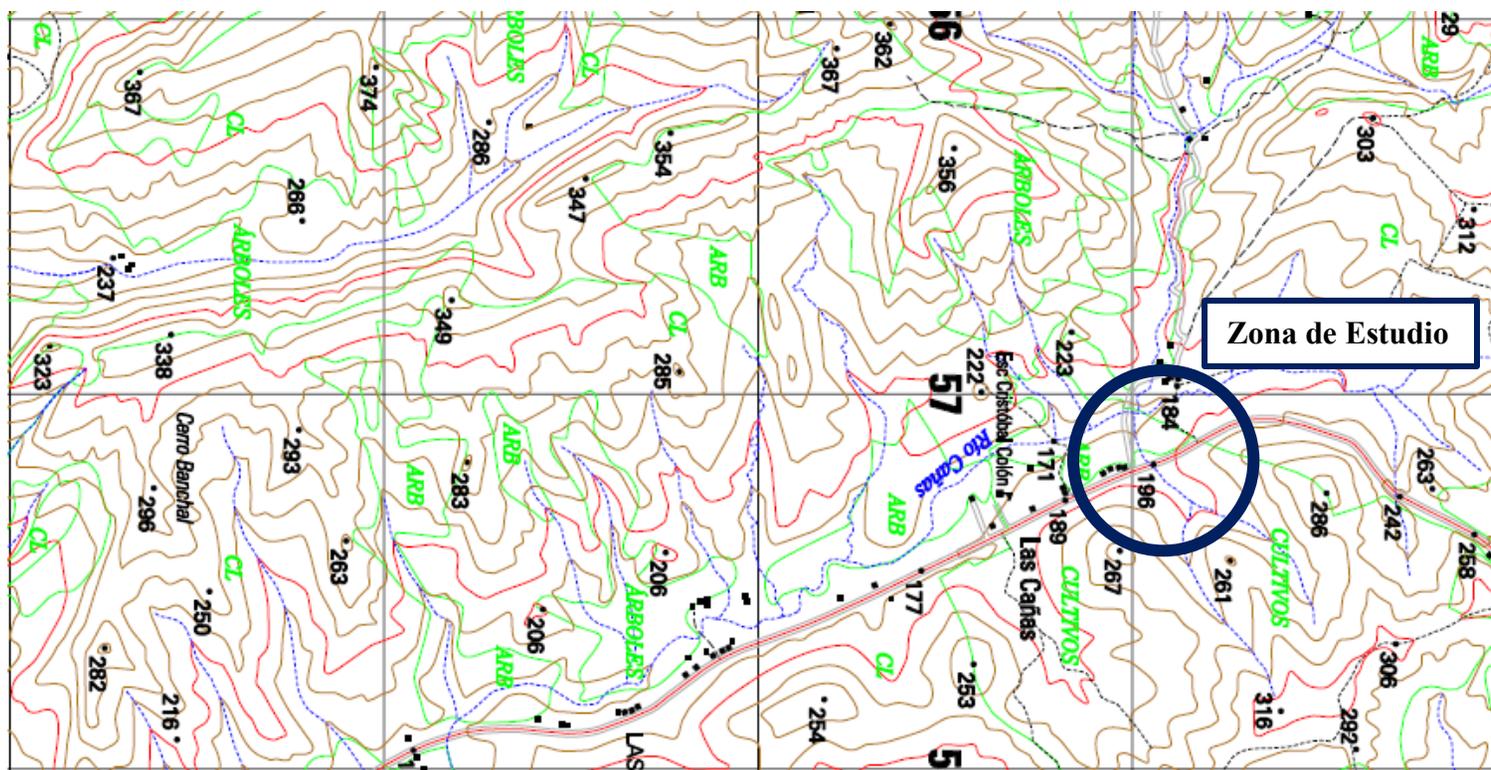
2.2 Área de estudio

La vía Jipijapa – La Cadena con intersección en el sector “Las Cañas” es una vía de doble sentido que posee dos carriles para cada dirección de circulación. El carril derecho corresponde a la dirección Jipijapa – La Cadena, en este carril se observa a simple vista el hundimiento y deterioro de la carpeta asfáltica. Este tramo en estudio presenta lluvias frecuentes, lo que ha generado problemas en el drenaje de manera interna y externa. Estas condiciones provocaron las fallas en la estructura del pavimento. A continuación, se presentan detalles del área de estudio:

Tabla 2.1
Coordenadas de proyecto

| PUNTO | COORDENADA X | COORDENADA Y |
|-------|--------------|--------------|
| A | 557149 UTM | 9822109 UTM |
| B | 557166 UTM | 9822091 UTM |
| C | 557174 UTM | 9822063 UTM |

Figura 2.1
Fracción de carta topográfica



Nota. La figura muestra la topografía del terreno. Obtenida del Instituto Geográfico Militar

Figura 2.2
Imagen satelital de la zona de estudio



Nota. La figura muestra los puntos A, B, C donde se encuentra afectada la carretera. Obtenida de Google Earth.

Estas coordenadas delimitan la zona afectada por el hundimiento de la calzada, en la gráfica (2.1) se detalla la siguiente información: Curvas de nivel, vertientes y rutas de ríos, longitud de carretera. Puntos en los cuales se puede identificar si hay una presencia de formación hidrológica que afecta directamente a la carretera.

2.3 Trabajo de campo y laboratorio

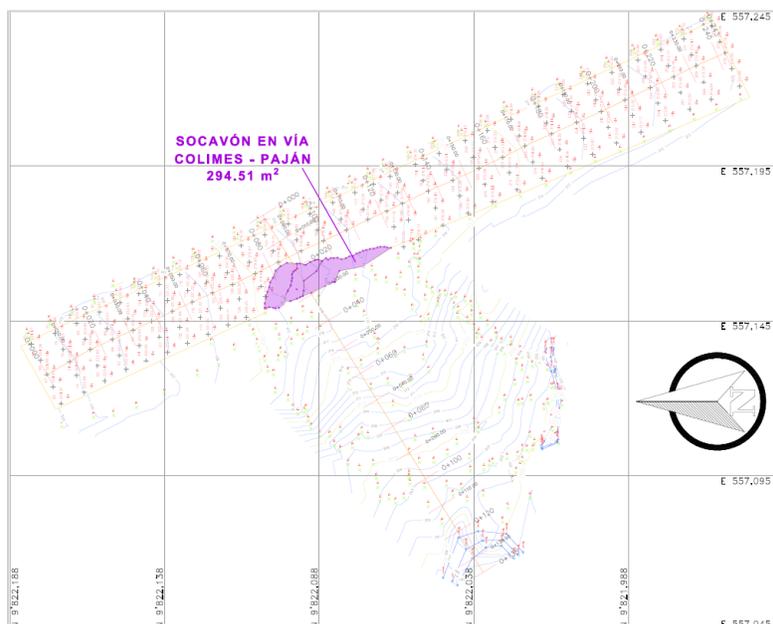
2.3.1 Topografía

El levantamiento topográfico se realizó utilizando una estación total y un sistema Real Time Kinematic (RTK). Los equipos empleados fueron:

Sistema RTK, Bastón topográfico, Trípode, Clavos topográficos, Arandelas, Pintura para marcaje, Cinta métrica, Machete, Combo de 3 libras.

Estos equipos permitieron obtener planimetría y altimetría precisa de la zona de estudio, el levantamiento incluyó: perfil detallado de la carretera, ubicación de construcciones aledañas, ríos, vegetación y sembríos en especial la masa de suelo desplazada con la forma en la que se dio el desplazamiento. Se usó el traslado de coordenadas UTM WGS-84 para enlazar con las coordenadas del plano del Instituto Geográfico Militar (IGM). Es elaboró un plano topográfico a escala de 1:1000, la cual, sirvió para identificar las coordenadas y la forma del terreno, la forma del desplazamiento, además, las secciones transversales cada 10 metros con respecto al borde de la carretera, para sacar otro plano de los perfiles y ver cómo ha reaccionado el desplazamiento.

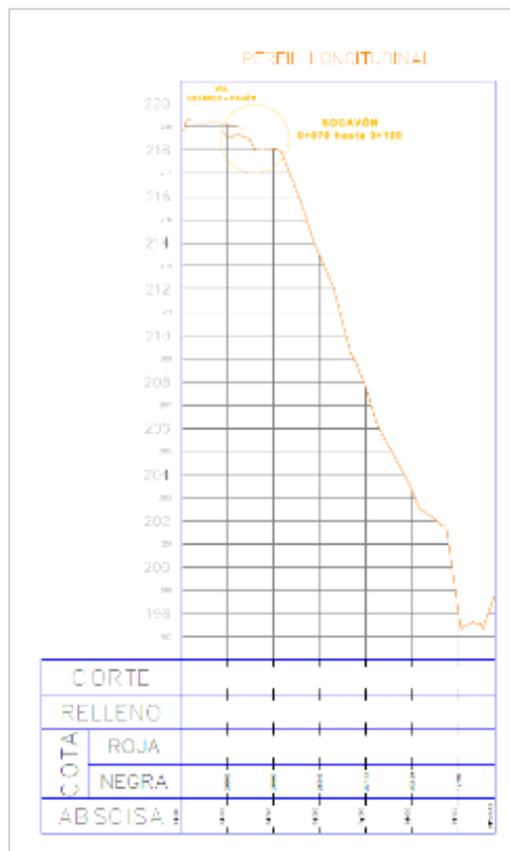
Figura 2.3
Topografía a escala 1:1000 en planimetría



En el grafico (2.3) se puede evidenciar la zona afectada por el hundimiento con un área total de 294.51 m², como antes se describió, este tramo afecta dos de los cuatros carriles. Así mismo, se puede observar que el desplazamiento fue en dirección oeste llegando a mover una masa gigante de tierra hasta llegar a la rivera del rio “las cañas”. Esto da a entender según su geografía que existe un perfil longitudinal en sentido negativo, por lo tanto, su topografía va de la parte superior hacia la inferior. De esta manera se muestra detalladamente en el gráfico (2.4).

Figura 2.4

Perfil longitudinal con el comportamiento y altura de la zona de hundimiento y su periferia 140 metros. Escala horizontal 1:1000, escala vertical 1:250



2.3.2 Tránsito promedio diario anual

Generar un diseño vial implica varias consideraciones, entre estas el flujo vehicular y la métrica relacionada es el TPDA, pues este, indica el uso de una carretera. Para este proyecto se tomará en cuenta la tabla (2.2).

Tabla 2.2
Tránsito promedio diario anual TPDA

| Año | Livianos | Buses | Pesados | Total |
|------|----------|-------|---------|-------|
| 2018 | 9022 | 705 | 2210 | 11937 |
| 2023 | 10705 | 903 | 2553 | 14161 |
| 2038 | 17883 | 1323 | 3938 | 23144 |

Nota. Reproducida de “Diseño, financiamiento, construcción y mantenimiento del corredor vial Montecristi – La Cadena”, de Secretaría de Inversiones

Se utilizará la información del año 2023 y a partir de esta se proyectará a 20 años con un 3% de tasa de crecimiento vehicular, estos datos se reemplazan en la ecuación (2.1), entonces:

$$T_f = T_o(1 + i)^n \quad \dots (2.1)$$

Donde:

T_f : tráfico futuro [*vehículos/día*]

T_o : tráfico inicial [*vehículos/día*]

i : tasa de crecimiento vehicular [%]

T_f : periodo de diseño [*años*]

En este caso, el tráfico inicial es el TPDA del año 2023, entonces:

$$T_f = 14161(1 + 3\%)^{20} = 25576 \text{ [vehículos/día]}$$

2.3.3 Estudios de Suelos

Entre las características fundamentales para la clasificación de suelos se encuentra la plasticidad, de manera especial para el análisis de las partículas finas. Este parámetro se mide a través del índice de plasticidad, este es un indicador clave para distinguir entre los diferentes tipos de suelos (Badillo, 2005).

Se realizaron calicatas de (1x1) m a 1.0 m de profundidad, estas muestras se tomaron a 100 metros de separación entre sí, la primera se ubicó a 0+100 m y la segunda a 0+200 m. A continuación, se describen los resultados y gráficas de los ensayos de las muestras número 1 y 2.

Para iniciar la práctica de laboratorio, se tendieron y expusieron las muestras al sol durante 24 horas, una vez secas por completo, se utilizó el método del cuarteo para obtener una muestra representativa para cada uno de los ensayos.

2.3.3.1 Límites de Atterberg

Para determinar la consistencia del suelo de este proyecto, se realizaron los ensayos de límites de Atterberg, estos son ensayos de laboratorio normalizados que permiten obtener los límites del rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene en estado plástico. Con ellos es posible clasificar el suelo en la Clasificación Unificada de Suelos (SUCS) y la clasificación AASHTO. Entre los tipos de límites desarrollados en este trabajo, se encuentran: límite líquido (LL) y límite plástico (LP), y a partir de estos, se determinó el índice de plasticidad (IP).

2.3.3.1.1 Límite líquido

El límite líquido se obtuvo mediante el uso de 120 gr de muestra, inicialmente se le añadió 20 ml de agua y de forma gradual se añadieron 3 ml de agua más hasta lograr una masa homogénea. Se colocó una porción de esta masa homogénea en la cuchara de Casa Grande, y se ranuró por la mitad, después, se proporcionaron los golpes correspondientes hasta que las dos mitades entraron en contacto y se retiró la porción de la muestra que entró en contacto, finalmente se pesó en un recipiente. Este proceso se repitió para tres puntos más, el resumen de los resultados de esta parte del ensayo se presenta en la tabla (2.3), (2.4) y gráfica (2.5), (2.6).

Tabla 2.3
Límite líquido Muestra 1

| Límite Líquido | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Id del recipiente | L1 | L2 | L3 | L4 |
| Masa del recipiente A (g) | 6.29 | 6.34 | 6.07 | 6.21 |
| Número de golpes | 30 | 27 | 22 | 16 |
| Masa de suelo húmedo + recipiente B (g) | 33.4 | 34.56 | 33.29 | 33.22 |
| Masa de suelo seco + recipiente C (g) | 24.3 | 24.85 | 23.66 | 23.45 |
| Masa de agua evaporada D = B - C (g) | 9.1 | 9.71 | 9.63 | 9.77 |
| Masa de suelo seco E = C - A (g) | 18.01 | 18.51 | 17.59 | 17.24 |
| Humedad D/E * 100 (%) | 50.53% | 52.46% | 54.75% | 56.67% |

Figura 2.5
Límite líquido - Muestra 1

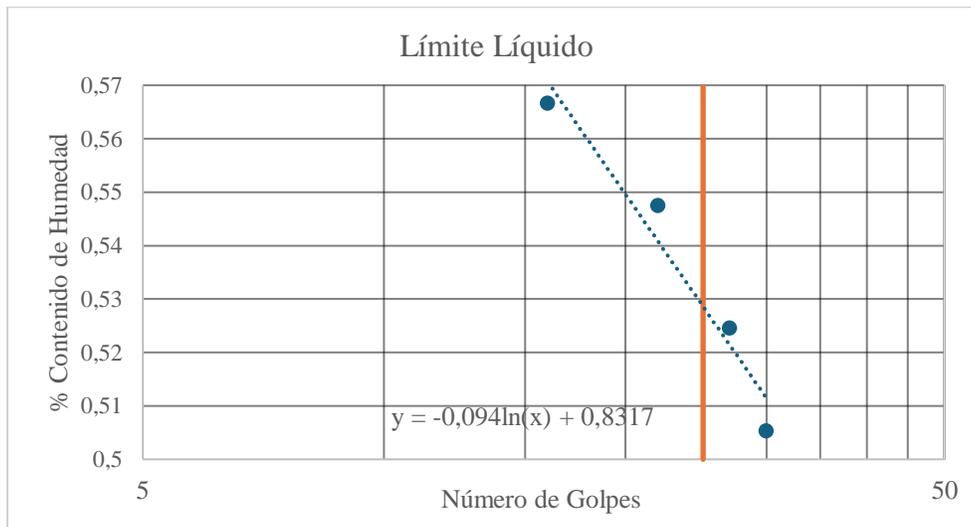
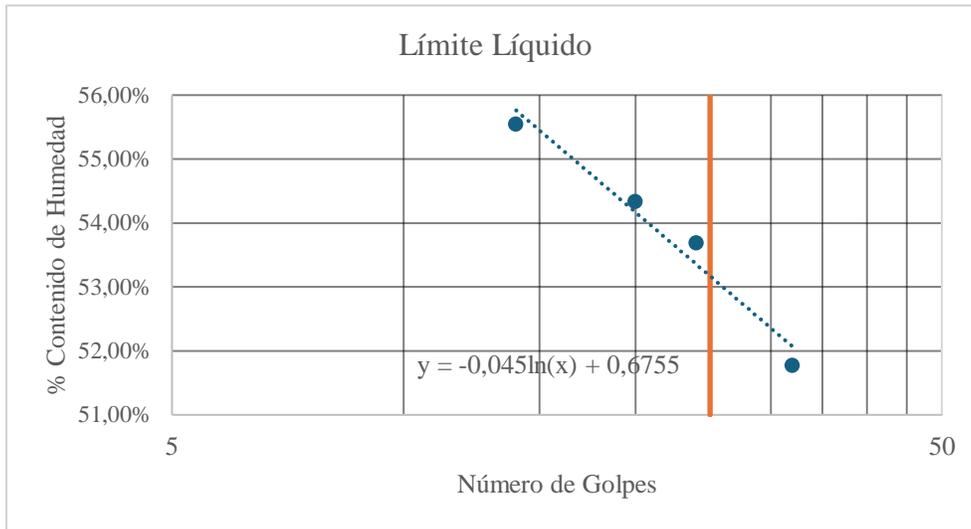


Tabla 2.4
Límite líquido Muestra 2

| Límite Líquido | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Id del recipiente | L5 | L6 | L7 | L8 |
| Masa del recipiente A (g) | 6.18 | 6.34 | 6.33 | 6.22 |
| Número de golpes | 32 | 24 | 20 | 14 |
| Masa de suelo húmedo + recipiente B (g) | 33.09 | 33.42 | 33.57 | 33.69 |
| Masa de suelo seco + recipiente C (g) | 23.91 | 23.96 | 23.98 | 23.88 |
| Masa de agua evaporada D = B - C (g) | 9.18 | 9.46 | 9.59 | 9.81 |
| Masa de suelo seco E = C - A (g) | 17.73 | 17.62 | 17.65 | 17.66 |
| Humedad D/E * 100 (%) | 51.78% | 53.69% | 54.33% | 55.55% |

Figura 2.6
Límite líquido Muestra 2



2.3.3.1.2 Límite Plástico

Se utilizó una porción de la muestra preparada del límite líquido y se redujo gradualmente la humedad de la muestra. Se amasó la muestra sobre una placa de vidrio hasta obtener cilindros de 3 mm de diámetro. Se repitió el proceso hasta que los cilindros se agrietaran o rompieran al alcanzar los 3 mm de diámetro. Luego, se pesaron los cilindros agrietados y se secaron en un horno a 110 °C durante 16 horas, tras enfriarse, se pesaron nuevamente. Los resultados de este ensayo se muestran en la tabla (2.4), (2.5).

Tabla 2.5
Límite plástico Muestra 1

| Límite Plástico | | |
|---|----------|----------|
| | 1 | 2 |
| Id del recipiente | L10 | L12 |
| Masa del recipiente A (g) | 6.34 | 6.11 |
| Masa de suelo húmedo + recipiente B (g) | 13.5 | 13.4 |
| Masa del suelo seco + recipiente C (g) | 11.49 | 11.3 |
| Masa de agua evaporada D = B - C (g) | 2.01 | 2.1 |
| Masa de suelo seco E = C - A (g) | 5.15 | 5.19 |
| Humedad D/E *100% | 39.03% | 40.46% |

Tabla 2.6
Límite plástico Muestra 2

| Límite Plástico | | |
|---|----------|----------|
| | 1 | 2 |
| Id del recipiente | L13 | L14 |
| Masa del recipiente A (g) | 5.76 | 6.1 |
| Masa de suelo húmedo + recipiente B (g) | 13.69 | 13.14 |
| Masa del suelo seco + recipiente C (g) | 11.5 | 11.23 |
| Masa de agua evaporada D = B - C (g) | 2.19 | 1.91 |
| Masa de suelo seco E = C - A (g) | 5.74 | 5.13 |
| Humedad D/E *100% | 38.15% | 37.23% |

A partir de los resultados de límite líquido y plástico de las muestras, se puede encontrar el índice de plasticidad, a través de la ecuación 2.1.

$$IP = LL - LP \quad \dots (2.1)$$

Donde:

IP: índice de plasticidad

LL: límite líquido

LP: límite plástico

Se evaluó la cantidad de 25 golpes en las ecuaciones de curva del Número de golpes vs %Contenido de humedad para obtener el valor del límite líquido, mientras que para el límite plástico se utilizó el promedio de humedad registrado en el ensayo de límite plástico. Los resultados del índice de plasticidad, límite líquido y plástico de las dos muestras, tabla (2.7).

Tabla 2.7
Índice de plasticidad

| Índice de Plasticidad | | |
|------------------------------|------------------|------------------|
| | MUESTRA 1 | MUESTRA 2 |
| LL | 52.91 | 53.07 |
| LP | 39.75 | 37.69 |
| IP | 13.17 | 15.37 |

2.3.3.2 Granulometría

En el ensayo de granulometría se determina la distribución de tamaños de las partículas del suelo en estudio, de manera que proporcione información como porcentaje de grava, arena o limos, estos son fundamentales para predecir el comportamiento del suelo en diversas condiciones.

En primer lugar, se seleccionó una porción representativa de muestra, en este caso fue de 500 gramos, la muestra se secó en un horno a 110 °C por 16 horas. Se utilizó una serie de tamices desde ½” hasta el No. 200, estos tamices se ordenaron de mayor a menor abertura y se colocó la muestra en la torre de tamices y se agitó durante 5 minutos, al término de esta actividad, se pesó y se calculó el porcentaje pasante para cada tamiz. Los resultados del análisis granulométrico se presentan en la tabla (2.8) y se visualizan en la gráfica (2.7).

Tabla 2.8
Granulometría Muestra 1

| #Tamiz | Apertura (mm) | Peso Neto (g) | %retenido | %retenido acumulado | % que pasa |
|--------------|---------------|---------------|-----------|---------------------|------------|
| 1/2" | 12.7 | 0 | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3/8" | 9.525 | 0 | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 4 | 4.75 | 0 | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 10 | 2 | 10.89 | 2.20% | 2.20% | 97.80% |
| 40 | 0.425 | 20.1 | 4.06% | 6.26% | 93.74% |
| 100 | 0.149 | 33.94 | 6.86% | 13.12% | 86.88% |
| 200 | 0.075 | 60.35 | 12.20% | 25.32% | 74.68% |
| Fondo | | 369.57 | 74.68% | 100.00% | 0.00% |
| Total | | 494.85 | | | |

Figura 2.7
Curva granulométrica Muestra 1

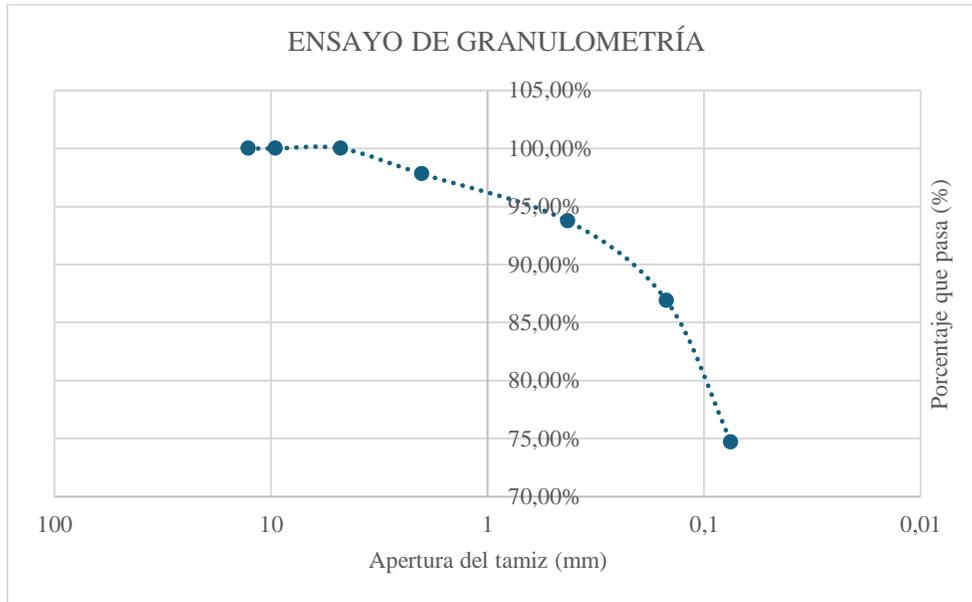
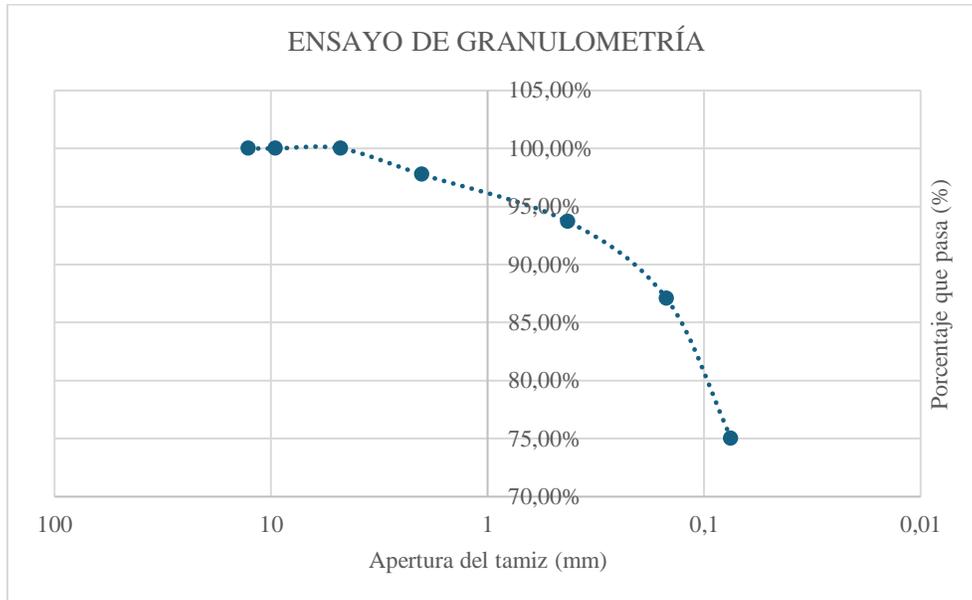


Tabla 2.9
Granulometría Muestra 2

| #Tamiz | Apertura (mm) | Peso Neto (g) | %retenido | %retenido acumulado | % que pasa |
|--------------|---------------|---------------|-----------|---------------------|------------|
| 1/2" | 12.7 | 0 | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3/8" | 9.525 | 0 | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 4 | 4.75 | 0 | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 10 | 2 | 11.03 | 2.24% | 2.24% | 97.76% |
| 40 | 0.425 | 19.94 | 4.06% | 6.30% | 93.70% |
| 100 | 0.149 | 32.65 | 6.64% | 12.94% | 87.06% |
| 200 | 0.075 | 59.11 | 12.03% | 24.97% | 75.03% |
| Fondo | | 368.77 | 75.03% | 100.00% | 0.00% |
| Total | | 491.5 | | | |

Figura 2.8
Curva granulométrica Muestra 2



2.3.3.3 Proctor modificado

El ensayo de compactación Proctor modificado determina la relación entre el contenido de humedad y la densidad seca del suelo compactado, buscando el contenido de humedad óptimo para alcanzar la máxima densidad seca bajo una energía de compactación específica. Estos datos son cruciales para el diseño de capas de base, subbase y la determinación del CBR de diseño.

Para iniciar este ensayo, se prepararon 4 especímenes con diferentes grados de saturación (150, 300, 500, 700) gramos de agua, las muestras se dejaron reposar para estabilizar la humedad. Después se compactaron cinco capas sucesivas en un molde metálico, se aplicaron 56 golpes con el martillo a cada capa. Posterior a esto, se enrasó la superficie y se pesó el conjunto, estas muestras se dejaron secar en el horno por 24 horas y se realizó un pesaje final tras su enfriamiento. Estos datos se utilizaron para generar la curva de compactación y a partir de esta obtener los valores de densidad máxima seca del suelo y contenido óptimo de humedad. Los resultados se presentan en

las tablas (2.10) para densidad húmeda, (2.11) para humedad, (2.12) para densidad seca (2.13), y (2.14) para contenido óptimo de humedad y densidad máxima seca.

Para determinar la densidad húmeda, se requiere de información del molde y masa compactada, en este caso, se detalla en la tablas (2.9).

Tabla 2.10
Características del molde y método

| | | | | | |
|-----------------------|----------------|--------------------|--------------|----------------|----------------------------------|
| Molde: | 4" X 6" | # de capas | 3 X 5 | Pasante | No.4 X 3/4" |
| Masa B (kg) | 2.73 | Golpes/Capa | X 56 | 25 | Tipo de martillo X |
| Volumen V (m3) | 0.00212 | | | | |
| | | | | | No.4 X 3/4" |
| | | | | | 4.54 |
| | | | | | 2.5 |
| | | | | | kg / |
| | | | | | 457 |
| | | | | | 305 |
| | | | | | mm |
| | | | | | mm |

Tabla 2.11
Densidad húmeda muestra 1

| | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Masa compactada + molde A (kg) | 6.53 | 6.75 | 6.72 | 6.57 |
| Densidad húmeda (A-B) / V (kg/m3) | 1792.45 | 1896.23 | 1882.08 | 1811.32 |

Tabla 2.12
Humedad muestra 1

| Id del recipiente | G10 | G11 | G12 | G13 |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Masa de agua añadida (g) | 150 | 300 | 500 | 700 |
| Masa del recipiente A (g) | 156.8 | 156.7 | 152.9 | 166.9 |
| Masa de suelo húmedo + recipiente B (g) | 789.2 | 793.5 | 780.3 | 778 |
| Masa de suelo seco + recipiente C (g) | 679.45 | 671.52 | 652.4 | 645 |
| Masa de agua evaporada D = B - C (g) | 109.75 | 121.98 | 127.9 | 133 |
| Masa de suelo seco E = C - A (g) | 522.65 | 514.82 | 499.5 | 478.1 |
| Humedad F = D / E *100 (%) | 21.00% | 23.69% | 25.61% | 27.82% |

Tabla 2.13
Densidad seca muestra 1

| | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|
| $A = (F + 100) * 0.01$ | 1.21 | 1.24 | 1.26 | 1.28 |
| Densidad seca = Densidad húmeda / A (kg/m3) | 1481.38 | 1533.00 | 1498.40 | 1417.10 |

Figura 2.9
Densidad seca vs %Humedad muestra 1

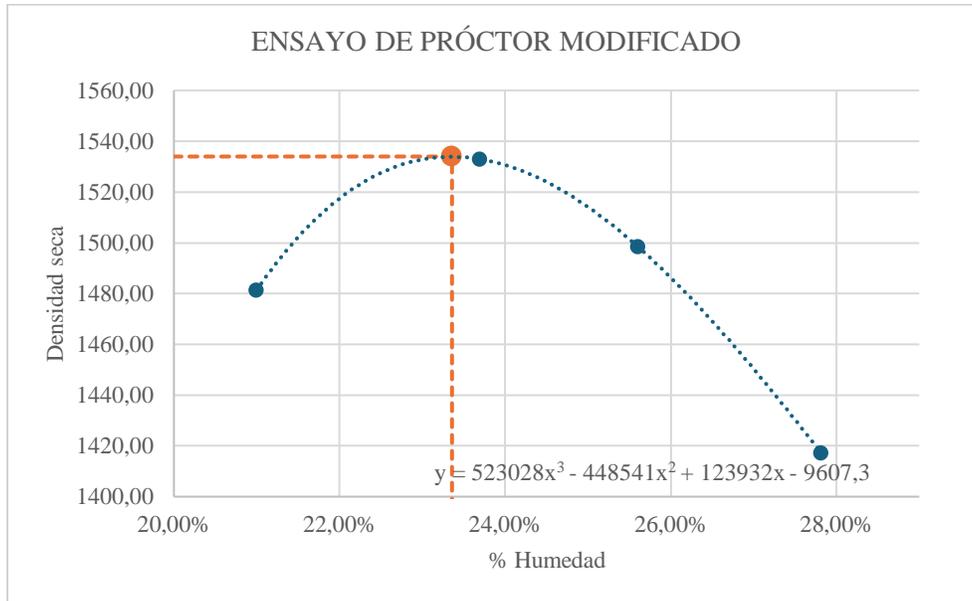


Tabla 2.14
Contenido óptimo de humedad y densidad máxima seca

| Hum. (x) | Máx. densidad (y) |
|----------|-------------------|
| 23.36% | 1534.00 |

Tabla 2.15
Densidad húmeda muestra 2

| | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 |
|-----------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Masa compactada + molde A (kg) | 6.64 | 6.82 | 6.78 | 6.69 |
| Densidad húmeda (A-B) / V (kg/m3) | 1844.34 | 1929.25 | 1910.38 | 1867.92 |

Tabla 2.16
Humedad muestra 2

| Id del recipiente | G14 | G15 | G16 | G17 |
|---|--------|--------|--------|--------|
| Masa de agua añadida (g) | 150 | 300 | 500 | 700 |
| Masa del recipiente A (g) | 152.1 | 154.3 | 155.7 | 165.6 |
| Masa de suelo húmedo + recipiente B (g) | 790.1 | 792.6 | 781.4 | 778.3 |
| Masa de suelo seco + recipiente C (g) | 680.13 | 672.43 | 653.06 | 646.91 |
| Masa de agua evaporada D = B - C (g) | 109.97 | 120.17 | 128.34 | 131.39 |
| Masa de suelo seco E = C - A (g) | 528.03 | 518.13 | 497.36 | 481.31 |
| Humedad F = D / E *100 (%) | 20.83% | 23.19% | 25.80% | 27.30% |

Tabla 2.17
Densidad seca

| | | | | |
|---|---------|---------|---------|---------|
| $A = (F + 100) * 0.01$ | 1.21 | 1.23 | 1.26 | 1.27 |
| Densidad seca = Densidad húmeda / A (kg/m3) | 1526.44 | 1566.03 | 1518.53 | 1467.36 |

Figura 2.10
Densidad vs % humedad muestra 2

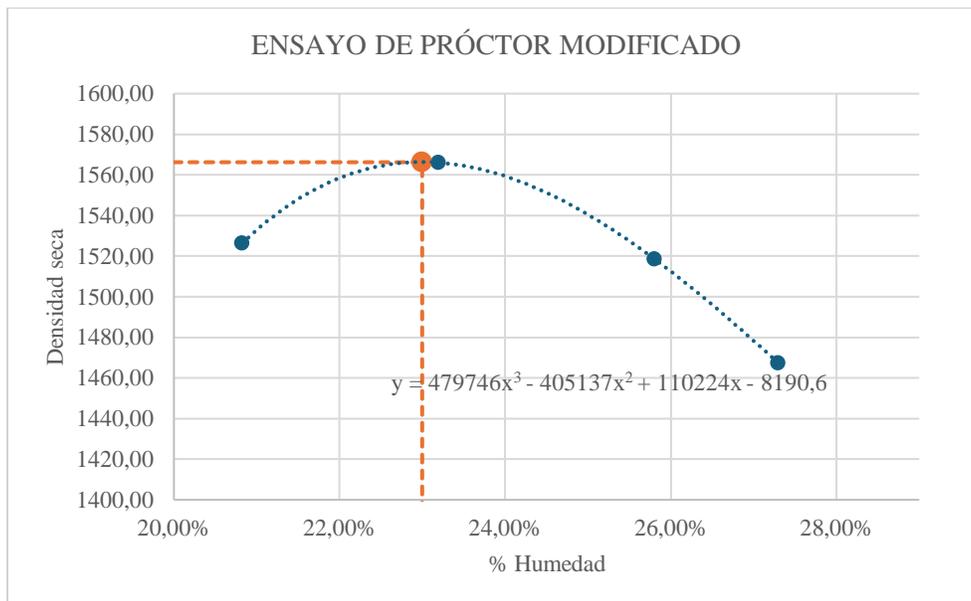


Tabla 2.18
Contenido de humedad y densidad máxima seca

| Hum. (x) | Máx. densidad (y) |
|-----------------|--------------------------|
| 23.00% | 1566.24 |

2.3.3.4 Ensayo CBR (California Bearing Ratio)

En el ensayo CBR se evalúa la capacidad portante del suelo y materiales granulares compactados en las diferentes capas del pavimentos como lo es la subrasante, la subbase y las bases. El valor numérico del CBR es un porcentaje que compara la fuerza requerida para penetrar un pistón en el suelo y la fuerza necesaria para penetrar el mismo pistón en una muestra estándar de piedra triturada.

En primer lugar, en este ensayo, se secaron y cuartearon 25 kg de muestra, luego de esto se la pasó por el tamiz 3/4" y se añadió 500 gramos de agua a cada espécimen. Posterior a esto se armó el molde con base, disco u collarín y se aplicó una capa fina de aceite. Enseguida, se realizó una compactación diferenciada, en la primera muestra se efectuaron 56 golpes, en la segunda 25 golpes y en la tercera 12 golpes. Después, las muestras compactadas se pesaron y se sumergieron en agua, se monitorearon y registraron el hinchamiento hasta su estabilización. Estas muestras se colocaron en una prensa, la cual aplicó carga en intervalos específicos.

La tabla (2.19) muestra la densidad húmeda de la muestra 1 a diferentes intervalos de compactación.

MUESTRA 1

Tabla 2.19

Densidad húmeda muestra 1

| | Antes de Saturar | | Después de saturar | | Antes de Saturar | | Después de saturar | |
|--|-------------------------|---------|---------------------------|---------|-------------------------|---------|---------------------------|--|
| Golpes / Capas | 56 | | 26 | | 12 | | | |
| Masa molde B (kg) | 2.75 | | 2.8 | | 2.76 | | | |
| Volumen V (m3) | 0.00212 | | 0.00214 | | 0.00216 | | | |
| Masa compactada + molde A (kg) | 6.47 | 6.57 | 6.38 | 6.79 | 6.19 | 6.61 | | |
| Densidad húmeda (A-B) / V (kg/m3) | 1754.72 | 1801.89 | 1672.90 | 1864.49 | 1587.96 | 1782.41 | | |

Tabla 2.20

Humedad muestra 1

| | Antes de Saturar | | Después de saturar | | Antes de Saturar | | Después de saturar | | Antes de Saturar | | Después de saturar | |
|---|-------------------------|-------|---------------------------|-------|-------------------------|-------|---------------------------|-------|-------------------------|-------|---------------------------|-------|
| | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo |
| Golpes / Capas | 56 | | 26 | | 12 | | | | | | | |
| Masa de agua añadida (g) | 500 | | 500 | | 500 | | | | | | | |
| Masa recipiente A(g) | 12.8 | 12.12 | 12.15 | 12.14 | 12.35 | 12.21 | 12.27 | 12.29 | 12.52 | 12.35 | 12.14 | 12.19 |
| Masa de suelo húmedo + recipiente B(g) | 69.71 | 70.06 | 56.16 | 60.74 | 77.03 | 72.38 | 66.92 | 60.53 | 75.89 | 69.36 | 49.23 | 60.87 |
| Masa de suelo seco + recipiente C (g) | 57.97 | 58.09 | 46.47 | 50.25 | 64.12 | 60.13 | 52.54 | 48.32 | 63.91 | 58.61 | 39.91 | 48.69 |

| | Antes de Saturar | | Después de Saturar | | Antes de Saturar | | Después de Saturar | | Antes de Saturar | | Después de Saturar | |
|---|------------------|--------|--------------------|--------|------------------|--------|--------------------|--------|------------------|--------|--------------------|--------|
| | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo |
| Masa de agua evaporada D = B - C (g) | 11.74 | 11.97 | 9.69 | 10.49 | 12.91 | 12.25 | 14.38 | 12.21 | 11.98 | 10.75 | 9.32 | 12.18 |
| Masa de suelo seco E = C - A (g) | 45.17 | 45.97 | 34.32 | 38.11 | 51.77 | 47.92 | 40.27 | 36.03 | 51.39 | 46.26 | 27.77 | 36.5 |
| Humedad F = D / E *100 (%) | 25.99% | 26.04% | 28.23% | 27.53% | 24.94% | 25.56% | 35.71% | 33.89% | 23.31% | 23.24% | 33.56% | 33.37% |
| Humedad promedio G (%) | 26.01% | | 27.88% | | 25.25% | | 34.80% | | 23.28% | | 33.47% | |

Tabla 2.21
Densidad seca muestra 1

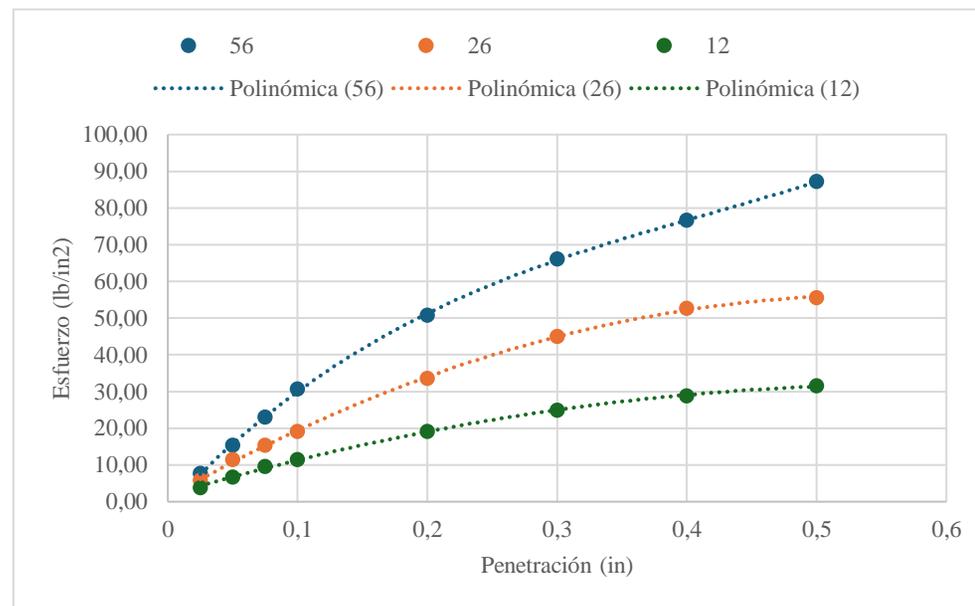
| Golpes / Capas | 56 | | 26 | | 12 | |
|--|-----------|--|-----------|--|-----------|--|
| A = (F + 100) * 0.01 | 1.26 | | 1.28 | | 1.23 | |
| Densidad seca = Densidad húmeda / A (kg/m3) | 1392.47 | | 1409.05 | | 1288.15 | |
| Densidad seca promedio | 1400.76 | | 1359.40 | | 1311.81 | |
| CBR | 3.2% | | 2.1% | | 1.2% | |

Tabla 2.22
Cargas de penetración muestra 1

| Golpes/Capas | | 56 | | 26 | | 12 | |
|-------------------------|---------------------------------|-------------|--------------------------|-------------|--------------------------|-------------|--------------------------|
| Penetración (in) | Carga estándar (lbs/in2) | Dial | Esfuerzo (lb/in2) | Dial | Esfuerzo (lb/in2) | Dial | Esfuerzo (lb/in2) |
| 0.025 | | 8 | 7.66 | 6 | 5.75 | 4 | 3.83 |
| 0.05 | | 16 | 15.32 | 12 | 11.49 | 7 | 6.70 |
| 0.075 | | 24 | 22.98 | 16 | 15.32 | 10 | 9.58 |
| 0.1 | 1 | 32 | 30.65 | 20 | 19.15 | 12 | 11.49 |
| 0.2 | 1.5 | 53 | 50.76 | 35 | 33.52 | 20 | 19.15 |
| 0.3 | 1.9 | 69 | 66.08 | 47 | 45.01 | 26 | 24.90 |
| 0.4 | 2.3 | 80 | 76.61 | 55 | 52.67 | 30 | 28.73 |
| 0.5 | 2.6 | 91 | 87.15 | 58 | 55.54 | 33 | 31.60 |

A partir de los datos de carga de penetración se elaboran las gráficas de esfuerzo vs penetración, estas se presentan en la gráfica (2.11), para 56, 26 y 12 golpes.

Figura 2.11
Penetración vs Esfuerzo muestra 1



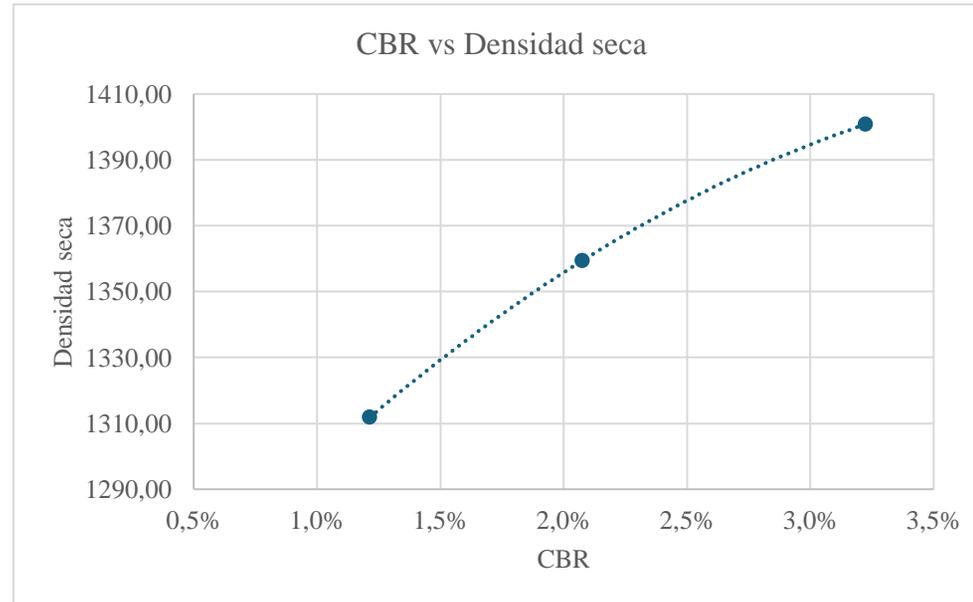
En la tabla (2.23), se presenta el CBR de las cargas de penetración

Tabla 2.23
CBR de la muestra 1

| Penetración (in) | Carga estándar | Esfuerzo (lb/in ²) | CBR (%) | Esfuerzo (lb/in ²) | CBR (%) | Esfuerzo (lb/in ²) | CBR (%) |
|------------------|----------------|--------------------------------|---------|--------------------------------|---------|--------------------------------|---------|
| 0.1 | 1 | 30.64547 | 3.1% | 19.153419 | 1.9% | 11.492051 | 1.1% |
| 0.2 | 1.5 | 50.75656 | 3.4% | 33.518483 | 2.2% | 19.153419 | 1.3% |
| PROMEDIO | | | 3.2% | | 2.1% | | 1.2% |

A partir de los datos encontrados, se establece una relación entre densidad seca vs CBR, representados en la gráfica (2.12).

Figura 2.12
CBR vs Densidad Seca



Por último, se necesita conocer el valor de CBR al 100% y al 95%, para esto se utiliza la función tendencia de Excel para extrapolar la gráfica hasta su máximo valor de densidad seca, en este caso 1534 kg/m³, obteniendo así los valores de la tabla (2.23).

Tabla 2.24
CBR al 100% y 95% de muestra 1

| | |
|-----------------|-------|
| CBR 100% | 6.15% |
| CBR 95% | 4.4% |

MUESTRA 2

Tabla 2.25

Densidad húmeda muestra 2

| | Antes de Saturar | | Después de saturar | | Antes de Saturar | | Después de saturar | | Antes de Saturar | | Después de saturar | |
|--|-------------------------|--|---------------------------|--|-------------------------|--|---------------------------|--|-------------------------|--|---------------------------|--|
| Golpes / Capas | | | 56 | | | | 26 | | | | 12 | |
| Masa molde B (kg) | | | 2.75 | | | | 2.8 | | | | 2.76 | |
| Volumen V (m3) | | | 0.00212 | | | | 0.00214 | | | | 0.00216 | |
| Masa compactada + molde A (kg) | 6.45 | | 6.55 | | 6.36 | | 6.72 | | 6.16 | | 6.57 | |
| Densidad húmeda (A-B) / V (kg/m3) | 1745.28 | | 1792.45 | | 1663.55 | | 1831.78 | | 1574.07 | | 1763.89 | |

Tabla 2.26

Humedad muestra 2

| | Antes de Saturar | | Después de saturar | | Antes de Saturar | | Después de saturar | | Antes de Saturar | | Después de saturar | |
|--|-------------------------|--------|---------------------------|--------|-------------------------|--------|---------------------------|--------|-------------------------|--------|---------------------------|--------|
| | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo |
| Golpes / Capas | | | 56 | | | | 26 | | | | 12 | |
| Masa de agua añadida (g) | 500 | | 500 | | 500 | | 500 | | 500 | | 500 | |
| Masa del recipiente A (g) | 12.9 | 12.15 | 12.17 | 12.13 | 12.24 | 12.29 | 12.24 | 12.21 | 12.34 | 12.42 | 12.13 | 12.12 |
| Masa de suelo húmedo + recipiente B (g) | 69.73 | 69.98 | 56.18 | 60.72 | 76.97 | 73.98 | 67.87 | 60.21 | 74.88 | 69.33 | 50.21 | 59.21 |
| Masa de suelo seco + recipiente C (g) | 57.97 | 58.09 | 46.47 | 50.25 | 64.12 | 60.13 | 52.54 | 49.31 | 63.87 | 57.22 | 39.81 | 48.32 |
| Masa de agua evaporada D = B - C (g) | 11.76 | 11.89 | 9.71 | 10.47 | 12.85 | 13.85 | 15.33 | 10.9 | 11.01 | 12.11 | 10.4 | 10.89 |
| Masa de suelo seco E = C - A (g) | 45.07 | 45.94 | 34.3 | 38.12 | 51.88 | 47.84 | 40.3 | 37.1 | 51.53 | 44.8 | 27.68 | 36.2 |
| Humedad F = D / E *100 (%) | 26.09% | 25.88% | 28.31% | 27.47% | 24.77% | 28.95% | 38.04% | 29.38% | 21.37% | 27.03% | 37.57% | 30.08% |
| Humedad promedio G (%) | 25.99% | | 27.89% | | 26.86% | | 33.71% | | 24.20% | | 33.83% | |

Tabla 2.27
Densidad seca

| Golpes / Capas | 56 | | 26 | | 12 | |
|--|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| A = (F + 100) * 0.01 | 1.26 | 1.28 | 1.27 | 1.34 | 1.24 | 1.34 |
| Densidad seca = Densidad húmeda / A (kg/m3) | 1385.29 | 1401.59 | 1311.33 | 1369.96 | 1267.38 | 1318.03 |
| Densidad seca promedio | 1393.44 | | 1340.65 | | 1292.71 | |
| CBR | 3.3% | | 2.2% | | 1.3% | |

Tabla 2.28
Cargas de penetración muestra 2

| Golpes/Capas | | 56 | | 26 | | 12 | |
|-------------------------|-------------------------------------|-------------|------------------------------|-------------|------------------------------|-------------|--------------------------|
| Penetración (in) | Carga estándar (lbs/in2) | Dial | Esfuerzo (lb/in2) | Dial | Esfuerzo (lb/in2) | Dial | Esfuerzo (lb/in2) |
| 0.025 | | 9 | 8.62 | 7 | 6.70 | 5 | 4.79 |
| 0.05 | | 17 | 16.28 | 13 | 12.45 | 9 | 8.62 |
| 0.075 | | 25 | 23.94 | 17 | 16.28 | 11 | 10.53 |
| 0.1 | 1 | 33 | 31.60 | 21 | 20.11 | 14 | 13.41 |
| 0.2 | 1.5 | 54 | 51.71 | 36 | 34.48 | 21 | 20.11 |
| 0.3 | 1.9 | 70 | 67.04 | 48 | 45.97 | 26 | 24.90 |
| 0.4 | 2.3 | 81 | 77.57 | 56 | 53.63 | 30 | 28.73 |
| 0.5 | 2.6 | 92 | 88.11 | 60 | 57.46 | 34 | 32.56 |

A partir de los datos de carga de penetración se elaboran las gráficas de esfuerzo vs penetración, estas se presentan en la gráfica (2.13), para 56, 26 y 12 golpes.

Figura 2.13
Penetración vs Esfuerzo muestra 2

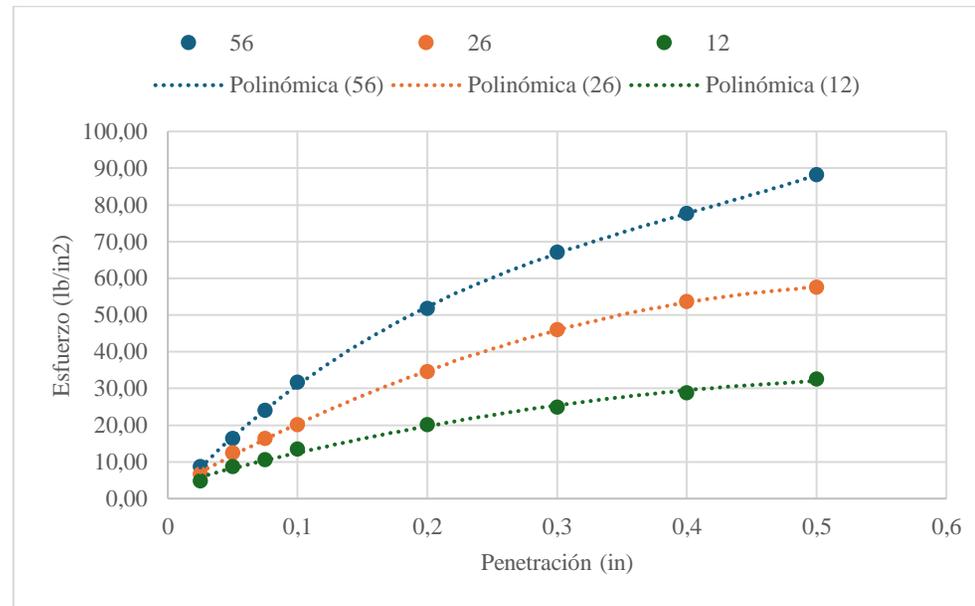
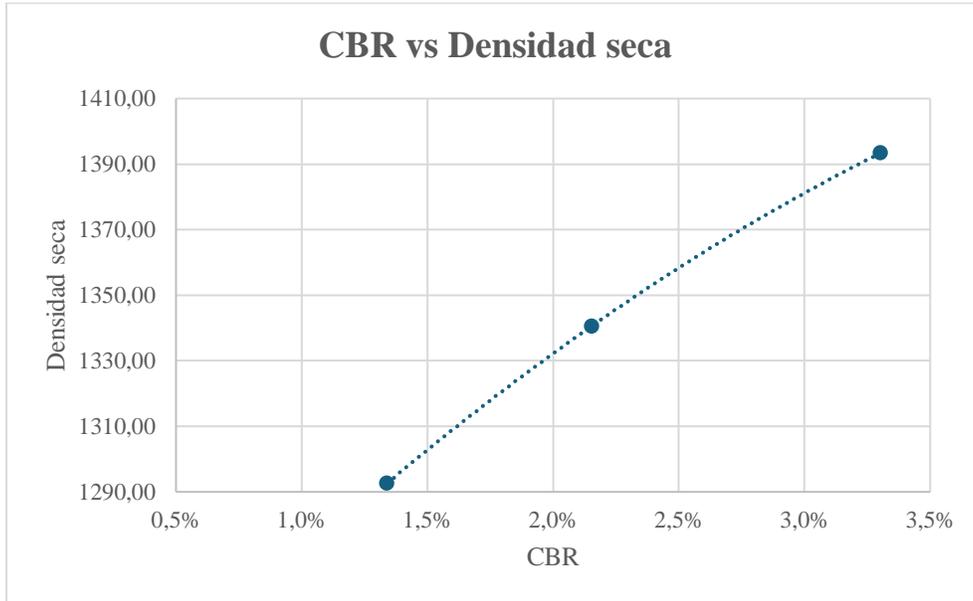


Tabla 2.29
CBR de la muestra 2

| Penetración (in) | Carga estándar | Esfuerzo (lb/in ²) | CBR (%) | Esfuerzo (lb/in ²) | CBR (%) | Esfuerzo (lb/in ²) | CBR (%) |
|------------------|----------------|--------------------------------|---------|--------------------------------|---------|--------------------------------|---------|
| 0.1 | 1 | 31.603141 | 3.2% | 20.11109 | 2.0% | 13.407393 | 1.3% |
| 0.2 | 1.5 | 51.714231 | 3.4% | 34.476154 | 2.3% | 20.11109 | 1.3% |
| PROMEDIO | | | 3.3% | | 2.2% | | 1.3% |

A partir de los datos encontrados, se establece una relación entre densidad seca vs CBR, representados en la gráfica (2.14).

Figura 2.14
CBR vs Densidad Seca de muestra 2



Por último, se necesita conocer el valor de CBR al 100% y al 95%, para esto se utiliza la función tendencia de Excel para extrapolar la gráfica hasta su máximo valor de densidad seca, en este caso 1534 kg/m³, obteniendo así los valores de la tabla ().

Tabla 2.30
CBR al 100% y 95%

| | |
|-----------------|-------|
| CBR 100% | 6.01% |
| CBR 95% | 4.5% |

Se llevó a cabo una tercera calicata, en esta se tomó en cuenta muestras a diferentes profundidades, 0.5 m, 1 m, 1.5 m con el propósito de analizar más a profundidad las distintas capas que conforman la carretera existente. En las muestras obtenidas, se realizaron los siguientes ensayos de suelos:

Granulometría calicata #3

Tabla 2.31
Granulometría muestra 3 - 1.5 m de profundidad

| #Tamiz | Apertura (mm) | Peso Neto (g) | %retenido | %retenido acumulado | % que pasa |
|--------------|---------------|---------------|-----------|---------------------|------------|
| 1/2" | 12.7 | 0 | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3/8" | 9.525 | 35.88 | 3.05% | 3.05% | 96.95% |
| 4 | 4.75 | 139.65 | 11.86% | 14.91% | 85.09% |
| 10 | 2 | 90.12 | 7.66% | 22.57% | 77.43% |
| 40 | 0.425 | 563.21 | 47.84% | 70.41% | 29.59% |
| 100 | 0.149 | 224.76 | 19.09% | 89.50% | 10.50% |
| 200 | 0.075 | 81.23 | 6.90% | 96.40% | 3.60% |
| Fondo | | 42.34 | 3.60% | 100.00% | 0.00% |
| Total | | 1177.19 | | | |

Figura 2.15
Curva granulométrica muestra 3 - 1.5 m de profundidad

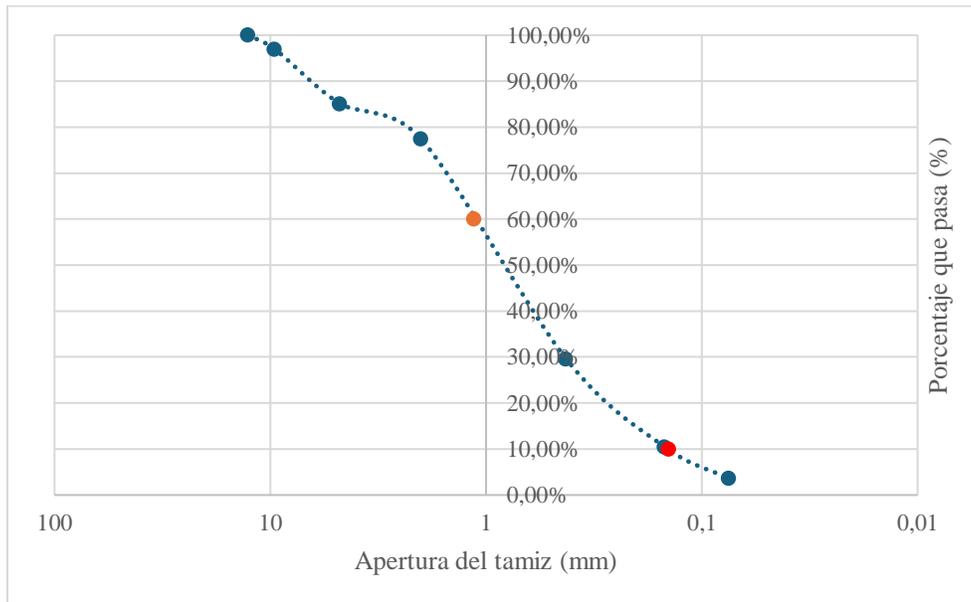


Tabla 2.32
Granulometría muestra 3 - 1.0 m de profundidad

| #Tamiz | Apertura (mm) | Peso Neto (g) | %retenido | %retenido acumulado | % que pasa |
|--------------|---------------|---------------|-----------|---------------------|------------|
| 1/2" | 12.7 | 0 | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3/8" | 9.525 | 30.11 | 2.55% | 2.55% | 97.45% |
| 4 | 4.75 | 160.24 | 13.56% | 16.11% | 83.89% |
| 10 | 2 | 105.76 | 8.95% | 25.05% | 74.95% |
| 40 | 0.425 | 560.23 | 47.40% | 72.46% | 27.54% |
| 100 | 0.149 | 224.98 | 19.04% | 91.49% | 8.51% |
| 200 | 0.075 | 80.45 | 6.81% | 98.30% | 1.70% |
| Fondo | | 20.11 | 1.70% | 100.00% | 0.00% |
| Total | | 1181.88 | | | |

Figura 2.16
Curva granulométrica muestra 3 - 1.0 m de profundidad

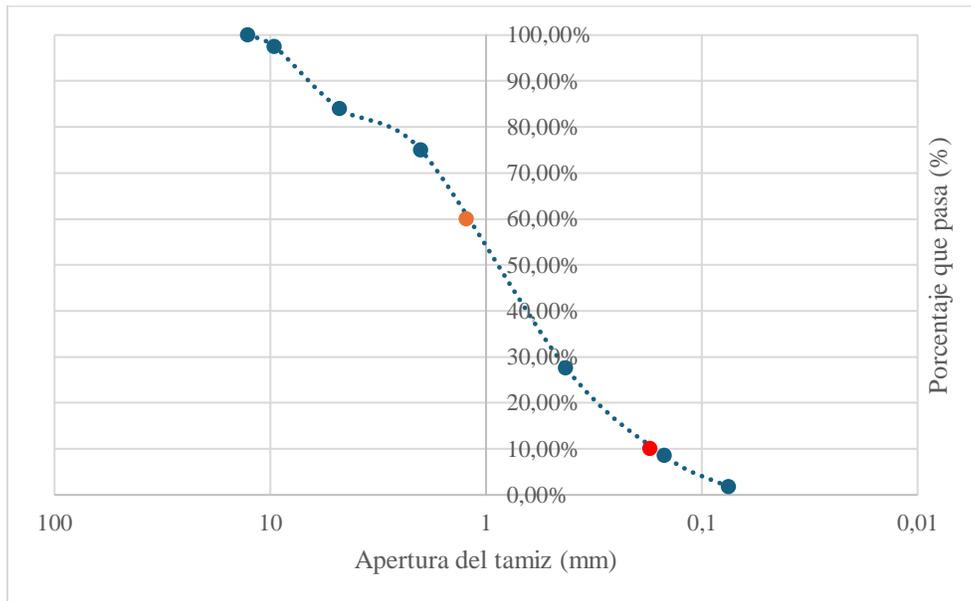
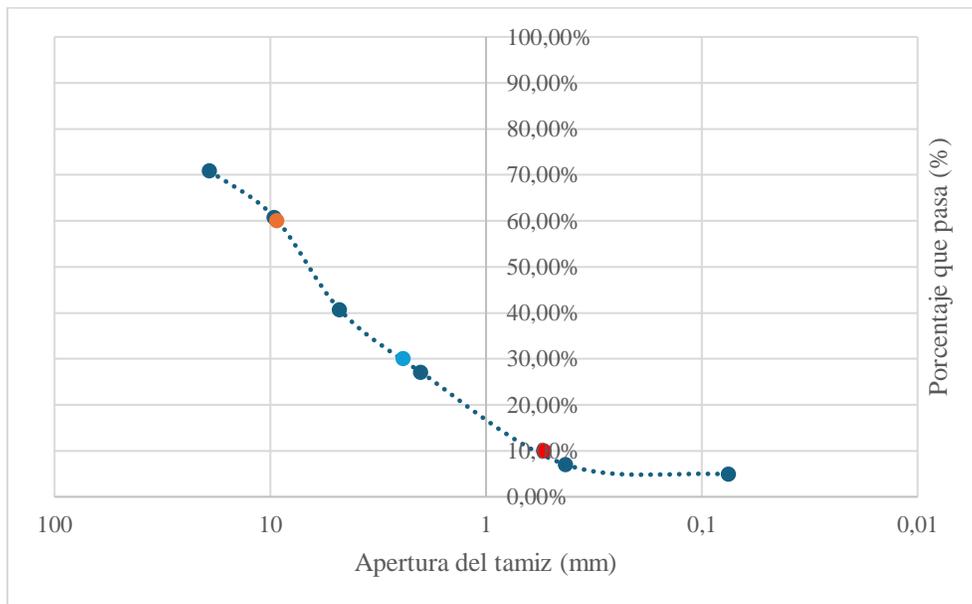


Tabla 2.33
Granulometría muestra 3 - 0.5 m de profundidad

| #Tamiz | Apertura (mm) | Peso Neto (g) | %retenido | %retenido acumulado | % que pasa |
|--------------|---------------|---------------|-----------|---------------------|------------|
| 1 1/2" | 37.5 | 0 | 0 | 0 | 100.00% |
| 1" | 25 | 180.23 | 18.09% | 18.09% | 81.91% |
| 3/4" | 19.05 | 110.34 | 11.08% | 29.17% | 70.83% |
| 3/8" | 9.525 | 100.98 | 10.14% | 39.31% | 60.69% |
| 4 | 4.75 | 200.05 | 20.08% | 59.39% | 40.61% |
| 10 | 2 | 135.05 | 13.56% | 72.95% | 27.05% |
| 40 | 0.425 | 200.13 | 20.09% | 93.04% | 6.96% |
| 200 | 0.075 | 20.87 | 2.10% | 95.13% | 4.87% |
| Fondo | | 48.5 | 4.87% | 100.00% | 0.00% |
| Total | | 996.15 | | | |

Figura 2.17
Curva granulométrica muestra 3 - 0.5 m



Límites de Atterberg calicata #3

Tabla 2.34
Límite líquido muestra 3 - 1.5 m de profundidad

| Límite Líquido | | | | |
|---|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Id del recipiente | L1 | L2 | L3 | L4 |
| Masa del recipiente A (g) | 6.29 | 6.34 | 6.07 | 6.21 |
| Número de golpes | 29 | 24 | 19 | 14 |
| Masa de suelo húmedo + recipiente B (g) | 24.11 | 24.83 | 25.92 | 25.75 |
| Masa de suelo seco + recipiente C (g) | 20.54 | 21.02 | 21.54 | 21.07 |
| Masa de agua evaporada D = B - C (g) | 3.57 | 3.81 | 4.38 | 4.68 |
| Masa de suelo seco E = C - A (g) | 14.25 | 14.68 | 15.47 | 14.86 |
| Humedad D/E * 100 (%) | 25.05% | 25.95% | 28.31% | 31.49% |

Figura 2.18
Límite líquido muestra 3 - 1.5 m de profundidad

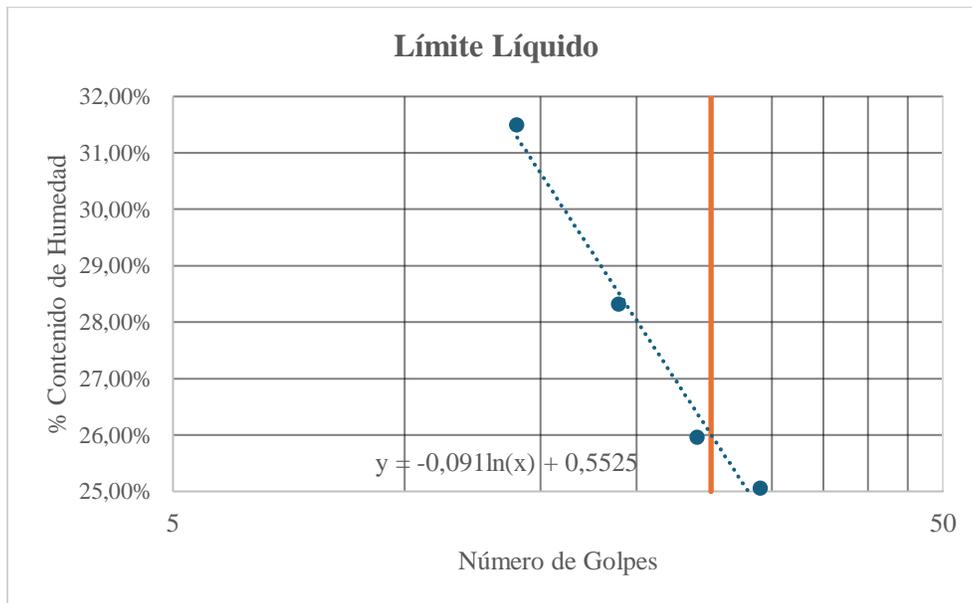


Tabla 2.35
Límite plástico muestra 3 - 1.5 m de profundidad

| Límite Plástico | | |
|---|----------|----------|
| | 1 | 2 |
| Id del recipiente | L11 | L12 |
| Masa del recipiente A (g) | 6.34 | 6.11 |
| Masa de suelo húmedo + recipiente B (g) | 15.06 | 15.41 |
| Masa del suelo seco + recipiente C (g) | 13.42 | 13.45 |
| Masa de agua evaporada D = B - C (g) | 1.64 | 1.96 |
| Masa de suelo seco E = C - A (g) | 7.08 | 7.34 |
| Humedad D/E * 100% | 23.16% | 26.70% |

Límite líquido: 25.96%

Límite plástico: 24.93%

Índice de plasticidad: 1.02%

Tabla 2.36
Límite líquido muestra 3 - 1.0 m de profundidad

| Límite Líquido | | | | |
|---|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Id del recipiente | L5 | L6 | L7 | L8 |
| Masa del recipiente A (g) | 6.2 | 6.22 | 6.19 | 6.21 |
| Número de golpes | 30 | 21 | 18 | 12 |
| Masa de suelo húmedo + recipiente B (g) | 23.69 | 24.56 | 26.12 | 25.67 |
| Masa de suelo seco + recipiente C (g) | 20.46 | 20.86 | 21.88 | 21.19 |
| Masa de agua evaporada D = B - C (g) | 3.23 | 3.7 | 4.24 | 4.48 |
| Masa de suelo seco E = C - A (g) | 14.26 | 14.64 | 15.69 | 14.98 |
| Humedad D/E * 100 (%) | 22.65% | 25.27% | 27.02% | 29.91% |

Figura 2.19
Límite líquido muestra 3 - 1.0 m de profundidad

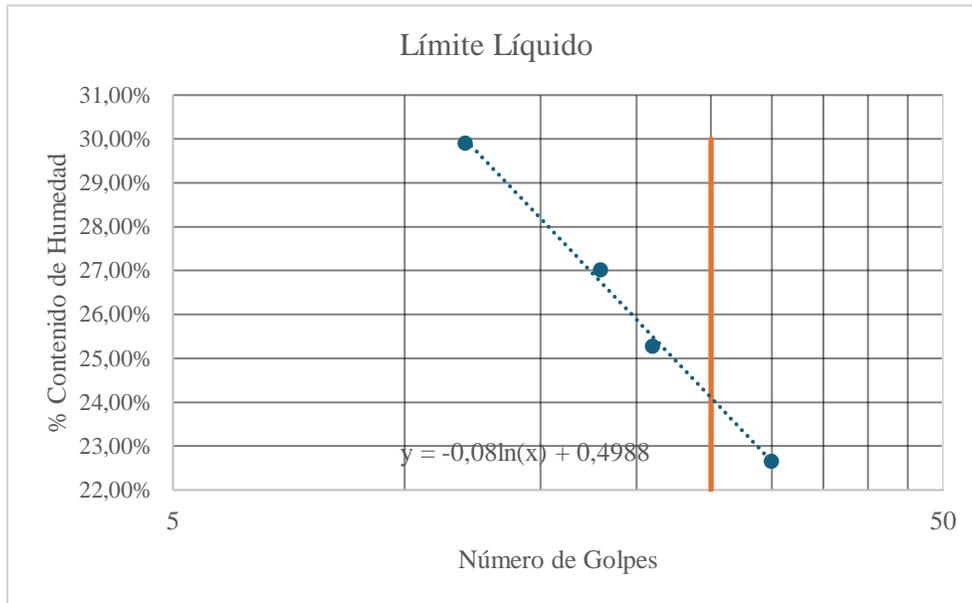


Tabla 2.37
Límite plástico muestra 3 - 1.0 m de profundidad

| Límite Plástico | | |
|---|----------|----------|
| | 1 | 2 |
| Id del recipiente | L13 | L14 |
| Masa del recipiente A (g) | 6.05 | 5.88 |
| Masa de suelo húmedo + recipiente B (g) | 14.94 | 15.45 |
| Masa del suelo seco + recipiente C (g) | 13.27 | 13.86 |
| Masa de agua evaporada D = B - C (g) | 1.67 | 1.59 |
| Masa de suelo seco E = C - A (g) | 7.22 | 7.98 |
| Humedad D/E *100% | 23.13% | 19.92% |

Límite líquido: 24.13%

Límite plástico: 21.53%

Índice de plasticidad: 2.60%

Tabla 2.38
Límite líquido muestra 3 - 0.5 m de profundidad

| Límite Líquido | | | | |
|---|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Id del recipiente | L21 | L22 | L23 | L24 |
| Masa del recipiente A (g) | 6.18 | 6.21 | 6.19 | 6.22 |
| Número de golpes | 29 | 20 | 17 | 12 |
| Masa de suelo húmedo + recipiente B (g) | 22.53 | 23.66 | 24.73 | 24.36 |
| Masa de suelo seco + recipiente C (g) | 20.61 | 21.22 | 21.69 | 21.17 |
| Masa de agua evaporada D = B - C (g) | 1.92 | 2.44 | 3.04 | 3.19 |
| Masa de suelo seco E = C - A (g) | 14.43 | 15.01 | 15.5 | 14.95 |
| Humedad D/E * 100 (%) | 13.31% | 16.26% | 19.61% | 21.34% |

Figura 2.20
Límite líquido muestra 3 - 0.5 m de profundidad

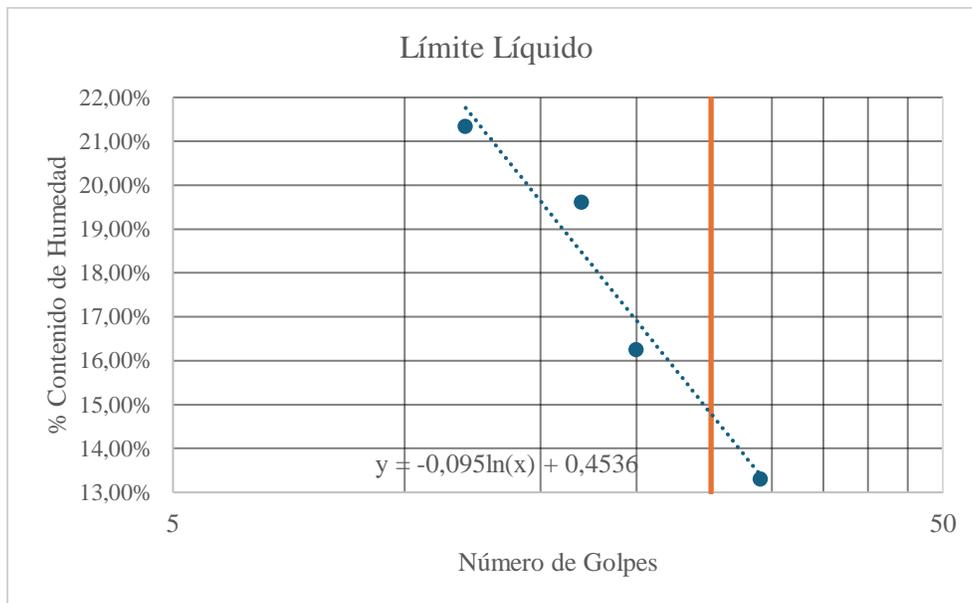


Tabla 2.39
Límite plástico muestra 3 - 0.5 m de profundidad

| Límite Plástico | | |
|---|----------|----------|
| | 1 | 2 |
| Id del recipiente | L25 | L26 |
| Masa del recipiente A (g) | 6.11 | 6.06 |
| Masa de suelo húmedo + recipiente B (g) | 13.76 | 14.76 |
| Masa del suelo seco + recipiente C (g) | 13.03 | 13.75 |
| Masa de agua evaporada D = B - C (g) | 0.73 | 1.01 |
| Masa de suelo seco E = C - A (g) | 6.92 | 7.69 |
| Humedad D/E *100% | 10.55% | 13.13% |

Límite líquido: 14.78%

Límite plástico: 11.84%

Índice de plasticidad: 2.94%

Ensayo de Proctor modificado y CBR calicata #3

Figura 2.21
Densidad seca vs %humedad muestra 3 - 1.5 m de profundidad

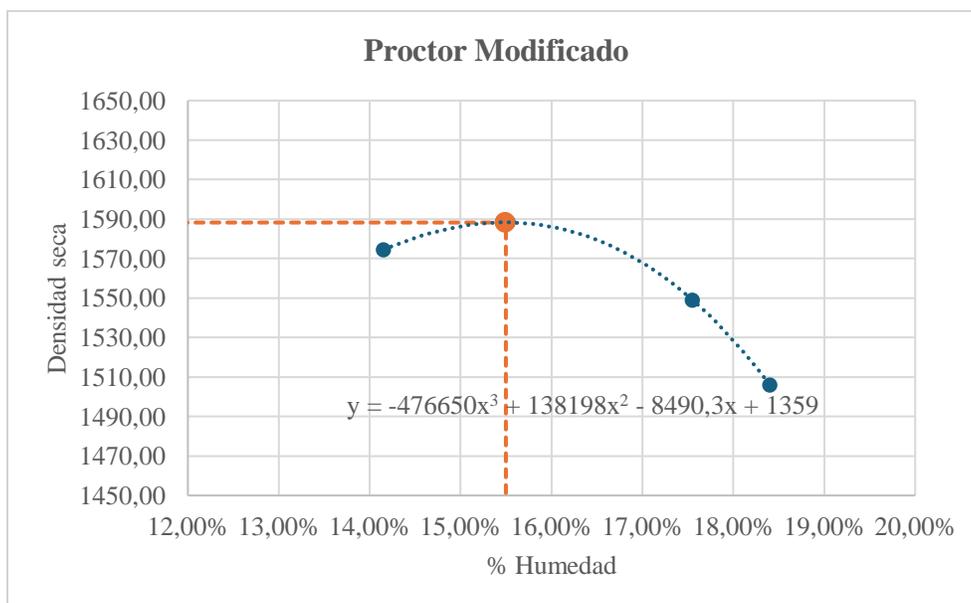


Tabla 2.40
Densidad húmeda muestra 3 - 1.5 m de profundidad

| | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 |
|--|---------|---------|---------|---------|
| Masa compactada + molde A (kg) | 6.54 | 6.62 | 6.59 | 6.51 |
| Densidad húmeda (A-B) / V (kg/m3) | 1797.17 | 1834.91 | 1820.75 | 1783.02 |

Tabla 2.41
Humedad muestra 3 – 1.5 m de profundidad

| Id del recipiente | G10 | G11 | G12 | G13 |
|--|--------|--------|--------|--------|
| Masa de agua añadida (g) | 150 | 300 | 500 | 700 |
| Masa del recipiente A (g) | 155.76 | 160.52 | 165.21 | 163.09 |
| Masa de suelo húmedo + recipiente B (g) | 740.32 | 748.03 | 753.88 | 753.89 |
| Masa de suelo seco + recipiente C (g) | 667.84 | 669.05 | 665.98 | 662.04 |
| Masa de agua evaporada D = B - C (g) | 72.48 | 78.98 | 87.9 | 91.85 |
| Masa de suelo seco E = C - A (g) | 512.08 | 508.53 | 500.77 | 498.95 |
| Humedad F = D / E *100 (%) | 14.15% | 15.53% | 17.55% | 18.41% |

Tabla 2.42
Densidad seca muestra 3 - 1.5 m de profundidad

| | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|
| A = (F + 100) * 0.01 | 1.14 | 1.16 | 1.18 | 1.18 |
| Densidad seca = Densidad húmeda / A (kg/m3) | 1574.34 | 1588.24 | 1548.88 | 1505.82 |

Tabla 2.43
Contenido óptimo de humedad y máxima densidad seca muestra 3 - 1.5 m de profundidad

| Hum. (x) | Máx. densidad (y) |
|----------|-------------------|
| 15.50% | 1588.23 |

Figura 2.22

Densidad seca vs %humedad muestra 3 - 1.0 m de profundidad

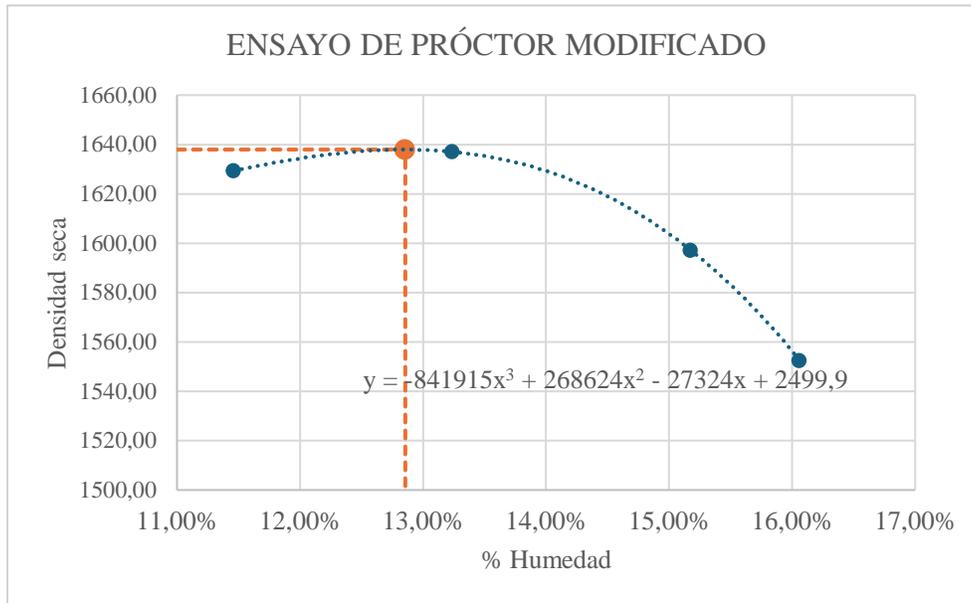


Tabla 2.44

Densidad húmeda muestra 3 - 1.0 m de profundidad

| | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 |
|--|---------|---------|---------|---------|
| Masa compactada + molde A (kg) | 6.58 | 6.66 | 6.63 | 6.55 |
| Densidad húmeda (A-B) / V (kg/m3) | 1816.04 | 1853.77 | 1839.62 | 1801.89 |

Tabla 2.45

Humedad muestra 3 - 1.0 m de profundidad

| Id del recipiente | G10 | G11 | G12 | G13 |
|--|--------|--------|--------|--------|
| Masa de agua añadida (g) | 150 | 300 | 500 | 700 |
| Masa del recipiente A (g) | 155.76 | 160.52 | 165.21 | 163.09 |
| Masa de suelo húmedo + recipiente B (g) | 740.32 | 748.03 | 753.88 | 753.89 |
| Masa de suelo seco + recipiente C (g) | 680.21 | 679.34 | 676.32 | 672.13 |
| Masa de agua evaporada D = B - C (g) | 60.11 | 68.69 | 77.56 | 81.76 |
| Masa de suelo seco E = C - A (g) | 524.45 | 518.82 | 511.11 | 509.04 |
| Humedad F = D / E *100 (%) | 11.46% | 13.24% | 15.17% | 16.06% |

Tabla 2.46
Densidad seca muestra 3 - 1.0 m de profundidad

| | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|
| $A = (F + 100) * 0.01$ | 1.11 | 1.13 | 1.15 | 1.16 |
| Densidad seca = Densidad húmeda / A (kg/m3) | 1629.30 | 1637.04 | 1597.24 | 1552.53 |

Tabla 2.47
Contenido óptimo de humedad y densidad máxima seca muestra 3 - 1.0 m de profundidad

| | |
|----------|-------------------|
| Hum. (x) | Máx. densidad (y) |
| 12.86% | 1637.96 |

Figura 2.23
Densidad seca vs %humedad muestra 3 - 0.5 m de profundidad

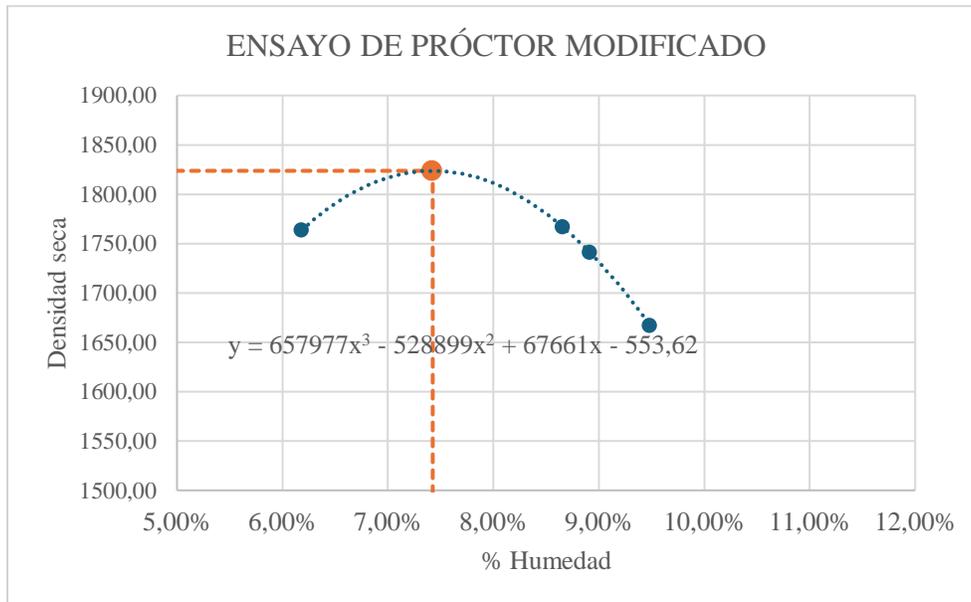


Tabla 2.48
Densidad húmeda muestra 3 - 0.5 m de profundidad

| | | | | |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 |
| Masa compactada + molde A (kg) | 6.7 | 6.8 | 6.75 | 6.6 |
| Densidad húmeda (A-B) / V (kg/m3) | 1872.64 | 1919.81 | 1896.23 | 1825.47 |

Tabla 2.49
Humedad muestra 3 - 0.5 m de profundidad

| Id del recipiente | G10 | G11 | G12 | G13 |
|---|--------|--------|--------|--------|
| Masa de agua añadida (g) | 150 | 300 | 500 | 700 |
| Masa del recipiente A (g) | 156.75 | 160.33 | 164.21 | 165.77 |
| Masa de suelo húmedo + recipiente B (g) | 710.45 | 719.6 | 715.1 | 720 |
| Masa de suelo seco + recipiente C (g) | 678.2 | 675.04 | 670.01 | 671.99 |
| Masa de agua evaporada D = B - C (g) | 32.25 | 44.56 | 45.09 | 48.01 |
| Masa de suelo seco E = C - A (g) | 521.45 | 514.71 | 505.8 | 506.22 |
| Humedad F = D / E *100 (%) | 6.18% | 8.66% | 8.91% | 9.48% |

Tabla 2.50
Densidad seca muestra 3 - 0.5 m de profundidad

| $A = (F + 100) * 0.01$ | 1.06 | 1.09 | 1.09 | 1.09 |
|---|---------|---------|---------|---------|
| Densidad seca = Densidad húmeda / A (kg/m3) | 1763.57 | 1766.85 | 1741.02 | 1667.34 |

Tabla 2.51
Contenido óptimo de humedad y densidad máxima seca muestra 3 - 0.5 m de profundidad

| Hum. (x) | Máx. densidad (y) |
|----------|-------------------|
| 7.43% | 1823.70 |

Ensayo CBR calicata #3

Figura 2.24
CBR vs densidad seca muestra 3 - 1.5 m de profundidad

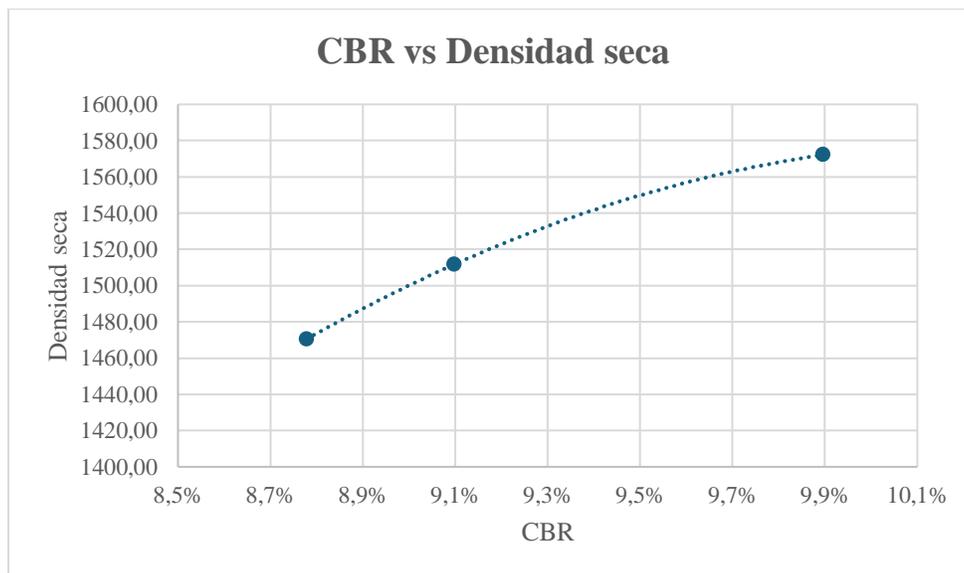


Tabla 2.52
CBR de muestra 3 - 1.5 m de profundidad

| CBR | | | | | | | |
|------------------|----------------|--------------------------------|---------|--------------------------------|---------|--------------------------------|---------|
| Penetración (in) | Carga estándar | Esfuerzo (lb/in ²) | CBR (%) | Esfuerzo (lb/in ²) | CBR (%) | Esfuerzo (lb/in ²) | CBR (%) |
| 0.1 | 1 | 95.77 | 9.6% | 86.19 | 8.6% | 86.19 | 8.6% |
| 0.2 | 1.5 | 153.23 | 10.2% | 143.65 | 9.6% | 134.07 | 8.9% |
| PROMEDIO | | | 9.9% | | 9.1% | | 8.8% |

Tabla 2.53
Densidad máxima seca y CBR corregido muestra 3 - 1.5 m de profundidad

| | | | | | |
|----------------------|---------|---------|---------|-----------------|--------|
| Densidad seca | 1572.10 | 1511.71 | 1470.44 | CBR 100% | 10.04% |
| CBR | 9.9% | 9.1% | 8.8% | CBR 95% | 9.2% |

Figura 2.25
CBR vs Densidad seca muestra 3 - 1.0 m de profundidad

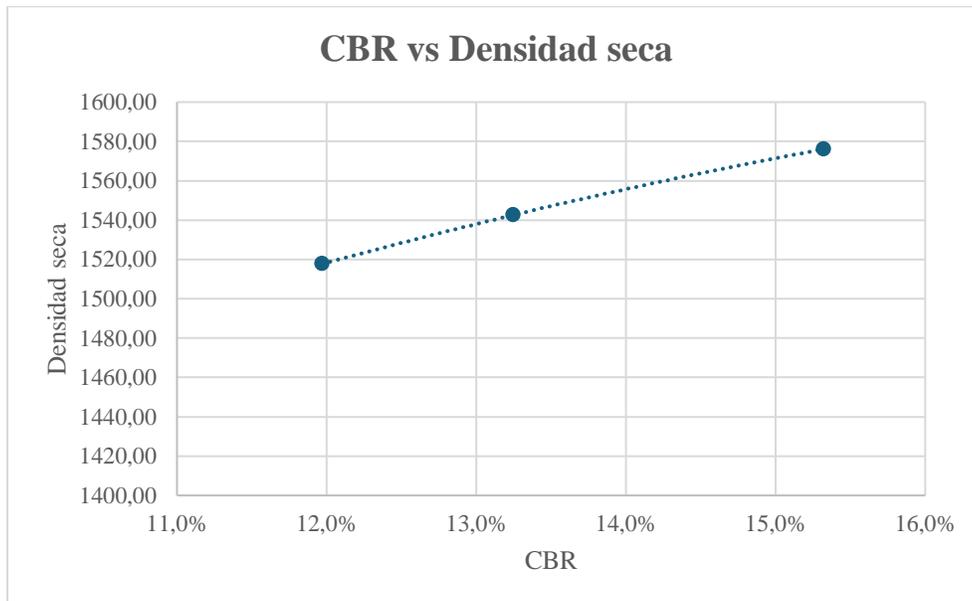


Tabla 2.54
CBR de muestra 3 - 1.0 m de profundidad

| CBR | | | | | | | |
|------------------|----------------|--------------------------------|---------|--------------------------------|---------|--------------------------------|---------|
| Penetración (in) | Carga estándar | Esfuerzo (lb/in ²) | CBR (%) | Esfuerzo (lb/in ²) | CBR (%) | Esfuerzo (lb/in ²) | CBR (%) |
| 0.1 | 1 | 172.38077 | 17.2% | 143.65064 | 14.4% | 124.49722 | 12.4% |
| 0.2 | 1.5 | 201.1109 | 13.4% | 181.95748 | 12.1% | 172.38077 | 11.5% |
| PROMEDIO | | | 15.3% | | 13.2% | | 12.0% |

Tabla 2.55
Densidad máxima seca y CBR muestra 3 - 1.0 m de profundidad

| | | | | | |
|----------------------|---------|---------|---------|-----------------|--------|
| Densidad seca | 1576.06 | 1542.59 | 1517.69 | CBR 100% | 18.85% |
| CBR | 15.3% | 13.2% | 12.0% | CBR 95% | 14.1% |

Figura 2.26
CBR vs Densidad seca muestra 3 - 0.5 m de profundidad

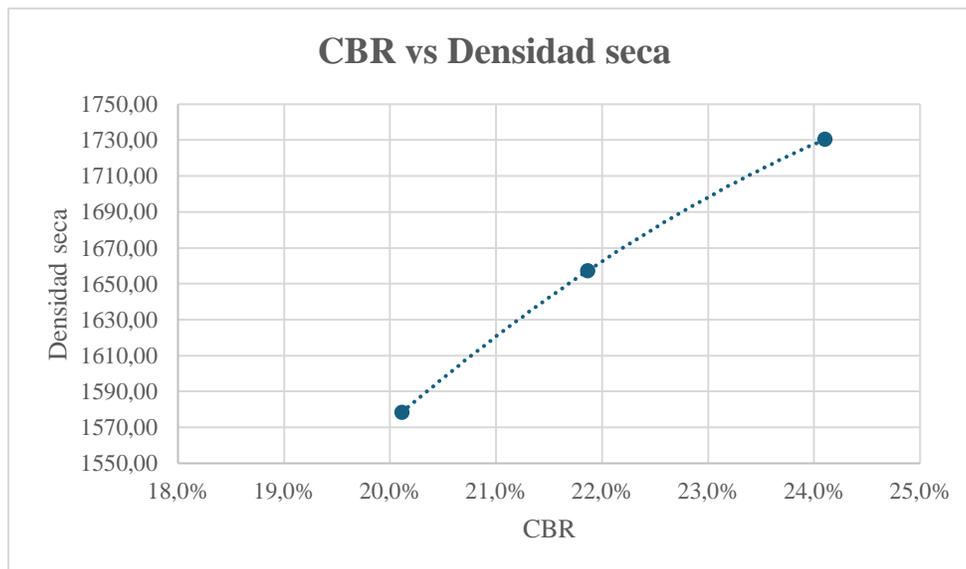


Tabla 2.56
CBR muestra 3 - 0.5 m de profundidad

| CBR | | | | | | | |
|------------------|----------------|--------------------------------|---------|--------------------------------|---------|--------------------------------|---------|
| Penetración (in) | Carga estándar | Esfuerzo (lb/in ²) | CBR (%) | Esfuerzo (lb/in ²) | CBR (%) | Esfuerzo (lb/in ²) | CBR (%) |
| 0.1 | 1 | 258.57 | 25.9% | 258.57 | 25.9% | 229.84 | 23.0% |
| 0.2 | 1.5 | 335.18 | 22.3% | 268.15 | 17.9% | 258.57 | 17.2% |
| PROMEDIO | | | 24.1% | | 21.9% | | 20.1% |

Tabla 2.57
Densidad máxima seca y CBR muestra 3 - 0.5 m de profundidad

| | | | | | |
|----------------------|---------|---------|---------|-----------------|--------|
| Densidad seca | 1730.44 | 1657.27 | 1578.30 | CBR 100% | 26.43% |
| CBR | 24.1% | 21.9% | 20.1% | CBR 95% | 24.0% |

2.4 Análisis de datos

2.4.1 Tráfico futuro

El tráfico futuro es un factor crucial para determinar la clase de carretera que se diseñará, según la normativa vigente presentada en la tabla (2.56), se establece el tipo de carretera.

Tabla 2.58
Clasificación de carretera según el tráfico proyectado

| Clase de carretera | Tráfico proyectado TPDA |
|--------------------|-------------------------|
| R-I - O - R-II | Más de 8000 |
| I | De 3000 a 8000 |
| II | De 1000 a 3000 |
| III | De 300 a 3000 |
| IV | De 100 a 300 |
| V | Menos de 100 |

Nota. Reproducida de Normas de Diseño Geométrico 2003

El tráfico proyectado a 20 años resultó 25576 [vehículos/día], esto indica que se trata de una carretera del tipo R-I o R-II, puesto que supera el umbral de 8000 vehículos por día.

2.4.2 Límites de Atterberg y Granulometría

Según la clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), el suelo se clasifica como MH (Limo elástico con arena), esta clasificación se basa en el porcentaje que pasa el tamiz No. 200, este es mayor al 50% (74.68%), lo que indica que es un suelo de grano fino. Además, el límite líquido es mayor a 50% (52.91%), lo que lo ubica en la categoría de moderada plasticidad, $IP= 13.17$. Por otra parte, la presencia de arena se deduce del 25.35% retenido en el tamiz No. 200.

Según la clasificación AASHTO, el suelo se clasifica como A-7-5, lo cual indica que es un suelo arcilloso, considerado de regular a malo para su uso en subrasante de carreteras, esta clasificación se confirma por los altos porcentajes que pasan los tamices No. 10, 40 y 200, así como por los valores de los límites de Atterberg. El límite líquido (52.91%), sugiere que el suelo tiene una capacidad significativa de retención de agua. Además, el índice de plasticidad de 13.17% indica una plasticidad media, lo que puede resultar en cambios volumétricos moderados con variaciones en el contenido de humedad.

2.4.3 Proctor modificado y CBR (California Bearing Ratio)

Se realizaron calicatas utilizará dos tipos a diferentes valores de abscisas, una a 0+100 m y otra a 0+200 m, ambas a una profundidad de 1.5 m. El contenido óptimo de humedad es de 23.36%, lo cual es consistente con la clasificación del suelo como limo elástico (MH), a su vez, la máxima densidad seca es de 1534 kg/m³, considerándose baja para suelos utilizados en construcción de carreteras, lo que confirma la naturaleza fina y porosa del material. Estos valores indican que el suelo requiere un alto contenido de agua para alcanzar su máxima compactación, lo que puede representar complejidades en la construcción y mantenimiento de la estabilidad a largo plazo.

El valor del CBR al 100% de compactación fue de 6.33%, este se considera CBR pobre a regular para aplicaciones en subrasantes de carreteras y el CBR al 95% de 4.6% aún más bajo, lo que indica una pérdida significativa de capacidad de soporte con una ligera reducción en la compactación, esta clasificación pobre a regular confirma la clasificación AASHTO A-7-5

2.5 Análisis de alternativas

La presencia de socavones en una vía necesita de un rediseño integral que incluye varios enfoques, entre estos se encuentran: la gravedad y extensión del daño, las características geológicas del terreno, el presupuesto disponible, la importancia estratégica de la ruta y las condiciones climáticas locales del proyecto.

2.5.1 Alternativa 1: Mejora del drenaje

La alternativa de mejora del drenaje implica el diseño de un sistema de drenaje superficial, esto incluye alcantarillas y bombeo de la calzada, lo que brinda seguridad vial puesto que disminuye el riesgo de hidropneumático y mejora la visibilidad al eliminar el agua de la superficie. Asimismo, se requiere de un sistema subsuperficial lo que incluye tuberías de drenaje, utilización de geotextiles y pozos de registros; entre sus beneficios, se encuentran el aumento de la estabilidad estructural del pavimento y reducción de riesgos de formación de socavones y hundimientos, además mejora la capacidad portante del suelo.

2.5.2 Alternativa 2: Refuerzo del suelo

La alternativa de refuerzo del suelo implica utilizar técnicas de estabilización química, como lo es la inyección de materiales consolidantes, uso de geotextiles y mallas para aumentar la resistencia del suelo, de esa forma se fortalecerá el suelo y se prevendrá la formación de socavones. Adicional a esto, se requiere de técnicas de compactación profunda como lo es la vibrocompactación.

2.5.3 *Alternativa 3: Rediseño estructural*

La alternativa de rediseño estructural implica la reconstrucción de la base y subbase con materiales de mayor calidad. Además de la implementación de capas anti – erosión como lo son los geotextiles, mantas de control de erosión o geoceldas, con el fin de prevenir o minimizar la erosión del suelo causada por el agua o el viento. Estas capas a menudo se utilizan en conjunto con otros elementos del sistema de drenaje para asegurar un diseño confiable.

2.5.4 *Alternativa 4: Aplicación de drenaje longitudinal*

Construir un drenaje longitudinal a lo largo del borde de la carretera donde se ha abierto un subdrenaje en el canal con piedra de 1 pulgada y así mismo colocar geotextil con geomembrana paralelo al borde de la carretera para combatir el flujo de agua y así no llegue a la estructura del pavimento.

2.5.5 *Alternativa 5: Estabilización suelo cemento en la capa base*

La estabilización de suelo cemento en la capa base mejora de la resistencia, es decir, el suelo cemento aumenta significativamente la resistencia a la compresión y al corte de la capa base. Esto proporciona una mejor distribución de las cargas, reduciendo el estrés en la subrasante potencialmente inestable debido a la falla geológica. Aumenta la rigidez, la capa de suelo-cemento proporciona una plataforma más rígida, esta rigidez ayuda a distribuir las cargas sobre un área más amplia, reduciendo la concentración de esfuerzos en puntos específicos de la falla. Mejora de la durabilidad, el suelo-cemento es más resistente a la erosión y al desgaste que los materiales granulares no tratados. Esto es particularmente importante en zonas con fallas geológicas, donde pueden ocurrir movimientos diferenciales. Ayuda en la reducción de espesores debido a su mayor resistencia, se puede lograr el mismo rendimiento estructural con espesores menores de capa base.

El proceso para seleccionar la solución óptima al problema abarca aspectos técnicos, sociales, económicos y medioambientales, todos relacionados con la zona de intervención. La solución será la que genere menor impacto según la Escala de Likert de la tabla (2.57).

Tabla **2.59**
Escala de Likert

| Totalmente favorable | Parcialmente favorable | Ni favorable ni desfavorable | Parcialmente desfavorable | Muy desfavorable |
|----------------------|------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------|
| 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |

En la tabla (2.58), se presenta la evaluación de las alternativas usando la escala de Likert.

Tabla **2.60**
Evaluación de alternativas de diseño

| Consideraciones | Peso | Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 | Alternativa 4 | Alternativa 5 |
|---|------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Técnicas 30% | | | | | | |
| Tiempo de ejecución | 20% | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Infraestructura adicional | 10% | 3 | 5 | 4 | 3 | 3 |
| Económicas 50% | | | | | | |
| Gasto Capital (CAPEX) | 20% | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Gasto de Operación y mantenimiento (OPEX) | 30% | 4 | 3 | 4 | 5 | 4 |
| Ambientales 10% | | | | | | |
| Emisiones de polvo y gases | 10% | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Sociales 10% | | | | | | |
| Obstrucción de flujo vehicular | 10% | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| TOTAL | | 3 | 3.3 | 3.5 | 3.7 | 3.4 |

Los criterios abordados en las alternativas 3 (Rediseño estructural) y 4 (Sistema de drenaje longitudinal se complementan, en primer lugar, las capas anti – erosión del rediseño estructural se utilizarán en conjunto con el sistema de drenaje longitudinal para asegurar un diseño confiable y eficiente, y segundo, el geotextil con geomembrana del sistema de drenaje se integrará con las capas anti – erosión para maximizar la protección contra la infiltración de agua en la estructura del pavimento. Se concluye que la opción de diseño será una integración de sistemas tanto de la alternativa 3 como la alternativa 4.

CAPÍTULO 3

3.1 Diseño de la estructura de pavimento

3.1.1 Ejes equivalentes

Se puede decir que los ejes equivalentes son el daño causado a la estructura del pavimento por parte del flujo vehicular, que de manera específica son los camiones tipo. Es decir, se considera un camión con una carga típica, este camión posee un eje simple con ruedas duales que soporta 8.2 toneladas (Cordo, 2010).

Por otra parte, se deben considerar muchos aspectos más en su estimación, entre estos se encuentran el tráfico promedio diario anual (TPDA), el porcentaje de vehículos pesados (%CP), el factor de crecimiento (GF), el factor de distribución direccional para camiones (DD), el factor de distribución por carril para camiones (LD) y el factor de camiones (TF)

En el capítulo 2, se establecieron los resultados de la tabla (3.1).

Tabla 3.1
Demanda Potencial

| Livianos | Buses | Pesados | Total |
|-----------------|--------------|----------------|--------------|
| 10705 (75.59%) | 903 (6.38%) | 2553 (18.03%) | 14161 (100%) |

Nota. Reproducido de “Proyecto: Diseño, Financiamiento, Construcción y Mantenimiento del Corredor Vial Montecristi – La Cadena”

Al tomar en cuenta los buses y camiones, se obtuvo un total de 24.41% de vehículos pesados, a su vez, se debe analizar en tasa crecerá durante su periodo de diseño, por lo tanto, se utilizará la tabla (3.2) y ecuación (3.1) para el cálculo del factor de crecimiento (GF).

Tabla 3.2
Tasa de crecimiento y periodo de diseño

| Tasa de crecimiento | Periodo de diseño |
|----------------------------|--------------------------|
| 3% | 20 Años |

$$GF = \frac{(1 + g)^n - 1}{g} \quad \dots (3.1)$$

Donde:

g : tasa de crecimiento

n : periodo de diseño

Por lo tanto, el factor de crecimiento es:

$$GF = \frac{\left(1 + \frac{3}{100}\right)^{20} - 1}{\frac{3}{100}}$$

$$GF = 26.87$$

Además de considerar la cantidad de vehículos y como crece al pasar del tiempo, se evalúa su dirección de flujo, en este caso el factor de direccionalidad (DD) es de 0.5. Por otra parte, se analiza también la distribución por carril, en este caso el factor de distribución por carril (LD) se establece según la tabla (3.3).

Tabla 3.3
Factor de distribución por carril (LD)

| Núm. carriles en cada dirección | % de 18 kips ESALS en carril de diseño |
|---------------------------------|--|
| 1 | 100 |
| 2 | 80 – 100 |
| 3 | 60 – 80 |
| 4 | 50 -75 |

Nota. Reproducido de “Diseño de pavimentos (AASHTO – 93) Y DIPAV – 2”

En este caso son dos carriles en cada dirección, por lo tanto, se utiliza 80% como factor de distribución por carril (LD).

Para la estimación del factor de camiones (TF), se considerará los valores establecidos por MOP – INGEROUTE y la Universidad del Cauca como se presenta en la tabla (3.4)

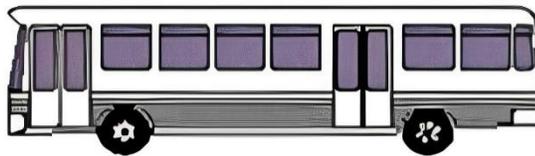
Tabla 3.4
Factor camión según Mopt-Ingeroute y la Universidad del Cauca

| Tipo de vehículo | Factores de equivalencia | |
|------------------|--------------------------|-----------------------------|
| | MOPT – INGEROUTE | Universidad de Cauca (1996) |
| C - 2 pequeño | 1.4 (prom.) | 1.14 |
| C - 2 grande | | 3.44 |
| C - 3 | 2.4 | 3.76 |
| C2 - S1 | | 3.37 |
| C4 | 3.67 | 6.73 |
| C3 - S1 | | 2.22 |
| C2 - S2 | | 3.42 |
| C3 - S2 | 4.67 | 4.4 |
| C3 - S3 | 5 | 4.72 |
| Bus P - 600 | | 0.4 |
| | 0.2 (prom) | |
| Bus P - 900 | | 1 |
| Buseta | | 0.05 |

Nota. Reproducido de “INGENIERÍA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS”, Montejo A, 2002

En este caso se utilizarán dos tipos de vehículos, el Bus tipo P – 600 que se refiere a un tipo de vehículo de transporte público y el camión tipo C – 2 pequeño, como se muestran en las figuras (3.1), (3.2).

Figura 3.1
Bus Tipo P-600



Nota. Reproducido de “Factores camión para diseño de pavimentos flexibles en Costa Rica”, Allen J, 2020

Figura 3.2
Camión Tipo C-2



Nota. Reproducido de “Factores camión para diseño de pavimentos flexibles en Costa Rica”, Allen J, 2020

Los datos anteriores, se utilizan en la ecuación (3.2).

$$TF = \frac{FB * \%B + FC * \%C}{\%B + \%C} \quad \dots (3.2)$$

Donde:

TF: factor de camión ponderado

FB: factor de buses

%B: porcentaje de buses

FC: factor de camión

%C: porcentaje de camión

Por lo tanto, el factor de camión ponderado es:

$$TF = \frac{(0.2 * 6.38\%) + (1.4 * 18.03\%)}{6.38\% + 18.03\%}$$

$$TF = 1.83$$

Una vez obtenidos todos estos factores se procede a reemplazarlos en la ecuación (3.3) para el cálculo de los ESALS

$$ESALS = TPDA * \%CP * GF * DD * LD * TF * 365 \quad \dots (3.3)$$

$$ESALS = 14161 * 24.41\% * 26.87 * 0.5 * 0.8 * 1.83 * 365$$

$$ESALS = 24\ 745\ 970$$

3.1.2 **Confiabilidad**

En el diseño de pavimentos la confiabilidad indica que tan seguro un pavimento cumplirá su función durante todo su tiempo de servicio sin necesidad de reparaciones mayores, se la establecerá con respecto a la tabla (3.4).

Tabla 3.5
Niveles de confiabilidad aconsejados por AASTHO

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

Nota. Reproducido de "Factores camión para diseño de pavimentos flexibles en Costa Rica", Allen J, 2020

El tramo de vía corresponde a una arteria principal del Ecuador, por lo tanto, se escogió un nivel de confiabilidad del 80%, que se encuentra en el rango de confiabilidad recomendada para este tipo de camino. Cabe recalcar que, a mayor nivel de confiabilidad, mayor será el costo en la construcción y mantenimiento. Adicional a esto, si se considera más de una etapa, entonces se utiliza la ecuación (3.4).

$$R_{etapa} = (R_{total})^{1/n} \quad \dots (3.4)$$

Donde:

R_{etapa} : confiabilidad de cada etapa

R_{total} : confiabilidad para toda la vida útil de diseño

n : número de etapas previstas

En este caso solo se considera una etapa, es así como el nivel de confiabilidad es:

$$R_{etapa} = (80)^{1/1}$$

$$R_{etapa} = 80$$

3.1.3 Niveles de servicialidad

Puesto que se trata de un pavimento flexible el valor de servicialidad inicial es $p=4.2$ y para la servicialidad final $pt = 2.5$, su diferencia se expresa como sigue:

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.5$$

$$\Delta PSI = 1.7$$

3.1.4 Módulo resiliente (Mr) y coeficiente estructural (a_i)

Es la medida de rigidez elástica del suelo y varía según lo obtenido en el ensayo de CBR, en la tabla (3.2), se muestran los valores de CBR para la subrasante analizada en la calicata #3.

Tabla 3.6

Valor de CBR para la capa SUBRASANTE

| Capa | CBR % |
|------------|-------|
| Subrasante | 10.04 |

El CBR de la Subrasante es menor al 12%, entonces se utiliza la ecuación (3.5)

$$MR = 1500 * CBR \quad \dots (3.5)$$

Donde:

MR : módulo resiliente en PSI

CBR : valor de CBR

El CBR fue de 10.04 para la subrasante, entonces se obtiene su módulo resiliente.

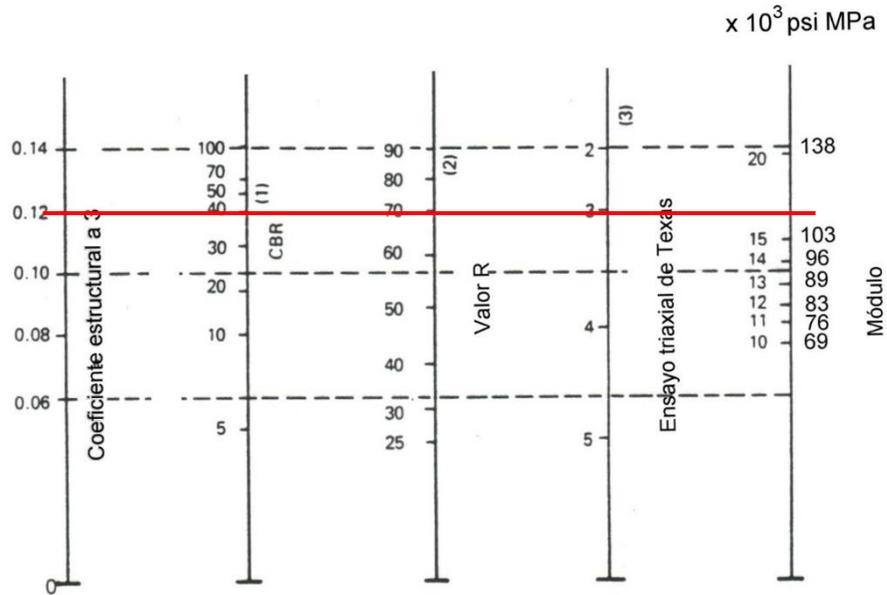
$$MR = 1500 * 10.04$$

$$MR = 15060 [PSI]$$

A partir de este módulo, y los ábacos mostrados en las figuras (3.3) y (3.4), se pueden obtener los módulos resilientes faltantes y coeficientes estructurales, en este caso para la subbase y la base. Según la MOP 2002 para la subbase se estable un CBR igual o mayor a 30%, mientras que para la base granular deberá ser igual o mayor al 80%.

Figura 3.3

Relación entre el coeficiente estructural para subbase granular y distintos parámetros resistentes

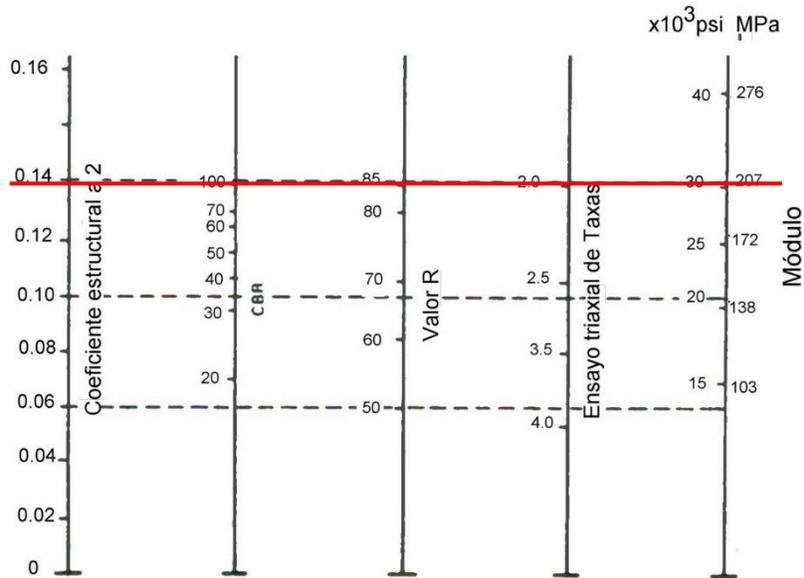


Nota. Reproducido de "Diseño de pavimentos (AASTHO - 93) Y DIPAV - 2"

Se selecciona un CBR de 40%, entonces, el MR = 17000 PSI y $a_1 = 0.12$

Figura 3.4

Relación entre el coeficiente estructural para base granular y distintos parámetros resistentes



Nota. Reproducido de "Diseño de pavimentos (AASTHO - 93) Y DIPAV - 2"

Se selecciona un CBR de 85%, entonces, el MR = 30000 PSI y $a_2 = 0.138$

El módulo resiliente de la carpeta de rodadura se lo considera en base a una temperatura de mezcla de 35 °C y una frecuencia de 6 Hz, por tanto, el módulo resiliente es 582617 PSI y su coeficiente estructural se lo obtiene con la ecuación (3.6) (Franco & Sánchez, 2023).

$$a_1 = 0.184 * \ln(MR) - 1.9547 \quad \dots (3.6)$$

Donde:

a_1 : coeficiente estructural de la carpeta de rodadura

MR : módulo resiliente de la carpeta de rodadura [PSI]

Entonces se obtiene:

$$a_1 = 0.184 * \ln(582617) - 1.9547$$

$$a_1 = 0.488$$

En la tabla (3.7), se presentan los módulos resilientes y coeficientes estructurales de las diferentes capas del pavimento.

Tabla 3.7

Módulo resiliente y coeficiente estructural de las capas del pavimento

| Capa estructural | Módulo resiliente (MR) [PSI] | Coficiente estructural (ai) |
|-------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Asfalto | 582617 | 0.488 |
| Base | 30000 | 0.138 |
| Subbase | 17000 | 0.12 |
| Subrasante | 15060 | |

3.1.5 Resumen de datos para el diseño de la estructura del pavimento

Tabla 3.8

Resumen de datos para diseño de estructura de pavimento según la calicata #3

| | |
|-----------------------|--------------------------|
| CBR Subrasante | 10.04 |
| R | 80 |
| So | 0.45 |
| Pi | 4.2 |
| Pf | 2.5 |
| ESALS | 24,745 x 10 ⁶ |

3.1.6 Número estructural

La estructura del pavimento estará compuesta por subbase, base y carpeta asfáltica cuyas dimensiones se calculan a través del método de diseño de pavimentos flexibles de la AASHTO-93 que se encuentra en el software “Ecuación AASHTO 93”. Se lo realiza de esta manera dado que es un proceso iterativo, se obtuvieron los siguientes números estructurales (SN).

Figura 3.5
Número estructural de la Subbase

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

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'.
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu showing '80 % Zr=-0.841' and a text box for 'So' with the value '0.45'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (4.2) and 'PSI final' (2.5).
- Módulo resiliente de la subrasante:** A text box for 'Mr' with the value '15060 psi'.
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four empty text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (C_d)'.
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular W18'. A text box shows 'W18 = 24745970'.
- Número Estructural:** A text box shows 'SN = 3.86'.

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

Nota. Extraído de software “Ecuación AASHTO 93”

Figura 3.6
Número estructural de la base

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 80 % Zr=-0.841 So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial = 4.2 PSI final = 2.5

Módulo resiliente de la subrasante
 Mr = 17000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos
 Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Módulo de rotura del concreto - S_c (psi) Coeficiente de drenaje - (C_d)

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 =**
 Calcular W18

Número Estructural
SN =

Calcular Salir

Nota. Extraído de software “Ecuación AASHTO 93”

Figura 3.7
Número estructural de la carpeta asfáltica

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 80 % Zr=-0.841 So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial = 4.2 PSI final = 2.5

Módulo resiliente de la subrasante
 Mr = 30000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos
 Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Módulo de rotura del concreto - S_c (psi) Coeficiente de drenaje - (C_d)

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 =**
 Calcular W18

Número Estructural
SN =

Calcular Salir

Nota. Extraído de software “Ecuación AASHTO 93”

3.1.7 Espesores de las capas de pavimento

Los espesores se calcularán a partir de los números y coeficientes estructurales, además, se tendrá de referencia los espesores mínimos recomendados por la ASSTHO – 93, tabla (3.9)

Tabla 3.9
Espesores mínimos de concreto asfáltico y base granular

| Número de ESALs | Concreto asfáltico | Base granular |
|---------------------|--------------------|---------------|
| Menos de 50,000 | 2.5 cm | 10 cm |
| 50,000 - 150,000 | 5.0 cm | 10 cm |
| 150,000 - 500,000 | 6.5 cm | 10 cm |
| 500,000 - 2,000,000 | 7.5 cm | 15 cm |
| 2000000 - 7,000,000 | 9.0 cm | 15 cm |
| Más de 7,000,000 | 10.0 cm | 15 cm |

Nota. Reproducido de “Diseño de pavimentos (AASTHO – 93) Y DIPAV – 2”

Se establecerán los espesores utilizando las ecuaciones (3.7), (3.8) y (3.9).

Capa de rodadura

$$H_1 = \frac{SN_1}{a_1} \quad \dots (3.7)$$

Donde:

H_1 : espesor de la capa de rodadura [*pulg*]

SN_1 : número estructural de la carpeta de rodadura

a_1 : coeficiente estructural de la carpeta de rodadura

Entonces:

$$H_1 = \frac{2.19}{0.488} = 4.48 \approx 4 \text{ [pulg]}$$

Se recalcula el número el estructural, entonces obtiene:

$$SN_{1-efectivo} = H_1 * a_1$$

$$SN_{1-efectivo} = 4 * 0.488 = 1.952$$

Capa Base

$$H_2 = \frac{SN_2 - SN_{1\text{efectivo}}}{a_2 * m_2} \quad \dots (3.8)$$

Donde:

H_2 : espesor de la capa base [*pulg*]

SN_2 : número estructural de la capa base

$SN_{1\text{efectivo}}$: número estructural efectivo de la capa de rodadura

a_2 : coeficiente estructural de la capa base

m_2 : coeficiente de drenaje de la capa base

Entonces:

$$H_2 = \frac{2.73 - 1.952}{0.138 * 0.8} = 7.04 \approx 10 \text{ [pulg]}$$

Se recalcula el número estructural, entonces se obtiene:

$$SN_{2\text{efectivo}} = H_2 * a_2 * m_2 + SN_{1\text{efectivo}}$$

$$SN_{2\text{efectivo}} = 10 * 0.138 * 0.8 + 1.952 = 3.056$$

Capa Subbase

$$H_3 = \frac{SN_3 - SN_{2\text{efectivo}}}{a_3 * m_3} \quad \dots (3.9)$$

Donde:

H_3 : espesor de la capa subbase [*pulg*]

SN_3 : número estructural de la capa subbase

$SN_{2\text{efectivo}}$: número estructural efectivo de la capa base

a_3 : coeficiente estructural de la capa subbase

m_3 : coeficiente de drenaje de la capa subbase

Entonces:

$$H_3 = \frac{3.86 - 3.056}{0.12 * 0.8} = 8.37 \approx 12 \text{ [pulg]}$$

Se recalcula el número estructural, entonces se obtiene:

$$SN_{3-efectivo} = H_3 * a_3 * m_3 + SN_{2-efectivo}$$

$$SN_{3-efectivo} = 12 * 0.12 * 0.8 + 2.748 = 3.9$$

Se compara el número estructural requerido por el software y el número estructural efectivo.

$$SN_{requerido} = 3.86 + 2.73 + 2.19 = 8.78$$

$$SN_{efectivo} = 3.9 + 3.056 + 1.952 = 8.91$$

Entonces:

$$SN_{efectivo} \geq SN_{requerido}$$

$$8.91 \geq 8.78 \text{ OK}$$

A partir de estos cálculos se obtuvo la tabla (3.10).

Tabla 3.10

Espesores finales y número estructural de la estructura de pavimento flexible

| Espesores de la Estructura de pavimentos | Número estructural (SN) | | |
|--|-------------------------|--------------|--------------|
| | | Acumulado | Parcial |
| Carpeta de rodadura | 10 cm | 1.952 | 1.952 |
| Base | 25 cm | 3.056 | 1.104 |
| Subbase | 30 cm | 3.900 | 2.796 |
| Total | 65 cm | 8.908 | 5.852 |

3.2 Diseño de drenaje

3.2.1 Drenaje

Un sistema de drenaje eficiente aumenta la capacidad portante del suelo y disminuye el grosor de las capas que conforman el pavimento, en la tabla se presenta los diferentes coeficientes de drenajes para pavimentos flexibles. Entre los factores por considerarse, se encuentran:

3.2.1.1 Curvas Intensidad Duración Frecuencia (IDF)

Se trabajarán con las ecuaciones de IDF de la estación M069 de la parroquia Julcuy, como se muestra en la tabla (3.2), la tabla presenta datos como: código y nombre de la estación, intervalo de duración de lluvia, ecuaciones Intensidades duración frecuencia (IDF), coeficiente de correlación y coeficiente de determinación. El coeficiente de correlación (R) mide la fuerza y dirección de la relación lineal entre las variables de las ecuaciones IDF, mientras que el coeficiente de determinación (R²) indica que proporción de la variabilidad en los datos es explicada por el modelo.

Tabla 3.11
Intensidad Duración Frecuencia - Estación M0169 Julcuy

| ESTACIÓN | | INTERVALOS DE TIEMPO [minutos] | ECUACIONES | R | R2 |
|----------|--------|--------------------------------------|--|--------|--------|
| CÓDIGO | NOMBRE | | | | |
| M0169 | JULCUY | 5 < 30 | $i = 161.6041 * T^{0.2087} * t^{-0.4192}$ | 0.9841 | 0.9684 |
| | | 30 < 120 | $i = 302.5648 * T^{0.2098} * t^{-0.6122}$ | 0.9906 | 0.9813 |
| | | 120 < 1440 | $i = 1043.3208 * T^{0.2669} * t^{-0.8892}$ | 0.994 | 0.9881 |

Nota. Reproducida de "Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación 2015"

Se utilizará un tiempo de concentración de 10 minutos

Tabla 3.12

Factor de infiltración F_i

| Tipo de Carpeta | F_i |
|---|-------------------------|
| Carpetas asfálticas muy bien conservadas | 0.3 |
| Carpetas asfálticas normalmente conservadas | 0.4 |
| Carpetas asfálticas probablemente conservadas | 0.5 |
| Carpetas de concreto de cemento Portland | 0.67 |

Nota. Reproducido de “Diseño de infraestructura con Geosintéticos – Décima edición”

Tabla 3.13

Factor de retención de la base

| Tipo de Carpeta | FR |
|---|-----------|
| Bases bien gradadas, en servicio 5 años o más | 1/4 |
| Bases bien gradadas, en servicio menos de 5 años | 1/3 |
| Bases de gradación abierta, en servicio 5 años o más | 1/3 |
| Bases de gradación abierta, en servicio menos de 5 años | 1/2 |

Nota. Reproducido de “Diseño de infraestructura con Geosintéticos – Décima edición”

3.2.1.2 Criterios para la selección de geotextil como filtro

Criterio de retención (TAA)

El objetivo de este criterio es garantizar que las aberturas o poros del geotextil sean adecuadamente dimensionados, entonces:

$$TAA < D_{85} * B \quad \dots (3.4)$$

Donde:

TAA : tamaño de abertura aparente [mm]

D_{85} : tamaño de partículas [mm] que corresponde al 85% del suelo que pasa al ser tamizado

B : Coeficiente que varía entre 1 y 3. Depende del tipo de suelo a filtrar, condiciones de flujo y propiedades del geotextil

Tabla 3.14
Coeficiente B

| Tipo de suelo | Criterio | B |
|---|-----------------------------|-------------|
| Arenas (con menos del 50% pasa tamiz #200) | $C_u \leq 2$ o $C_u \geq 8$ | 1 |
| | $2 < C_u \leq 4$ | $0.5 * C_u$ |
| | $4 < C_u \leq 8$ | $8/C_u$ |
| Arcillas y limos | Geotextil tejido | 1 |
| | Geotextil No tejido | 1.8 |
| Arenas mal gradadas | | 1.5 |
| | | - 2 |
| Suelos cohesivos con IP>7% | $TAA < 0.30m$ | |

Nota. Reproducido de "Diseño de infraestructura con Geosintéticos – Décima edición"

Tabla 3.15
Criterio de permeabilidad

| Criterio | Condiciones |
|-------------------------------------|---|
| $k_{geotextil} \geq k_{suelo}$ | Flujo estable o laminar y suelos no disperses con porcentaje de finos no mayores al 50% |
| $k_{geotextil} \geq 10 * k_{suelo}$ | Flujo crítico, correcto desempeño a largo plazo y altos gradientes hidráulicos |

Nota. Reproducido de "Diseño de infraestructura con Geosintéticos – Décima edición"

3.2.1.3 Criterio de colmatación

Este criterio indica que la porosidad debe ser mayor al 50%

Tabla 3.16
Criterio de supervivencia

| Propiedad | Resistencia a la tensión (GRAB) | Resistencia a la costura | Resistencia a la penetración con pistón 50 mm de diámetro | Resistencia al rasgado trapezoidal |
|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------|---|------------------------------------|
| Norma de ensayo | ASTM D4632 | ASTM D4632 | ASTM D6241 | ASTM D4533 |
| Valor mínimo promedio por rollo | 700 N | 630 N | 1375 N | 350 N |

Nota. Reproducido de "Diseño de infraestructura con Geosintéticos – Décima edición"

3.2.1.4 Criterio de permitividad

$$\Psi_{adm} = \frac{\Psi_{ult}}{FR_{SCB} * FR_{CR} * FR_{IN} * FR_{CC} * FR_{BC}}$$

Donde:

Ψ_{adm} : permitividad admisible [s^{-1}].

Ψ_{ult} : permitividad última, entregada por el fabricante [s^{-1}].

FR_{SCB} : factor de reducción por colmatación y taponamiento.

FR_{CR} : factor de reducción por creep o fluencia.

FR_{IN} : factor de reducción por intrusión.

FR_{CC} : factor de reducción por colmatación química.

FR_{BC} : factor de reducción por colmatación biológica

$$\Psi_{req} = \frac{q_w}{\Delta h * H}$$

Donde:

Ψ_{req} : permitividad requerida del Geotextil [s^{-1}].

q_w : caudal por unidad de longitud.

Δh : cabeza hidráulica, que es igual a la altura del subdrenaje.

H : altura del subdrén.

Factor de seguridad global

$$FS_g = \frac{\Psi_{adm}}{\Psi_{req}} > 1$$

Tabla 3.17
Criterio de permitividad

| Área | Colmatación FRSCB | Reducción de vacíos por creep FRCR | Intrusión en los vacíos FRIN | Colmatación química FRCC | Colmatación biológica FRBC |
|--|-------------------|------------------------------------|------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Filtros en el espaldón muros de contención | 2.0 a 4.0 | 1.0 a 2.0 | 1.0 a 1.2 | 1.0 a 2.0 | 1.0 a 1.3 |
| Sistemas de subdrenaje | 2.0 a 10 | 1.0 a 1.5 | 1.0 a 1.2 | 1.2 a 1.5 | 2.0 a 4.0 |
| Filtros de control de erosión | 2.0 a 10 | 1.0 a 1.5 | 1.0 a 1.2 | 1.0 a 1.2 | 2.0 a 4.0 |
| Filtros en rellenos sanitarios | 2.0 a 10 | 1.5 a 2.0 | 1.0 a 1.2 | 1.2 a 1.5 | 2.0 a 5.0 |
| Drenaje por gravedad | 2.0 a 4.0 | 2.0 a 3.0 | 1.0 a 1.2 | 1.2 a 1.5 | 1.2 a 1.5 |
| Drenaje a presión | 2.0 a 3.0 | 2.0 a 3.0 | 1.0 a 1.2 | 1.1 a 1.3 | 1.1 a 1.3 |

Nota. Reproducido de "Diseño de infraestructura con Geosintéticos – Décima edición"

3.2.1.5 Subdren

Se considerará un tiempo de concentración de 10 minutos y un periodo de diseño de 25 años, entonces:

$$i = 161.6041 * T^{0.2087} * t^{-0.4192}$$

Donde:

i : Precipitación máxima de frecuencia anual, registrada en la zona del proyecto [mm/h]

T : periodo de diseño [años]

t : tiempo de concentración

$$i = 161.6041 * (25)^{0.2087} * (10)^{-0.4192}$$

$$i = 120.5043 \text{ [mm/h]}$$

El dimensionamiento del subdren se lo realizará en el software Geosoft, aquí se insertarán las variables antes determinadas. El dimensionamiento del subdren se realizará utilizando el software especializado Geosoft. Este proceso implica la recopilación y organización de todas las variables previamente determinadas, incluyendo: precipitación máxima horaria, ancho de la semibanca, longitud del tramo del drenaje, pendiente del terreno del 5.6%, características del suelo y condiciones hidrogeológicas locales.

Figura 3.8
Ingreso de parámetros de diseño para drenaje

Geosoft - Subdren1.pvo4

Geosoft® | Sistemas de subdrenaje en vías

Parámetros Caudal | Selección Diseño | **Parámetros Diseño** | Resultados | Reporte

Caudal por infiltración

Precipitación máxima horaria de frecuencia anual I_R 120.5043 mm/h

Ancho de la semibanca de la vía B 20.0 m

Longitud del tramo de drenaje L 300.0 m

Factor de infiltración F_i 0.4 Carpetas asfálticas normalmente c...

Factor de retención de la base F_r 0.333 Bases bien gradadas, en servicio m...

Caudal por infiltración 26.78 l/s

Suelo de sitio Arenas limosas

Caudal por abatimiento de nivel freático

Estimar aporte por abatimiento No estimar aporte por abatimiento

Permeabilidad del suelo en contacto con el subdrén K 2.5E-5 m/s

Cota inferior del subdrén N_d 1.7 m

Cota superior del nivel freático N_f 1.5 m

Caudal por abatimiento de nivel freático 0.03 l/s

Caudal de diseño

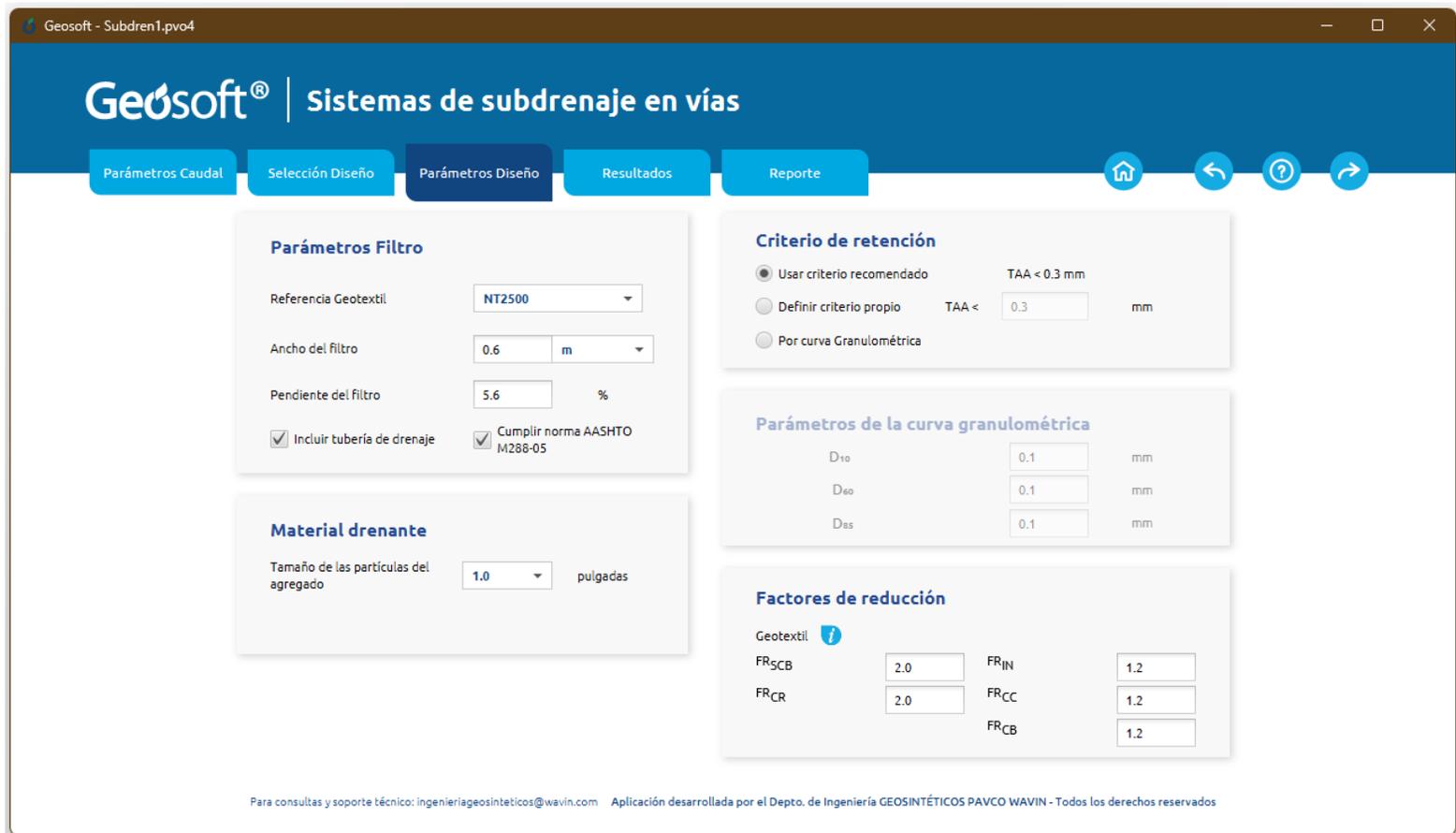
$Q_{total} = 26.78 + 0.03 = 26.81$ l/s

Para consultas y soporte técnico: ingenieriageosinteticos@wavin.com Aplicación desarrollada por el Depto. de Ingeniería GEOSINTÉTICOS PAVCO WAVIN - Todos los derechos reservados

Nota. Extraído de software “Geosoft”, apartado sistema de subdrenaje en vías

En la figura (3.9), se muestran los parámetros del filtro que se introdujo para el diseño, empezando por el ancho fue de 0.6 m. que tendrá el subdren, una pendiente del 5.6% y el geotextil de referencia, el NT2500, este modelo permite la AASTHO M288-05, el tamaño de 1 pulgada de agregado y los parámetros de reducción analizados en la tabla (3.17)

Figura 3.9
Selección de parámetros del filtro



Nota. Extraído de software “Geosoft”, apartado sistema de subdrenaje en vías

En la figura (3.10), se observan los resultados del software, como el diámetro final de tubería, en este caso 160 mm y las verificaciones de los criterios de supervivencia del geotextil propuesto (NT2500).

Figura 3.10
Resultados del diseño del subdren

The screenshot shows the 'Geosoft - Subdren1.pvo4' application window. The main title is 'Geosoft® | Sistemas de subdrenaje en vías'. The navigation menu includes 'Parámetros Caudal', 'Selección Diseño', 'Parámetros Diseño', 'Resultados', and 'Reporte'. The 'Resultados' panel is active, displaying the following information:

Tubería de drenaje

- Caudal que es capaz de transportar la tubería: 27,91 l/s
- Diámetro de tubería recomendado: 160 mm

Criterio de retención

- TAA < 0,3 mm
- Observación: El geotextil es adecuado

Criterio de Supervivencia

| Norma de Ensayo | Propiedad | Geotextil | Observación |
|--|-------------|-----------|-------------|
| Resistencia a la tensión Grab | ASTM D 4632 | NT2500 | CUMPLE |
| Resistencia a la penetración con pistón de 50 mm | ADTM D 4533 | NT2500 | CUMPLE |
| Resistencia al rasgado traapezoidal | ADTM D 6241 | NT2500 | CUMPLE |

Observación: El geotextil es adecuado

Evaluación según la permitividad del sistema

- FS_g: 0,245949074
- Observación: Permitividad adecuada

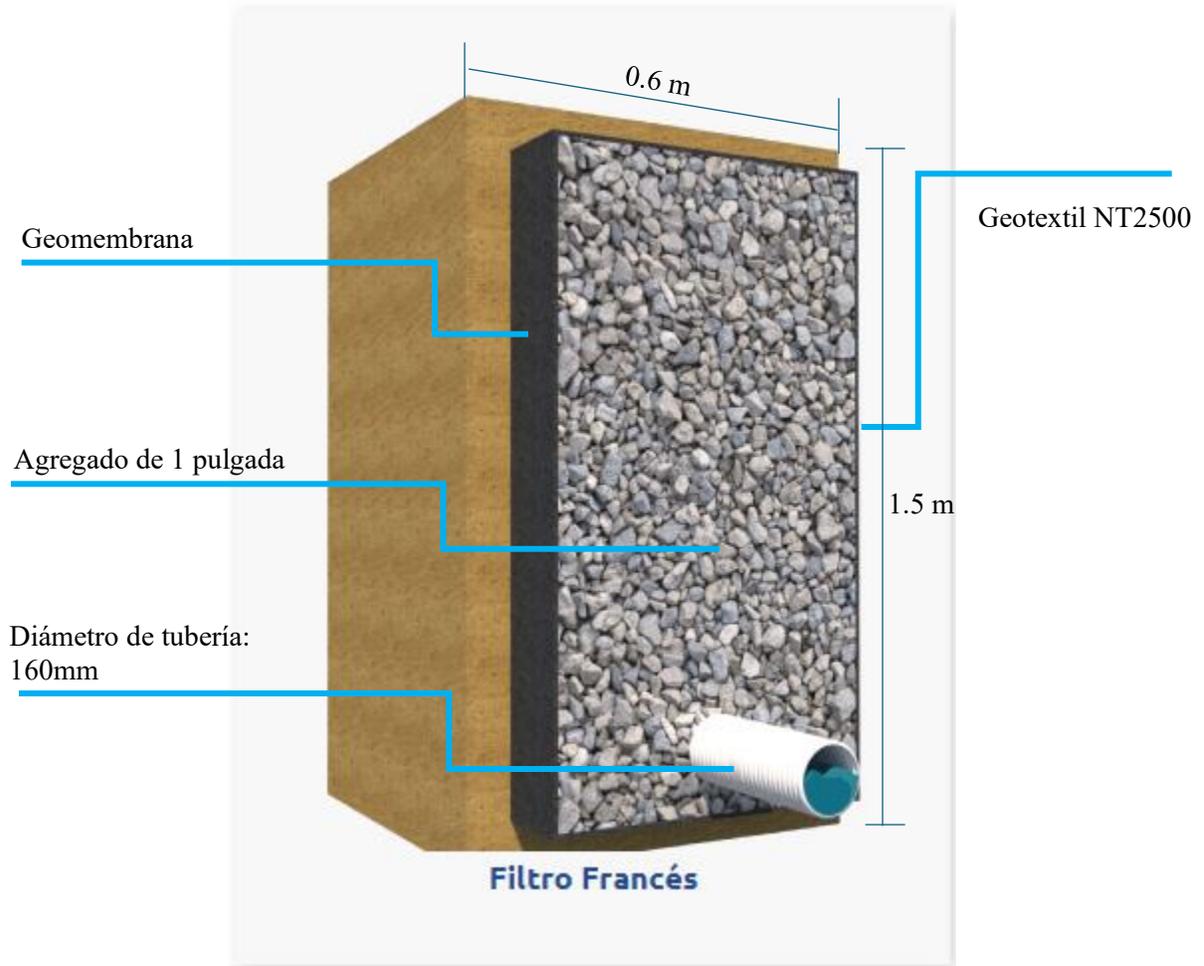
Criterio de permeabilidad $K_g > K_s$

- Observación: Permeabilidad adecuada

Footer: Para consultas y soporte técnico: ingenieriageosinteticos@wavin.com Aplicación desarrollada por el Depto. de Ingeniería GEOSINTÉTICOS PAVCO WAVIN - Todos los derechos reservados

Nota. Extraído de software "Geosoft", apartado sistema de subdrenaje en vías

Figura 3.11
Características del Subdren



Nota. Extraído de software "Geosoft", apartado sistema de subdrenaje en vías

3.3 Diseño de Señalización

3.3.1 *Diseño*

Se considerará el siguiente diseño a realizar con estas soluciones:

- Señalización Vertical.
- Señalización horizontal.

3.3.2 *Señalización Vertical.*

La señalización vial es esencial para garantizar la seguridad y el confort de todos los usuarios de la vía. Estas señales son fundamentales para mantener un flujo de tráfico seguro y organizado, tanto para peatones como para vehículos. Proporcionan instrucciones que deben seguirse estrictamente, alertan sobre posibles peligros y ofrecen información clave sobre rutas, direcciones, destinos y puntos de interés. Cada señal está diseñada para comunicar su mensaje a través de una combinación específica de forma, color y contenido, utilizando leyendas, símbolos o una mezcla de ambos. (RTE INEN 004-1, 2011).

3.3.2.1 Velocidad de diseño.

La velocidad de diseño es fundamental en la planificación de carreteras, ya que determina las características geométricas y operativas de la vía. Esta velocidad impacta en aspectos como la pendiente, la curvatura y otros factores esenciales para la seguridad y eficiencia del tráfico. Un diseño que se ajuste a la velocidad prevista asegura una conducción segura y fluida, minimizando riesgos y optimizando la capacidad de la carretera.

La velocidad de diseño se estableció de acuerdo con la normativa de diseño geométrico de carreteras, eligiendo una velocidad absoluta de 100 km/h para una carretera tipo II en un terreno llano.

Tabla 3.18

Velocidades de diseño

| Clase | Recomendada | | | Absoluta | | |
|-------|-------------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
| | Llano | Ondulado | Montañoso | Llano | Ondulado | Montañoso |
| I | 110 | 100 | 80 | 100 | 80 | 60 |
| II | 100 | 90 | 70 | 90 | 80 | 50 |
| III | 90 | 80 | 60 | 80 | 60 | 40 |
| IV | 80 | 60 | 50 | 60 | 35 | 25 |
| V | 60 | 50 | 40 | 50 | 35 | 25 |

Nota: Norma de Diseño geométrico de carreteras, 2023

3.3.2.2 Velocidad de diseño.

La velocidad de circulación representa la velocidad efectiva de un vehículo al transitar por un tramo de carretera. Se determina al dividir la distancia recorrida entre el tiempo empleado en el trayecto. Esta métrica es un indicador clave de la calidad del servicio que la vía proporciona a los usuarios, y puede variar en función de los diferentes volúmenes de tráfico.

Tabla 3.19

Velocidades de circulación

| Velocidad de diseño | Velocidad de circulación en km/h | | |
|---------------------|----------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | Volumen de tránsito bajo | Volumen de tránsito medio | Volumen de tránsito alto |
| 25 | 24 | 24 | 22 |
| 30 | 28 | 27 | 26 |
| 40 | 37 | 35 | 34 |
| 50 | 46 | 44 | 42 |
| 60 | 55 | 51 | 48 |
| 70 | 63 | 59 | 53 |
| 80 | 71 | 66 | 57 |
| 90 | 79 | 73 | 59 |
| 100 | 86 | 79 | 60 |
| 110 | 92 | 85 | 61 |

Nota: Norma de Diseño geométrico de carreteras, 2023

La velocidad de circulación se determinó conforme a la normativa de diseño geométrico de carreteras, estableciendo una velocidad de diseño de 100 km/h para un

volumen de tránsito medio. En consecuencia, se fijó la velocidad de circulación V_c en 60 km/h.

3.3.2.3 Señalización Vertical de circulación.

La señalización vertical es esencial para la organización y seguridad del tráfico. Este tipo de señalización, que incluye paneles, señales y otros dispositivos colocados estratégicamente a lo largo de las vías, proporciona información, orientación y advertencias tanto a conductores como a peatones. Las señales verticales cumplen funciones importantes, como indicar límites de velocidad, marcar intersecciones, advertir sobre peligros potenciales y guiar a los usuarios de la vía. Su correcta instalación y mantenimiento son vitales para asegurar un flujo de tráfico seguro y eficiente.

Según el Manual de Señalización Vertical del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, la implementación de señales de límite de velocidad debe ser coherente y adecuada a las características de la vía, lo que permite a los conductores identificar claramente la velocidad máxima permitida. Junto con una señalización horizontal adecuada, como tachas reflectivas, esto ayuda a los usuarios a ajustar su velocidad a las condiciones de la carretera, reduciendo así el riesgo de accidentes. El mantenimiento y la actualización constante de la señalización vertical son fundamentales para garantizar su eficacia en el control de la velocidad y la seguridad en las vías (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2023).

3.3.2.4 Reduzca la velocidad.

Esta señal debe emplearse en lugares donde la velocidad de aproximación es elevada y se necesita reducir la velocidad de circulación debido a una posible detención más adelante, tal como se indica en la tabla 3.20.

Tabla 3.20

Dimensiones de simbología – Reduzca la velocidad

| Simbología | Código No. | Dimensiones (mm) |
|---|------------|------------------|
|  | R4 – 4A | 750 x 600 |
| | R4 – 4B | 900 x 1200 |
| | R4 – 4C | 1500 x 1200 |

R4-4

RTE INEN, 2012

3.3.3 Señalización Horizontal.

La señalización horizontal desempeña un papel fundamental en la seguridad y eficiencia de las carreteras. La aplicación de marcas como líneas, símbolos y letras sobre pavimentos rígidos o flexibles ayuda a guiar y regular el comportamiento de conductores y peatones. Una correcta implementación de estas señales mejora la organización del tráfico, disminuye la probabilidad de accidentes y facilita un flujo vehicular más fluido. Además, las tachas reflectivas y otras marcas especiales aumentan la visibilidad durante la noche y en condiciones adversas, proporcionando una guía clara y confiable.

3.3.3.1 Reductores de velocidad (Resaltos o Tachas).

Las pequeñas elevaciones en el pavimento, como las tachas reflectivas, son efectivas para reducir la velocidad de los vehículos, especialmente en tramos de carretera con curvas pronunciadas. Estas elevaciones obligan a los conductores a disminuir la velocidad al pasar sobre

ellas, lo que incrementa la seguridad en zonas de alto riesgo. Diversos estudios han demostrado que la instalación de tachas en curvas reduce significativamente la velocidad media de los vehículos, lo que disminuye el riesgo de descarrilamientos y colisiones por exceso de velocidad. El Ministerio de Transporte y Obras Públicas ha informado que la instalación continua de tachas reflectivas en tramos con curvas cerradas ayuda a moderar la velocidad de los conductores y a mejorar la seguridad en estos puntos críticos de la carretera. Estas medidas de señalización horizontal son esenciales para prevenir accidentes y reducir la mortalidad en carreteras con curvas peligrosas (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2024).

La norma RTE INEN 004, en su sección 5.8.9, proporciona recomendaciones técnicas para diversos tipos de reductores de velocidad, incluidas las siguientes para los resaltos:

- La distancia entre reductores debe ser mayor de 20 metros y menor de 100 metros; en este caso, se opta por una separación de 20 metros entre cada sección de reductores de velocidad.

- El ancho de los resaltos o reductores de velocidad debe estar entre 3.50 metros y 3.80 metros, adoptándose un ancho de 3.80 metros para cada sección.

- En zonas urbanas, la distancia de visibilidad de un reductor debe ser máximo de 100 metros.

- Los reductores deben construirse a lo largo de todo el ancho de la calzada, dejando espacio para las cunetas de drenaje.

- En vías sin bordillo, su construcción es necesaria.

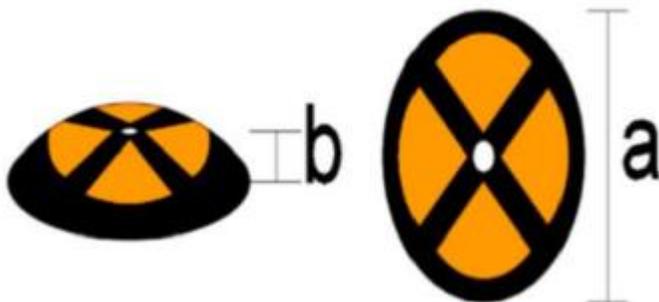
- Siempre que sea posible, no deben instalarse en vías principales que conectan con paraderos de buses.

- Es obligatorio cumplir con las especificaciones de señalización de aproximación a un reductor de velocidad, tal como establece la RTE INEN 004, numeral 5.8.9.1, literal b, o como se muestra en la figura 23.

Figura 3.12
Reductores de velocidad tipo disco



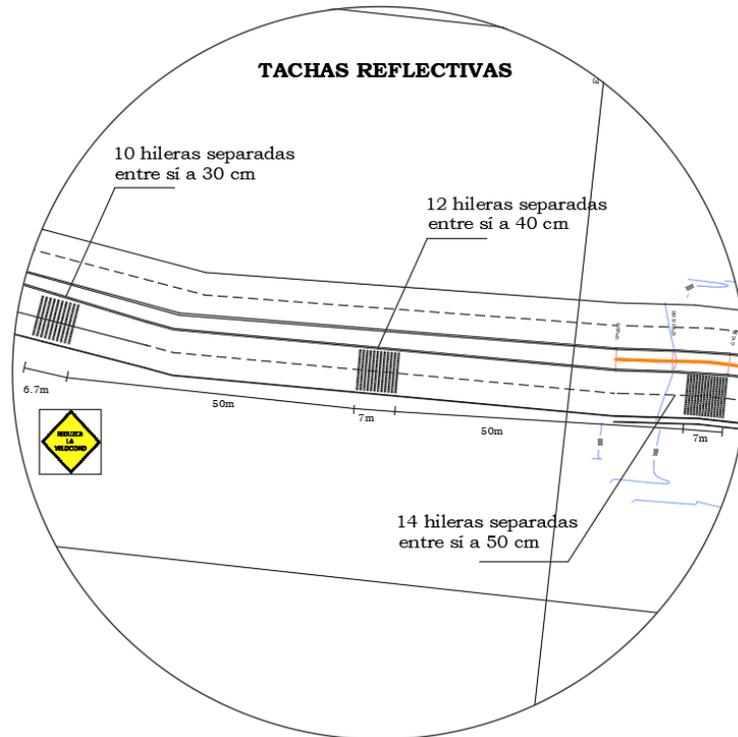
Figura 3.13
Dimensiones de los reductores de velocidad tipo disco



Reductores de Velocidad Tipo Disco:

- Cotas a(mm): 220
- Cotas b(mm): 40

Figura 3.14
Especificaciones de reductor de velocidad



Cálculo del número de reductores de velocidad tipo disco se utilizarán por hileras:

Donde:

Separación entre discos: 18 cm

Cota b del disco: 22 cm

Ancho de carretera: 7.20 m

TAA: tamaño de abertura aparente

$$\#Discos = \frac{7.2m}{(0.22 + 0.18)m} = 18 \text{ discos}$$

Cálculo del número de hileras que se utilizaran en cada sección de reductores de velocidad:

Ancho de sección de reductores de velocidad: 7.20m

Sección 1 separación entre hileras: 50 cm

$$\#hileras = \frac{7.2m}{(0.22 + 0.50)m} = 10 \text{ hileras}$$

Sección 2 separación entre hileras: 40 cm

$$\#hileras = \frac{7.2m}{(0.22 + 0.4)m} = 11.61 \text{ hileras} \approx 12 \text{ hileras}$$

Sección 3 separación entre hileras: 30 cm

$$\#hileras = \frac{7.2m}{(0.22 + 0.30)m} = 13.84 \text{ hileras} \approx 14 \text{ hileras}$$

Se instalarán reductores tipo disco en filas horizontales, con una separación de 18 cm entre cada disco, dado que el ancho de la carretera en estudio es de 7.20 metros. Se colocarán 10 filas con una distancia de 50 cm entre cada una, y cada fila horizontal contará con 18 discos, formando así la primera sección de reducción de velocidad.

La segunda sección de reductores de velocidad se ubicará a 50 metros de la primera, conforme a lo establecido por la normativa RTE INEN 004 - Reglamento Técnico Ecuatoriano. En esta sección, la separación entre filas se reducirá a 40 cm, permitiendo la instalación de 12 filas horizontales, cada una con 18 discos.

En la tercera sección, se mantendrá la distancia de 50 metros entre secciones. La separación entre filas horizontales se reducirá a 30 cm, lo que permitirá la instalación de 14 filas de discos reductores de velocidad. Este esquema se implementará como método de reducción de velocidad antes de atravesar el tramo con problema de socavación.

CAPÍTULO 4

4.1 Descripción del proyecto

Este estudio de impacto ambiental se enfoca en la detección y medición de los cambios que el rediseño del tramo de la carretera podría causar en la vía Jipijapa – Cascol km 75. Se determinó que la mejor opción como alternativa de diseño sea la combinación de las alternativas 1, 3 y 4 como se muestra en la tabla (4.1).

Tabla 4.1
Alternativas de diseño

| Alternativa 1 | Alternativa 3 | Alternativa 4 |
|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Mejora del drenaje | Rediseño estructural | Aplicación de drenaje longitudinal |

Estas alternativas seleccionadas para el rediseño del tramo de carretera afectado constituyen un modelo integral de solución, puesto que combina aspectos estructurales, geológicos, geotécnicos e hidráulicos como el uso de materiales de alta calidad y el drenaje longitudinal; esta combinación estratégica de mejoras proporciona una solución temporal, mientras se realizan estudios más profundos que abarquen soluciones hidráulicas y topográficas, incluyendo el análisis del río las Cañitas.

4.2 Línea base ambiental

Todo tipo de intervención civil impacta su entorno y ecosistemas circundantes, por ende, es importante identificar y evaluar si estos impactos son positivos o negativos desde las etapas iniciales de planeación y diseño. Este enfoque permite desarrollar estrategias tempranas de mitigación y planes de monitoreo continuo a medida que la obra avanza.

4.2.1 Medio físico

El aire en la región Costa es cálido y su humedad es variable a lo largo del año, la calidad del aire es susceptible a cambios con presencia de ruido y vibraciones de las diferentes maquinarias involucradas en las soluciones de obra civil (Ordoñez, 2018).

En algunas zonas de la provincia de Manabí hay presencia de suelos arcillosos, arenosos y limosos. Los suelos del tipo arcilloso presentan baja permeabilidad, alta cohesión, y baja susceptibilidad a la erosión; los suelos arenosos poseen alta permeabilidad, baja o nula cohesión y alta susceptibilidad a la licuefacción; por otro lado, los suelos limosos poseen los comportamientos anteriores, pero en un término medio (Chunga, 2017).

4.2.2 Medio biótico

A lo largo de la carretera se pueden presenciar flora característica como ceibos, cactáceas, arbustos, entre otros, en cuanto a la fauna observable, se encuentran palomas tierreras, tortolitas, ardillas, iguanas, entre otros (Rosete et al., 2019).

4.2.3 Medio socioeconómico

En cuanto a la población, predominan las comunidades rurales, entre sus principales actividades económicas se encuentra la agricultura, ganadería, producción de café y artesanías en tagua y paja toquilla (Orlando et al., 2023).

4.3 Actividades del proyecto

Las actividades que podrían causar impacto se presentan en la tabla (4.2), cuyo formato fue adaptado del Libro Evaluación de impacto ambiental de (Garmendia et al., 2005)

Tabla 4.2
Actividades susceptibles a factores ambientales

| Labor | Actividades | Factor |
|--------------------|---|---------------------|
| Obras preliminares | Construcción de bodega, oficina y vestidores de obreros provisional | Seguridad Empleo |
| | Instalación eléctrica provisional | Seguridad Empleo |
| | Instalación agua potable provisional | Seguridad Empleo |
| | Instalación sanitaria provisional | Seguridad Empleo |
| | Excavación del terreno | Ruido y vibraciones |

| | | |
|----------------------|--|---|
| Movimiento de tierra | | Fisiografía / Geomorfología Seguridad |
| | Nivelación y mejoramiento de la subrasante | Ruido y vibraciones Fisiografía / Geomorfología Seguridad |
| | Desalojo de material | Ruido y vibraciones Seguridad |
| Obras estructurales | Colocación de material pétreo (capa de rodadura) | Ruido y vibraciones Fisiografía / Geomorfología Seguridad |
| | Excavación para cunetas y drenaje longitudinal | Ruido y vibraciones Seguridad |

4.4 Identificación de impactos ambientales

Existen diferentes formas de identificar los impactos ambientales que generan las actividades en una obra, en este caso, se utilizará la técnica de lista de revisión como se muestra en la tabla (4.3)

Tabla 4.3
Lista de revisión de impactos ambientales

| Elemento | Factor | Carácter | | | Duración | | Espacio | | Recuperable | Irrecuperable | Juicio |
|----------|--|-----------|---------|----------|----------|------------|---------|---------|-------------|---------------|----------------|
| | | Beneficio | Neutral | Negativo | Temporal | Permanente | Local | Extenso | | | |
| Aire | Calidad del aire | | | X | x | | x | | x | | No significado |
| | Ruidos y vibraciones | | | X | x | | x | | x | | Compatible |
| Suelo | Fisiografía/Geomorfología | | | X | | x | x | | x | | Moderado |
| | Calidad del suelo | x | | | | x | x | | x | | Moderado |
| | Capacidad de uso | | | X | x | | x | | x | | Compatible |
| Agua | Calidad del agua superficial | | X | | | | | | | | No significado |
| | Calidad de agua subterránea | | X | | | | | | | | No significado |
| | Disminución del recurso hídrico | | X | | | | | | | | No significado |
| Flora | Diversidad y abundancia de especies | | X | | | | | | | | No significado |
| | Alteración de hábitat de especies silvestres | | X | | | | | | | | No significado |
| | Especies protegidas y en peligro | | X | | | | | | | | No significado |

| | | | | | | | |
|-----------------------|--|---|---|---|---|---|----------------|
| Fauna | Diversidad y abundancia de especies | X | | | | | No significado |
| | Especies terrestres y avifauna | X | | | | | No significado |
| | Especies protegidas y en peligro | X | | | | | No significado |
| Social | Incremento del índice demográfico | x | | x | x | x | Moderado |
| | Educación | x | | x | | x | Moderado |
| | Salud | x | | x | x | x | Moderado |
| | Seguridad | x | | x | x | x | Moderado |
| | Modo de vida | x | x | | x | x | No significado |
| Económico | Generación de empleo | x | | x | x | x | Severo |
| | Cambio en el valor de la tierra por el cambio en la capacidad en el uso de suelo | | X | x | | x | No significado |
| | Incremento de impuestos a favor de la municipalidad | | X | x | | x | No significado |
| Interés humano | Estético/Paisajístico | | X | | x | x | Compatible |
| | Arqueológico/histórico | | X | x | | x | No significado |

4.5 Valoración de impactos ambientales

Se empleará la matriz de impacto ambiental para valorar el impacto ambiental. Esta metodología utiliza la ecuación (4.1), para asignar un valor de importancia.

$$I = \pm[3i + 2Ex + Mo + Pe + Rv + Si + Ac + Ef + Pr + Mc] \quad \dots (4.1)$$

Donde:

\pm : Naturaleza del impacto

I : Importancia del impacto

i : Intensidad probable de destrucción

Ex : Extensión de influencia del impacto

Mo : Momento entre la acción y la aparición del impacto

Pe : Permanencia del efecto provocado por el impacto

Rv : Reversibilidad

Si: Sinergia de dos o más efectos simples

Ac: Acumulación de incremento progresivo

Ef: Efecto directo o indirecto

Pr: Periodicidad

Mc: Capacidad de restauración mediante intervención humana

Cada variable establecida posee un valor numérico que se presenta en la tabla ().

Tabla 4.4

Valores numéricos de variables de la ecuación de importancia

| Signo | | Intensidad | |
|-----------------------------|----|----------------------------|----|
| Beneficioso | + | Baja | 1 |
| Perjudicial | - | Total | 12 |
| Extensión (Ex) | | Momento (Mo) | |
| Puntual | 1 | Largo plazo | 1 |
| Parcial | 2 | Medio plazo | 2 |
| Extenso | 4 | Inmediato | 4 |
| Total | 8 | Crítico | 8 |
| Crítica | 12 | | |
| Persistencia (Pe) | | Reversibilidad (Rv) | |
| Fugaz | 1 | Corto plazo | 1 |
| Temporal | 2 | Medio plazo | 2 |
| Permanente | 4 | Irreversible | 4 |
| Efecto (Ef) | | Acumulación (Ac) | |
| Indirecto | 1 | Simple | 1 |
| Directo | 4 | Acumulativo | 4 |
| Sinergia (Si) | | Periodicidad (Pr) | |
| Sin sinergismo | 1 | Irregular | 1 |
| Sinérgico | 2 | Periódico | 2 |
| Muy sinérgico | 4 | Continuo | 4 |
| Recuperabilidad (Mc) | | | |
| Recuperación Inmediata | | 1 | |
| Recuperable | | 2 | |
| Mitigable | | 4 | |
| Irrecuperable | | 8 | |

Nota. Reproducida de Evaluación de Impacto Ambiental, de (Garmendia et al., 2005)

Además de conocer estos valores, se requiere de una escala que indique si la afectación de la importancia es baja o alta, para esto se utilizarán los valores de la tabla (4.5).

Tabla 4.5
Rango de valores de importancia

| Valor I (13 y 100) | Calificación | Significado |
|--------------------|--------------|--|
| I<25 | Bajo | La afectación del mismo es irrelevante en comparación con los fines y objetivos del proyecto en cuestión. |
| 25<=I<50 | Moderado | La afectación del mismo no precisa prácticas correctoras o protectoras intensivas. |
| 50<=I<75 | Severo | La afectación de este exige la recuperación de las condiciones del medio a través de medidas correctoras o protectoras. El tiempo de recuperación necesario es en un periodo prolongado. |
| I>=75 | Crítico | La afectación del mismo es superior al umbral aceptable. Se produce una pérdida permanente de la calidad en las condiciones ambientales. No hay posibilidad de recuperación alguna. |

Nota. Reproducida de *Evaluación de Impacto Ambiental*, de (Garmendia et al., 2005)

A continuación, se reemplazan todos los valores y se genera la tabla (4.6)

Tabla 4.6
Valoración de impacto ambiental

| Medio | Elemento | Factor | Sig no | Intensi dad | Extens ión (Ex) | Mome nto (Mo) | Persiste ncia (Pe) | Reversibili dad (Rv) | Siner gia (Si) | Acumula ción (Ac) | Recuperabili dad (Mc) | Perioci dad (Pr) |
|-------------------------|----------------|-------------------------------|-----------|----------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|------------------------|
| Físico | Aire | Ruidos y vibraciones | - | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Suelo | Fisiografía/ Geomorfología | - | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | Capacidad de uso | - | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Socio- económ ico | Social | Educación | + | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| | | Salud | + | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | Seguridad | + | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| | Económico | Generación de empleo | + | 7 | 8 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| | Interés humano | Estético/ paisajístico | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Tabla 4.7
Valoración de la importancia del impacto ambiental

| Elemento | Factor | Importancia | Clasificación |
|-----------------|---------------------------|--------------------|----------------------|
| Aire | Ruidos y vibraciones | -13 | Bajo |
| Suelo | Fisiografía/Geomorfología | -19 | Bajo |
| | Capacidad de uso | -22 | Bajo |
| Social | Educación | +25 | Moderado |
| | Salud | +19 | Bajo |
| | Seguridad | +43 | Moderado |
| Económico | Generación de empleo | +56 | Severo |
| Interés humano | Estético/paisajístico | -12 | Bajo |

La tabla (4.7) presenta la magnitud del impacto generado por las actividades de rediseño de la carretera. Se debe resaltar que:

1. Las acciones con una importancia positiva indican un impacto beneficioso de la obra.
2. Las acciones con una importancia negativa señalan un impacto contrario.

Se observa que los aspectos positivos predominan sobre los negativos, entre los impactos positivos significativos se encuentran la seguridad, la mejora de las condiciones del tramo de carretera permitirá una conducción más segura, a su vez, el empleo impacta directamente en la generación de oportunidades laborales.

Los impactos negativos se clasifican como de baja intensidad como los ruidos y vibraciones puesto que son temporales, limitados a la duración de la obra. Asimismo, el impacto en la fisiografía del suelo se considera mínimo, dado que el terreno ya ha sido previamente intervenido para la carretera existente.

4.6 Medidas de prevención y/o mitigación

Ruidos y vibraciones

Para mitigar y controlar el impacto acústico generado por las maquinarias, estas cumplirán con los estándares de emisión sonora, además, se realizarán mantenimientos periódicos para un funcionamiento óptimo.

Fisiografía/geomorfología

Para controlar el impacto fisiológico, se establecerá un programa de inspecciones periódicas de los sistemas de drenaje, además de la implementación de programas de educación ambiental para las comunidades locales.

Transporte de escombros

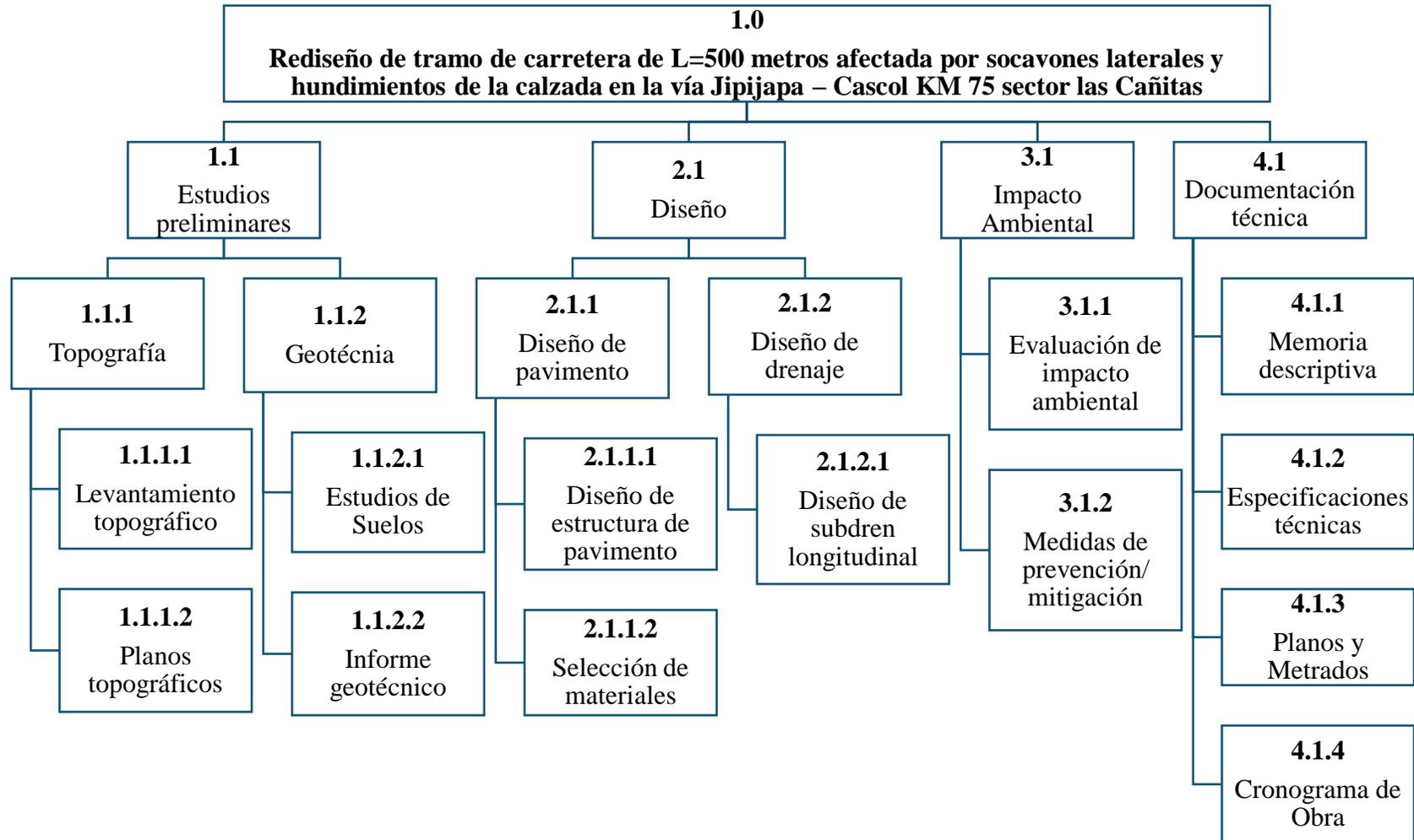
Para controlar el impacto del transporte de escombros, se establecerá una velocidad límite de los vehículos para reducir el polvo, además se los cubrirá completamente con lonas para evitar la dispersión de partículas que atenten con la seguridad de los demás conductores.

CAPÍTULO 5

5.1 Estructura Desglosada de Trabajo

La estructura desglosada de trabajo para el Rediseño de tramo de carretera afectada por socavones en la vía Jipijapa – Cascol ha sido elaborada en cuatro niveles jerárquicos:

Figura 5.1
Estructura desglosada de proyecto



5.2 Rubros y análisis de precios unitarios

En el análisis de precios unitarios (APU) de este proyecto integrador se utilizaron costos actualizados de materiales y mano de obra. Entre las fuentes utilizadas se encuentran la edición 2024 de la revista de la Cámara de la Construcción e información extraída de la página oficial de la Contraloría General del Estado del Ecuador. Los Rubros se detallan en la tabla (5.1).

Tabla 5.1
Presupuesto del proyecto

| ITEM | RUBRO | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | P. TOTAL |
|-----------------------|---|--------|----------|----------------|--------------------|
| NÚM. RUBRO | PRELIMINARES | | | | |
| 1.1 | DESBROCE Y LIMPIEZA CON MÁQUINA | M2. | 850.00 | \$ 1.67 | \$1,421.00 |
| 1.2 | TRAZADO Y REPLANTEO | M2. | 850.00 | \$ 1.36 | \$1,158.13 |
| 2 | MOVIMIENTOS DE TIERRA | | | | |
| 2.1 | EXCAVACIÓN A MÁQUINA INCLUYE DESALOJO | M3. | 960.00 | \$ 3.78 | \$3,628.11 |
| 2.2 | RELLENO COMPACTADO E HIDRATADO "SUBBASE" | M3. | 115.00 | \$ 14.59 | \$1,677.30 |
| 2.3 | RELLENO COMPACTADO E HIDRATADO "BASE" | M3. | 138.00 | \$ 19.64 | \$2,710.02 |
| 3 | OBRA VIAL | | | | |
| 3.1 | CAPA DE RODADURA/H. ASFÁLTICO/ MEZCLA/PLANTA E=10 CM (INC. IMPRIMACIÓN) | M2. | 460.00 | \$ 19.85 | \$9,129.36 |
| 3.2 | LETRERO Y SEÑALÉTICAS INFORMATIVAS | U. | 10.00 | \$ 134.04 | \$1,340.44 |
| 3.3 | TACHAS REFLECTIVAS | M2. | 93.84 | \$ 54.89 | \$5,150.71 |
| 3.4 | CINTAS PLÁSTICAS DE SEGURIDAD (COLOR REFLECTIVO) | M. | 600.00 | \$ 0.28 | \$ 165.15 |
| 4 | DRENAJE LONGITUDINAL | | | | |
| 4.1 | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL NT2500 | M2. | 630.00 | \$ 7.94 | \$5,003.36 |
| 4.2 | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA | M2. | 630.00 | \$ 5.05 | \$3,182.11 |
| 4.3 | RELLENO CON AGREGADO DE 1 PULGADA | M3. | 270.00 | \$ 3.31 | \$ 893.76 |
| 4.4 | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC 160 mm | M. | 300.00 | \$ 20.62 | \$6,185.42 |
| | COSTO TOTAL DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO Y DRENAJE | | | | \$41,644.86 |

El análisis de precios unitarios de cada rubro se presenta a continuación

| | | |
|-------------------------------------|---------------|-----|
| RUBRO | | |
| 1.1 DESBROCE Y LIMPIEZA CON MÁQUINA | UNIDAD | M2. |

DETALLE

| | | | | | |
|--------------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------|
| Equipos | | | | | |
| Descripción | Cantidad | Jornal/Hora | Costo-Hora | Rendimiento | Costo |
| Herramientas manuales (5% M.O) | | | | | \$ 0.0466 |
| Retroexcavadora | 1 | 27 | 27 | 0.01667 | \$ 0.4501 |
| Subtotal (M) | | | | | \$ 0.4967 |

| | | | | | |
|---------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------------|--------------|
| Mano de Obra | | | | | |
| Descripción | Cantidad | Jornal/Hora | Costo-Hora | Rendimiento [h/U] | Costo |
| Peón | 3 | \$ 4.14 | \$ 12.43 | 0.075 | \$ 0.9322 |
| Subtotal | | | | | \$ 0.9322 |

| | | | | |
|--------------------|---------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Materiales | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | P. Unitario | Costo |
| | | | | \$ - |
| Subtotal | | | | \$ - |

| | | | | |
|--------------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| Transporte | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Tarifa | Costo |
| | | | | \$ - |
| Subtotal | | | | \$ - |

| | | | | |
|-------------------|-------------------------|-----|----|--------|
| Guayaquil, Agosto | TOTAL COSTOS DIRECTOS | | \$ | 1.4289 |
| | INDIRECTOS Y UTILIDADES | 15% | \$ | 0.2143 |
| | IMPREVISTOS | 2% | \$ | 0.0286 |
| | COSTO TOTAL DEL RUBRO | | \$ | 1.6718 |
| Oferente | VALOR OFERTADO | | \$ | 1.67 |

| | |
|--------------------------------|-------------------|
| RUBRO | |
| 1.2 TRAZADO Y REPLANTEO | UNIDAD M2. |

DETALLE

| Equipos | | | | | |
|--------------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------|
| Descripción | Cantidad | Jornal/Hora | Costo-Hora | Rendimiento | Costo |
| Herramientas manuales (5% M.O) | | | | | \$ 0.0447 |
| EQ. TOPOGRÁFICO | 0.2 | 3.75 | 0.75 | 0.03333 | \$ 0.0250 |
| Subtotal (M) | | | | | \$ 0.0697 |

| Mano de Obra | | | | | | |
|---|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------------|--------------|--|
| Descripción | Cantidad | Jornal/Hora | Costo-Hora | Rendimiento [h/U] | Costo | |
| Peón | 3 | \$ 4.14 | \$ 12.43 | 0.03333 | \$ 0.4143 | |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 2 | \$ 4.65 | \$ 9.29 | 0.03333 | \$ 0.3098 | |
| Carpintero | 1 | \$ 4.19 | \$ 4.19 | 0.03333 | \$ 0.1398 | |
| Topógrafo (En Construcción - Estr. Oc. C1) | 0.2 | \$ 4.65 | \$ 0.93 | 0.03333 | \$ 0.0310 | |
| Subtotal | | | | | \$ 0.89 | |

| Materiales | | | | | |
|--|---------------|-----------------|-------------------|--------------|--|
| Descripción | Unidad | Cantidad | P.Unitario | Costo | |
| ACCESORIO (CLAVOS, CUARTONES, PIOLA, TIRAS, ETC) | U. | 1 | \$ 0.20 | \$ 0.20 | |
| | | | | \$ - | |
| | | | | \$ - | |
| Subtotal | | | | \$ 0.20 | |

| Transporte | | | | |
|--------------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| Descripción | Unidad | Cantidad | Tarifa | Costo |
| Subtotal | | | | \$ - |

| | | | |
|-------------------|-------------------------|-----|-----------|
| Guayaquil, Agosto | TOTAL COSTOS DIRECTOS | | \$ 1.1645 |
| | INDIRECTOS Y UTILIDADES | 15% | \$ 0.1747 |
| | IMPREVISTOS | 2% | \$ 0.0233 |
| | COSTO TOTAL DEL RUBRO | | \$ 1.3625 |
| Oferente | VALOR OFERTADO | | \$ 1.36 |

| | | |
|---|---------------|-----|
| RUBRO | | |
| 2.1 EXCAVACIÓN A MÁQUINA INCLUYE DESALOJO | UNIDAD | M3. |

DETALLE

| | | | | | |
|--------------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------|
| Equipos | | | | | |
| Descripción | Cantidad | Jornal/Hora | Costo-Hora | Rendimiento | Costo |
| Herramientas manuales (5% M.O) | | | | | \$ 0.11 |
| Retroexcavadora | 1 | 27 | 27 | 0.01667 | \$ 0.45 |
| Volquete 8 m3 | 1 | 25 | 25 | 0.01667 | \$ 0.42 |
| Subtotal (M) | | | | | \$ 0.98 |

| | | | | | | |
|----------------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------------|--------------|--|
| Mano de Obra | | | | | | |
| Descripción | Cantidad | Jornal/Hora | Costo-Hora | Rendimiento [h/U] | Costo | |
| Peón | 3 | \$ 4.14 | \$ 12.43 | 0.1667 | \$ 2.0719 | |
| Op. de Retroexcavadora | 1 | \$ 4.65 | \$ 4.65 | 0.01667 | \$ 0.0775 | |
| CHOFER: Volquetas <Estr. Oc. C1> | 1 | \$ 6.08 | \$ 6.08 | 0.01667 | \$ 0.1014 | |
| Subtotal | | | | | \$ 2.25 | |

| | | | | |
|--------------------|---------------|-----------------|-------------------|--------------|
| Materiales | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | P.Unitario | Costo |
| | | | | \$ - |
| Subtotal | | | | \$ - |

| | | | | |
|--------------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| Transporte | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Tarifa | Costo |
| | | | | \$ - |
| Subtotal | | | | \$ - |

| | | | |
|-------------------|-------------------------|-----|-----------|
| Guayaquil, Agosto | TOTAL COSTOS DIRECTOS | | \$ 3.2302 |
| | INDIRECTOS Y UTILIDADES | 15% | \$ 0.4845 |
| | IMPREVISTOS | 2% | \$ 0.0646 |
| | COSTO TOTAL DEL RUBRO | | \$ 3.7793 |
| Oferente | VALOR OFERTADO | | \$ 3.78 |

| | | |
|--|---------------|-----|
| RUBRO | | |
| 2.2 RELLENO COMPACTADO E HIDRATADO "SUBBASE" | UNIDAD | M3. |

DETALLE

| | | | | | |
|--------------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------|
| Equipos | | | | | |
| Descripción | Cantidad | Jornal/Hora | Costo-Hora | Rendimiento | Costo |
| Herramientas manuales (5% M.O) | | | | | \$ 0.0430 |
| Motoniveladora | 1 | 56 | 56 | 0.025 | \$ 1.4000 |
| Rodillo vibratorio liso 142 HP | 1 | 42 | 42 | 0.025 | \$ 1.0500 |
| Subtotal (M) | | | | | \$ 2.4930 |

| | | | | | | |
|----------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------------|--------------|--|
| Mano de Obra | | | | | | |
| Descripción | Cantidad | Jornal/Hora | Costo-Hora | Rendimiento [h/U] | Costo | |
| Peón | 3 | \$ 4.14 | \$ 12.43 | 0.04 | \$ 0.4972 | |
| Op. De Motoniveladora | 1 | \$ 4.65 | \$ 4.65 | 0.04 | \$ 0.1859 | |
| Op. Rodillo autopropulsado | 1 | \$ 4.42 | \$ 4.42 | 0.04 | \$ 0.1769 | |
| Subtotal | | | | | \$ 0.8600 | |

| | | | | | |
|--|---------------|-----------------|-------------------|--------------|--|
| Materiales | | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | P.Unitario | Costo | |
| Mat. Granu. (explot. Y cargada) | M3. | 0.875 | \$ 4.60 | \$ 4.0250 | |
| Mat. Unif. Grueso (Sub-base) triturado | M3. | 0.375 | \$ 13.50 | \$ 5.0625 | |
| Agua | M3. | 0.03 | \$ 0.85 | \$ 0.0255 | |
| Subtotal | | | | \$ 9.1130 | |

| | | | | |
|--------------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| Transporte | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Tarifa | Costo |
| | | | | |
| Subtotal | | | | \$ - |

| | | |
|-------------------|-------------------------|---------------|
| Guayaquil, Agosto | TOTAL COSTOS DIRECTOS | \$ 12.4660 |
| | INDIRECTOS Y UTILIDADES | 15% \$ 1.8699 |
| | IMPREVISTOS | 2% \$ 0.2493 |
| | COSTO TOTAL DEL RUBRO | \$ 14.5852 |
| Oferente | VALOR OFERTADO | \$ 14.59 |

| | | |
|---|---------------|-----|
| RUBRO | | |
| 2.3 RELLENO COMPACTADO E HIDRATADO "BASE" | UNIDAD | M3. |

DETALLE

| | | | | | |
|--------------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------|
| Equipos | | | | | |
| Descripción | Cantidad | Jornal/Hora | Costo-Hora | Rendimiento | Costo |
| Herramientas manuales (5% M.O) | | | | | \$ 0.0430 |
| Motoniveladora | 1 | 56 | 56 | 0.025 | \$ 1.4000 |
| Rodillo vibratorio liso 142 HP | 1 | 42 | 42 | 0.025 | \$ 1.0500 |
| Subtotal (M) | | | | | \$ 2.4930 |

| | | | | | | |
|----------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------------|--------------|--|
| Mano de Obra | | | | | | |
| Descripción | Cantidad | Jornal/Hora | Costo-Hora | Rendimiento [h/U] | Costo | |
| Peón | 3 | \$ 4.14 | \$ 12.43 | 0.04 | \$ 0.4972 | |
| Op. De Motoniveladora | 1 | \$ 4.65 | \$ 4.65 | 0.04 | \$ 0.1859 | |
| Op. Rodillo autopropulsado | 1 | \$ 4.42 | \$ 4.42 | 0.04 | \$ 0.1769 | |
| Subtotal | | | | | \$ 0.8600 | |

| | | | | | |
|--------------------------------|---------------|-----------------|--------------------|--------------|--|
| Materiales | | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | P. Unitario | Costo | |
| Mat. Cribado | M3. | 0.71 | \$ 6.10 | \$ 4.3310 | |
| Mat. Unif. Mediano (Base) | M3. | 0.47 | \$ 17.00 | \$ 7.9900 | |
| Mat. Ligante (Relleno mineral) | M3. | 0.07 | \$ 15.50 | \$ 1.0850 | |
| Agua | M3. | 0.03 | \$ 0.85 | \$ 0.0255 | |
| Subtotal | | | | \$ 13.4315 | |

| | | | | |
|--------------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| Transporte | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Tarifa | Costo |
| | | | | |
| Subtotal | | | | \$ - |

| | | |
|-------------------|-------------------------|---------------|
| Guayaquil, Agosto | TOTAL COSTOS DIRECTOS | \$ 16.7845 |
| | INDIRECTOS Y UTILIDADES | 15% \$ 2.5177 |
| | OTROS INDIRECTOS | 2% \$ 0.3357 |
| | COSTO TOTAL DEL RUBRO | \$ 19.6378 |
| Oferente | VALOR OFERTADO | \$ 19.64 |

| | | | |
|--|---------------|-----|--|
| RUBRO | | | |
| 3.1 CAPA DE RODADURA/H. ASFÁLTICO/ MEZCLA/PLANTA E=10 CM (INC. IMPRIMACIÓN) | UNIDAD | M2. | |

DETALLE

| Equipos | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------|
| Descripción | Cantidad | Jornal/Hora | Costo-Hora | Rendimiento | Costo |
| Herramientas manuales (5% M.O) | | | | | \$ 0.0142 |
| Rodillo vibratorio liso 142 HP | 1 | 42 | 42 | 0.0050 | \$ 0.2100 |
| Camión Distribuidor de Asfalto | 1 | 35 | 35 | 0.0050 | \$ 0.1750 |
| Rodillo NEUMÁTICO 96 HP | 1 | 37 | 37 | 0.0050 | \$ 0.1850 |
| Barredora mecánica autopropulsada | 0.3 | 20 | 20 | 0.0050 | \$ 0.0300 |
| Finisher | 1 | 48 | 48 | 0.0050 | \$ 0.2400 |
| Subtotal (M) | | | | | \$ 0.8542 |

Mano de Obra

| Descripción | Cantidad | Jornal/Hora | Costo-Hora | Rendimiento [h/U] | Costo |
|---|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------------|--------------|
| Peón | 8 | \$ 4.14 | \$ 33.14 | 0.0050 | \$ 0.1657 |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 1 | \$ 4.65 | \$ 4.65 | 0.0050 | \$ 0.0232 |
| Op. Rodillo autopropulsado | 2 | \$ 4.42 | \$ 8.85 | 0.0050 | \$ 0.0442 |
| Op. Distribuidor de asfalto | 1 | \$ 4.42 | \$ 4.42 | 0.0050 | \$ 0.0221 |
| Op. Acabadora de pavimento asfáltico | 1 | \$ 4.42 | \$ 4.42 | 0.0050 | \$ 0.0221 |
| Op. de Barredora autopropulsada | 0.3 | \$ 4.42 | \$ 1.33 | 0.0050 | \$ 0.0066 |
| Subtotal | | | | | \$ 0.2841 |

Materiales

| Descripción | Unidad | Cantidad | P. Unitario | Costo |
|--------------------|---------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Asfalto RC 250 | LITRO. | 1.14 | \$ 0.40 | \$ 0.4560 |
| Diesel | LITRO. | 0.95 | \$ 0.27 | \$ 0.2565 |
| Hormigón Asfáltico | M3. | 0.098 | \$ 154.00 | \$ 15.0920 |
| Subtotal | | | | \$ 15.8045 |

Transporte

| Descripción | Unidad | Cantidad | Tarifa | Costo |
|-------------------------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| Transporte de asfalto diluido | tn-km | 0.1 | 0.2 | \$ 0.0200 |
| Subtotal | | | | \$ 0.0200 |

| | | | | |
|-----------------|-------------------|-------------------------|-----|------------|
| Oferente | Guayaquil, Agosto | TOTAL COSTOS DIRECTOS | | \$ 16.9628 |
| | | INDIRECTOS Y UTILIDADES | 15% | \$ 2.5444 |
| | | IMPREVISTOS | 2% | \$ 0.3393 |
| | | COSTO TOTAL DEL RUBRO | | \$ 19.8464 |
| | | VALOR OFERTADO | | \$ 19.85 |

| | | |
|--|---------------|----|
| RUBRO | | |
| 3.2 LETRERO Y SEÑALÉTICAS INFORMATIVAS | UNIDAD | U. |

DETALLE

| | | | | | |
|--------------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------|
| Equipos | | | | | |
| Descripción | Cantidad | Jornal/Hora | Costo-Hora | Rendimiento | Costo |
| Herramientas manuales (5% M.O) | | | | | \$ 0.22 |
| Subtotal (M) | | | | | \$ 0.22 |

| | | | | | |
|---------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------------|--------------|
| Mano de Obra | | | | | |
| Descripción | Cantidad | Jornal/Hora | Costo-Hora | Rendimiento [h/U] | Costo |
| Peón | 3 | \$ 4.14 | \$ 12.43 | 0.35 | \$ 4.35 |
| Subtotal | | | | | \$ 4.35 |

| | | | | | |
|---|---------------|-----------------|--------------------|--------------|--|
| Materiales | | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | P. Unitario | Costo | |
| Indicadores de oficina en acrílico con pernos decorativos 0.30 x 0.14 | U. | 1 | \$ 10.00 | \$ 10.00 | |
| Señaléticas informativas y direccionales | U. | 1 | \$ 25.00 | \$ 25.00 | |
| Señal de prohibido el paso (30 x 20 cm) en PVC 3mm | U. | 1 | \$ 25.00 | \$ 25.00 | |
| Señal obligatorio (30x20 cm) en PVC 3mm | U. | 1 | \$ 25.00 | \$ 25.00 | |
| Señal de advertencia (30x20 cm) en PVC 3mm | U. | 1 | \$ 25.00 | \$ 25.00 | |
| Subtotal | | | | \$ 110.00 | |

| | | | | |
|--------------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| Transporte | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Tarifa | Costo |
| | | | | |
| Subtotal | | | | \$ - |

| | | |
|-------------------|-------------------------|----------------|
| Guayaquil, Agosto | TOTAL COSTOS DIRECTOS | \$ 114.5676 |
| | INDIRECTOS Y UTILIDADES | 15% \$ 17.1851 |
| | IMPREVISTOS | 2% \$ 2.2914 |
| | COSTO TOTAL DEL RUBRO | \$ 134.0441 |
| Oferente | VALOR OFERTADO | \$ 134.04 |

| | | |
|------------------------|---------------|-----|
| RUBRO | | |
| 3.3 TACHAS REFLECTIVAS | UNIDAD | M2. |

DETALLE

| | | | | | |
|--------------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------|
| Equipos | | | | | |
| Descripción | Cantidad | Jornal/Hora | Costo-Hora | Rendimiento | Costo |
| Herramientas manuales (5% M.O) | | | | | \$ 0.0021 |
| Subtotal (M) | | | | | \$ 0.0021 |

| | | | | | |
|---------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------------|--------------|
| Mano de Obra | | | | | |
| Descripción | Cantidad | Jornal/Hora | Costo-Hora | Rendimiento [h/U] | Costo |
| Peón | 1 | \$ 4.14 | \$ 4.14 | 0.005 | \$ 0.0207 |
| Maestro de Obra | 1 | \$ 4.42 | \$ 4.42 | 0.005 | \$ 0.0221 |
| Subtotal | | | | | \$ 0.0428 |

| | | | | | |
|--|---------------|-----------------|-------------------|--------------|--|
| Materiales | | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | P.Unitario | Costo | |
| Aditivo de adherencia | LITRO. | 0.1 | \$ 4.68 | \$ 0.47 | |
| Tachas (cerámicos reflectivos) bidireccionales | M2. | 0.2 | \$ 232.00 | \$ 46.40 | |
| Subtotal | | | | \$ 46.87 | |

| | | | | | |
|--------------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|--|
| Transporte | | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Tarifa | Costo | |
| Subtotal | | | | \$ - | |

| | | |
|-------------------|-------------------------|---------------|
| Guayaquil, Agosto | TOTAL COSTOS DIRECTOS | \$ 46.9130 |
| | INDIRECTOS Y UTILIDADES | 15% \$ 7.0369 |
| | OTROS INDIRECTOS | 2% \$ 0.9383 |
| | COSTO TOTAL DEL RUBRO | \$ 54.8882 |
| Oferente | VALOR OFERTADO | \$ 54.89 |

| RUBRO | | |
|--|---------------|----|
| 3.4 CINTAS PLÁSTICAS DE SEGURIDAD (COLOR REFLECTIVO) | UNIDAD | M. |

DETALLE

| Equipos | | | | | |
|--------------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------|
| Descripción | Cantidad | Jornal/Hora | Costo-Hora | Rendimiento | Costo |
| Herramientas manuales (5% M.O) | | | | | \$ 0.0031 |
| Subtotal (M) | | | | | \$ 0.0031 |

| Mano de Obra | | | | | | |
|---------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------------|--------------|--|
| Descripción | Cantidad | Jornal/Hora | Costo-Hora | Rendimiento [h/U] | Costo | |
| Peón | 3 | \$ 4.14 | \$ 12.43 | 0.005 | \$ 0.0621 | |
| Subtotal | | | | | \$ 0.0621 | |

| Materiales | | | | | |
|---|---------------|-----------------|-------------------|--------------|--|
| Descripción | Unidad | Cantidad | P.Unitario | Costo | |
| Cinta de señalización, de material plástico, de 8 cm de anchura y 0,05 mm de espesor, impresa por ambas caras en franjas de color amarillo y negro. | M | 1 | \$ 0.17 | \$ 0.1700 | |
| Subtotal | | | | \$ 0.1700 | |

| Transporte | | | | |
|--------------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| Descripción | Unidad | Cantidad | Tarifa | Costo |
| Subtotal | | | | \$ - |

| | | | |
|-------------------|-------------------------|-----|-----------|
| Guayaquil, Agosto | TOTAL COSTOS DIRECTOS | | \$ 0.2353 |
| | INDIRECTOS Y UTILIDADES | 15% | \$ 0.0353 |
| | IMPREVISTOS | 2% | \$ 0.0047 |
| | COSTO TOTAL DEL RUBRO | | \$ 0.2752 |
| Oferente | VALOR OFERTADO | | \$ 0.28 |

| RUBRO | | |
|---|---------------|------------|
| 4.1 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL NT2500 | UNIDAD | M2. |

DETALLE

| Equipos | Cantidad | Jornal/Hora | Costo-Hora | Rendimiento | Costo |
|--------------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------|
| Descripción | | | | | |
| Herramientas manuales (5% M.O) | | | | | \$ 0.06 |
| Subtotal (M) | | | | | \$ 0.06 |

| Mano de Obra | | | | | | |
|---------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------------|--------------|--|
| Descripción | Cantidad | Jornal/Hora | Costo-Hora | Rendimiento [h/U] | Costo | |
| Peón | 3 | \$ 4.14 | \$ 12.43 | 0.0824 | \$ 1.0241 | |
| Maestro de Obra | 0.5 | \$ 4.42 | \$ 2.21 | 0.0824 | \$ 0.1822 | |
| Subtotal | | | | | \$ 1.2064 | |

| Materiales | | | | | |
|-----------------------|---------------|-----------------|-------------------|--------------|--|
| Descripción | Unidad | Cantidad | P.Unitario | Costo | |
| Estacas | U. | 0.02 | \$ 0.15 | \$ 0.0030 | |
| Geotextil Tipo NT2500 | M2. | 1.02 | \$ 5.41 | \$ 5.5182 | |
| | | | | \$ - | |
| | | | | \$ - | |
| Subtotal | | | | \$ 5.5212 | |

| Transporte | | | | |
|--------------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| Descripción | Unidad | Cantidad | Tarifa | Costo |
| Subtotal | | | | \$ - |

| | | | |
|-------------------|-------------------------|-----|-----------|
| Guayaquil, Agosto | TOTAL COSTOS DIRECTOS | | \$ 6.7879 |
| | INDIRECTOS Y UTILIDADES | 15% | \$ 1.0182 |
| | OTROS INDIRECTOS | 2% | \$ 0.1358 |
| | COSTO TOTAL DEL RUBRO | | \$ 7.9418 |
| Oferente | VALOR OFERTADO | | \$ 7.94 |

| | | |
|---|---------------|-----|
| RUBRO | | |
| 4.2 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA | UNIDAD | M2. |

DETALLE

| | | | | | |
|--------------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------|
| Equipos | | | | | |
| Descripción | Cantidad | Jornal/Hora | Costo-Hora | Rendimiento | Costo |
| Herramientas manuales (5% M.O) | | | | | \$ 0.07 |
| Subtotal (M) | | | | | \$ 0.07 |

| | | | | | | |
|---------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------------|--------------|--|
| Mano de Obra | | | | | | |
| Descripción | Cantidad | Jornal/Hora | Costo-Hora | Rendimiento [h/U] | Costo | |
| Peón | 3 | \$ 4.14 | \$ 12.43 | 0.0824 | \$ 1.0241 | |
| Maestro de Obra | 1 | \$ 4.42 | \$ 4.42 | 0.0824 | \$ 0.3645 | |
| Subtotal | | | | | \$ 1.3886 | |

| | | | | | |
|------------------------------------|---------------|-----------------|--------------------|--------------|--|
| Materiales | | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | P. Unitario | Costo | |
| Estacas | U. | 0.02 | \$ 0.15 | \$ 0.0030 | |
| Geomembrana de polietileno 1.00 mm | M2. | 1.02 | \$ 2.80 | \$ 2.8560 | |
| Subtotal | | | | \$ 2.8590 | |

| | | | | |
|--------------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| Transporte | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Tarifa | Costo |
| | | | | |
| Subtotal | | | | \$ - |

| | | |
|-------------------|-------------------------|---------------|
| Guayaquil, Agosto | TOTAL COSTOS DIRECTOS | \$ 4.3171 |
| | INDIRECTOS Y UTILIDADES | 15% \$ 0.6476 |
| | OTROS INDIRECTOS | 2% \$ 0.0863 |
| | COSTO TOTAL DEL RUBRO | \$ 5.0510 |
| Oferente | VALOR OFERTADO | \$ 5.05 |

| | | |
|---------------------------------------|---------------|-----|
| RUBRO | | |
| 4.3 RELLENO CON AGREGADO DE 1 PULGADA | UNIDAD | M3. |

DETALLE

| | | | | | |
|--------------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------|
| Equipos | | | | | |
| Descripción | Cantidad | Jornal/Hora | Costo-Hora | Rendimiento | Costo |
| Herramientas manuales (5% M.O) | | | | | \$ 0.13 |
| Subtotal (M) | | | | | \$ 0.13 |

| | | | | | | |
|---------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------------|--------------|--|
| Mano de Obra | | | | | | |
| Descripción | Cantidad | Jornal/Hora | Costo-Hora | Rendimiento [h/U] | Costo | |
| Peón | 2 | \$ 4.14 | \$ 8.29 | 0.3 | \$ 2.49 | |
| Albañil | 1 | \$ 4.19 | \$ 4.19 | 0.05 | \$ 0.21 | |
| Subtotal | | | | | \$ 2.70 | |

| | | | | | |
|--------------------|---------------|-----------------|--------------------|--------------|--|
| Materiales | | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | P. Unitario | Costo | |
| Piedra picada 1" | M3. | 0.02 | \$ 24.00 | \$ 0.48 | |
| | | | | \$ - | |
| Subtotal | | | | \$ 0.48 | |

| | | | | |
|--------------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| Transporte | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Tarifa | Costo |
| | | | | |
| Subtotal | | | | \$ - |

| | | |
|-------------------|-------------------------|---------|
| Guayaquil, Agosto | TOTAL COSTOS DIRECTOS | \$ 3.31 |
| | INDIRECTOS Y UTILIDADES | \$ - |
| | OTROS INDIRECTOS | |
| | COSTO TOTAL DEL RUBRO | \$ 3.31 |
| Oferente | VALOR OFERTADO | \$ 3.31 |

| RUBRO | | |
|---|---------------|-----------|
| 4.4 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC 160 mm | UNIDAD | M. |

DETALLE

| Equipos | | | | | |
|--------------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------|
| Descripción | Cantidad | Jornal/Hora | Costo-Hora | Rendimiento | Costo |
| Herramientas manuales (5% M.O) | | | | | \$ 0.1353 |
| Subtotal (M) | | | | | \$ 0.1353 |

| Mano de Obra | | | | | | |
|---------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------------|--------------|--|
| Descripción | Cantidad | Jornal/Hora | Costo-Hora | Rendimiento [h/U] | Costo | |
| Peón | 2 | \$ 4.14 | \$ 8.29 | 0.3 | \$ 2.4858 | |
| Maestro de Obra | 1 | \$ 4.42 | \$ 4.42 | 0.05 | \$ 0.2212 | |
| Subtotal | | | | | \$ 2.7069 | |

| Materiales | | | | | |
|----------------------------------|---------------|-----------------|--------------------|--------------|--|
| Descripción | Unidad | Cantidad | P. Unitario | Costo | |
| Tubo de desagüe PVC 200 mm x 6 m | M. | 1 | \$ 14.78 | \$ 14.78 | |
| Subtotal | | | | \$ 14.78 | |

| Transporte | | | | |
|--------------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| Descripción | Unidad | Cantidad | Tarifa | Costo |
| Subtotal | | | | \$ - |

| | | | |
|-------------------|------------------------------|-----|------------|
| Guayaquil, Agosto | TOTAL COSTOS DIRECTOS | | \$ 17.6223 |
| | INDIRECTOS Y UTILIDADES | 15% | \$ 2.6433 |
| | OTROS INDIRECTOS | 2% | \$ 0.3524 |
| | COSTO TOTAL DEL RUBRO | | \$ 20.6181 |
| Oferente | VALOR OFERTADO | | \$ 20.62 |

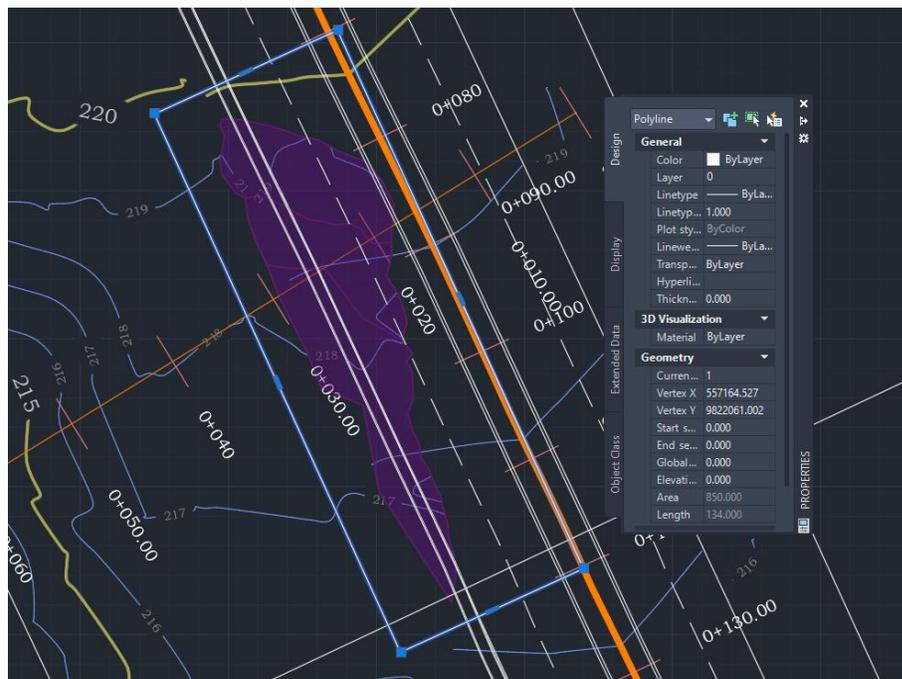
5.3 Descripción de cantidades de obra

El cálculo de cantidades de obra se lo realizó en el software Autodesk Civil 3D, se extrajo la cantidad de material para la estructura del pavimento y metrado del subdren longitudinal como se muestra a continuación. Se estableció el área de reparación a partir de polilíneas en Civil 3D, se detalla en la tabla (5.1) y la figura (5.2)

Tabla 5.2
Detalle de cantidad de Obra, Rubro 1.1 y 1.2

| Núm. Rubro | 1. PRELIMINARES | Longitud (m) | Ancho (m) | Área (m ²) |
|------------|---------------------------------|--------------|-----------|------------------------|
| 1.1 | DESBROCE Y LIMPIEZA CON MÁQUINA | 50 | 17 | 850 |
| 1.2 | TRAZADO Y REPLANTEO | 50 | 17 | 850 |

Figura 5.2
Detalle de cantidad de Obra, Rubro 1.1 y 1.2



Para los Rubros 3 hasta 5 se considerarán dos tipos de Longitudes, Anchos, Volúmenes 1 y 2, 1 representa a las cantidades relacionadas con la carretera y 2 a las cantidades relacionadas con el Subdren longitudinal, se detalla en la tabla (5.3).

Tabla 5.3
Detalle de cantidad de Obra, Rubro 2.1, 2.2, 2.3

| Núm. RUBRO | 2. MOVIMIENTOS DE TIERRA | Longitud 1 (m) | Ancho 1 (m) | Longitud 2 (m) | Ancho 2 (m2) | Profundidad (m) | Volumen 1 (m3) | Volumen 2 (m3) | Volumen Total (m3) |
|------------|--|----------------|-------------|----------------|--------------|-----------------|----------------|----------------|--------------------|
| 2.1 | EXCAVACIÓN A MÁQUINA INCLUYE DESALOJO | 50 | 9.2 | 300 | 0.6 | 1.5 | 690 | 270 | 960 |
| 2.2 | RELLENO COMPACTADO E HIDRATADO "SUBBASE" | 50 | 9.2 | | | 0.25 | 115 | | 115 |
| 2.3 | RELLENO COMPACTADO E HIDRATADO "BASE" | 50 | 9.2 | | | 0.3 | 138 | | 138 |

Se estableció las cantidades para la obra vial según la tabla (5.3)

Tabla 5.4
Detalle de cantidad de Obra, Rubro 3.1, 3.2, 3.3, 3.4

| Núm. Rubro | 3. OBRA VIAL | Longitud (m) | Ancho (m) | Área (m2) |
|------------|--|--------------|-----------|-----------|
| 3.1 | CAPA DE RODADURA/H. ASFÁLTICO/ MEZCLA E=10 CM (INC. IMPRIMACIÓN) | 50 | 9.2 | 460 |
| 3.2 | LETRERO Y SEÑALÉTICAS INFORMATIVAS | | | 10 u |
| 3.3 | TACHAS REFLECTIVAS | 2.55 | 9.2 | 23.46 |
| 3.4 | CINTAS PLÁSTICAS DE SEGURIDAD (COLOR REFLECTIVO) | 60 | 10 | 600 mL |

Se estableció las cantidades para el drenaje longitudinal según la tabla (5.5)

Tabla 5.5

Detalle de cantidad de Obra, Rubro 11, 12, 13, 14

| Núm. Rubro | 4. DRENAJE LONGITUDINAL | Longitud (m) | Ancho (m) | Profundidad (m) | Área de zanja (m2) | Área lateral (m2) | Área Total (m2) | Volumen (m3) |
|-------------------|---|---------------------|------------------|------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| 4.1 | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL NT2500 | 300 | 0.6 | 1.5 | 180 | 450 | 630 | |
| 4.2 | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA | 300 | 0.6 | 1.5 | 180 | 450 | 630 | |
| 4.3 | RELLENO CON AGREGADO DE 1 PULGADA | 300 | 0.6 | 1.5 | 180 | | | 270 |
| 4.4 | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC 160mm | 300 | | | | | | |

5.4 Valoración integral del costo del proyecto

A través del análisis de precios unitarios de cada rubro establecido, cantidades de obra extraído de Autodesk Civil 3D, se obtuvo un presupuesto referencial de la obra como sigue a continuación, tabla (5.6).

Tabla 5.6

Presupuesto Total Referencial sin IVA

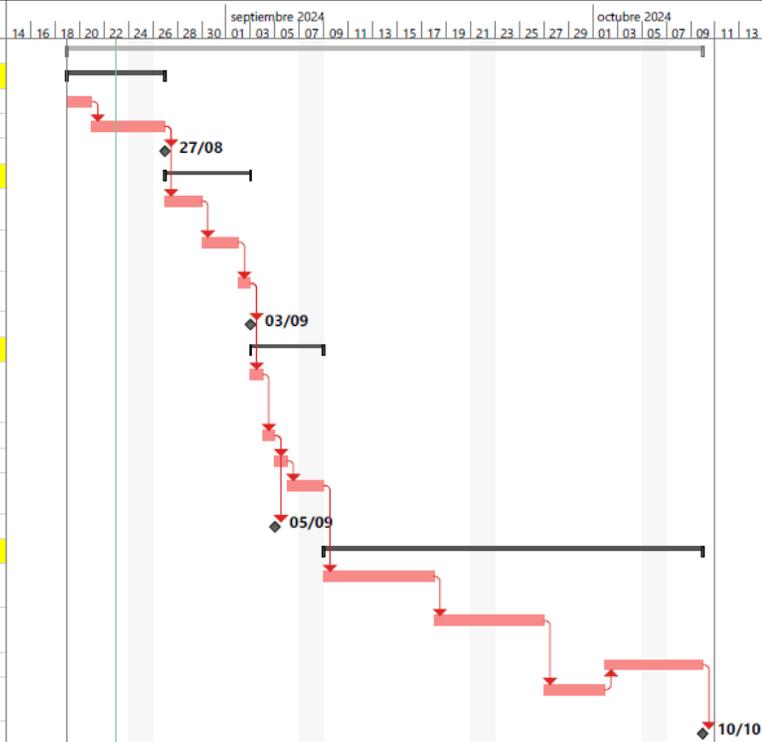
| | |
|---|---------------------|
| COSTO TOTAL DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO Y DRENAJE | \$ 41,644.86 |
|---|---------------------|

5.5 Cronograma de obra

Se elaboró el cronograma de obra en Microsoft Project en dos partes primero para la obra de pavimento y segundo para la obra de drenaje. Los tiempos de cada actividad se basaron en rendimientos estándares de la industria ecuatoriana

Cronograma de Obra - Estructura de Pavimento

| Id | Modo de tarea | EDT | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin |
|----|---------------|-----|---|----------|--------------|--------------|
| 0 | | 0 | Estructura de Pavimento y Drenaje Longitudinal | 38 días | lun 19/08/24 | jue 10/10/24 |
| 1 | | 1 | PRELIMINARES | 6 días | lun 19/08/24 | mar 27/08/24 |
| 2 | | 1.1 | DESBROCE Y LIMPIEZA CON MAQUINA | 2 días | lun 19/08/24 | mié 21/08/24 |
| 3 | | 1.2 | TRAZADO Y REPLANTEO | 4 días | mié 21/08/24 | mar 27/08/24 |
| 4 | | 1.3 | Fin de actividades preliminares | 0 días | mar 27/08/24 | mar 27/08/24 |
| 5 | | 2 | MOVIMIENTOS DE TIERRA | 5 días | mar 27/08/24 | mar 03/09/24 |
| 6 | | 2.1 | EXCAVACION A MAQUINA INCLUYE DESALOJO | 3 días | mar 27/08/24 | vie 30/08/24 |
| 7 | | 2.2 | RELLENO COMPACTADO E HIDRATADO "SUBBASE" | 1 día | vie 30/08/24 | lun 02/09/24 |
| 8 | | 2.3 | RELLENO COMPACTADO E HIDRATADO "BASE" | 1 día | lun 02/09/24 | mar 03/09/24 |
| 9 | | 2.4 | Fin de actividades de movimientos de tierra | 0 días | mar 03/09/24 | mar 03/09/24 |
| 10 | | 3 | OBRA VIAL | 4 días | mar 03/09/24 | lun 09/09/24 |
| 11 | | 3.1 | CAPA DE RODADURA/H. ASFALTICO/ MEZCLA PLANTA E=10 CM (INC. IMPRIMACIÓN) | 1 día | mar 03/09/24 | mié 04/09/24 |
| 12 | | 3.2 | LETRERO Y SEÑALÉTICAS INFORMATIVAS | 1 día | mié 04/09/24 | jue 05/09/24 |
| 13 | | 3.3 | TACHAS REFLECTIVAS | 1 día | jue 05/09/24 | vie 06/09/24 |
| 14 | | 3.4 | CINTAS PLÁSTICAS DE SEGURIDAD (COLOR REFLECTIVO) | 1 día | vie 06/09/24 | lun 09/09/24 |
| 15 | | 3.5 | Fin de actividades de obra vial | 0 días | jue 05/09/24 | jue 05/09/24 |
| 16 | | 4 | DRENAJE LONGITUDINAL | 23 días | lun 09/09/24 | jue 10/10/24 |
| 17 | | 4.1 | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL NT2500 | 7 días | lun 09/09/24 | mié 18/09/24 |
| 18 | | 4.2 | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA | 7 días | mié 18/09/24 | vie 27/09/24 |
| 19 | | 4.3 | RELLENO CON AGREGADO DE 1 PULGADA | 6 días | mié 02/10/24 | jue 10/10/24 |
| 20 | | 4.4 | SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PVC 160 mm | 3 días | vie 27/09/24 | mié 02/10/24 |
| 21 | | 4.5 | Fin de proyecto | 0 días | jue 10/10/24 | jue 10/10/24 |



| | | | | | |
|---|----------------------|------------------|---------------------------|------------------|-----------------|
| Proyecto: Estructura de Pavimento y Drenaje Fecha: vie 23/08/24 | Tarea | Tarea inactiva | Informe de resumen manual | Hito externo | Progreso manual |
| | División | Hito inactivo | Resumen manual | Fecha límite | |
| | Hito | Resumen inactivo | solo el comienzo | Tareas críticas | |
| | Resumen | Tarea manual | solo fin | División crítica | |
| | Resumen del proyecto | solo duración | Tareas externas | Progreso | |

CAPÍTULO 6

6.1 Conclusiones

Se identificó la zona más afectada a causa de los socavones dentro del tramo L=500 metros, de la vía Jipijapa – Cascol. Estos datos se obtuvieron del levantamiento topográfico realizado en la zona de estudio y su posterior digitalización en el software Autodesk Civil 3D. El detalle del abscisaje inicial/final y el área afectada se presenta en la tabla (6.1).

Tabla 6.1
Zona afectada por socavón

| Inicio [m] | Fin [m] | Área afectada en el pavimento [m2] |
|------------|---------|------------------------------------|
| 0+070 | 0+120 | 294.51 |

Se realizaron los estudios geotécnicos en la zona de falla por el socavón, entre los ensayos de suelos se encuentran: Granulometría, Límites de Atterberg, Próctor Modificado y California Bearing Ratio (CBR). Para el diseño se consideró el valor de CBR de 10.04% de la subrasante.

Se diseñó la **solución temporal al problema presentado** por los socavones, esta solución incluyó el diseño de la estructura del pavimento, conformada por subbase, base y carpeta asfáltica. Las características de este diseño se presentan en la tabla (6.2).

Tabla 6.2
Características de la estructura de pavimento

| Estructura de pavimento | Espesores (cm) | Características |
|-------------------------|----------------|---------------------------------|
| Carpeta asfáltica | 10 | Hormigón asfáltico |
| Base | 25 | Clase 1 A (IP<6, CBR>80, LL<25) |
| Subbase | 30 | Clase 2 (IP<6, CBR>20, LL<25) |

Además, se diseñó un sistema de drenaje longitudinal de manera paralela a la carretera, este consistió en un subdren francés cuyas características se presentan en la tabla (6.4).

Tabla 6.3
Características de Subdren

| | |
|-----------------------------|-------------------------|
| Diámetro de tubería | 160 mm |
| Pendiente de tubería | 5.60% |
| Tipo de relleno | Piedra picada 1 pulgada |
| Tipo de geotextil | NT2500 |

Se diseñó también la colocación de tachas reflectivas que sirven como reductor de velocidad, en el sentido Jipijapa – Cascol, el primero grupo de tachas reflectivas se coloca a 50 metros desde el socavón, el segundo grupo a 100 metros y el tercer grupo a 150 metros, cada grupo constara de 10, 12 y 14 hileras respectivamente con diferentes separaciones entre tachas. Las características de este diseño se presentan en la tabla (6.4).

Tabla 6.4
Características de las tachas reflectivas

| Tachas reflectivas | Diámetros (cm) | Separación entre hileras (cm) |
|---------------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| Tachas a 50 metros | 22 | 30 |
| Tachas a 100 metros | 22 | 40 |
| Tachas a 150 metros | 22 | 50 |

Las propuestas de diseño son viables debido a su bajo impacto ambiental, los factores negativos presentes durante la obra son la gestión de escombros, el ruido y las vibraciones. Sin embargo, estas son de baja magnitud debido a que son acciones temporales en el tiempo. Además, se cuenta con medidas de prevención y/o mitigación como se presenta en la tabla (6.5).

Tabla 6.5
Medidas de prevención/mitigación del impacto ambiental de la obra

| Aspecto Ambiental | Impacto Identificado | Medidas propuestas |
|--------------------------|-----------------------------|--|
| Aire | Ruido y vibraciones | Mantenimiento periódico a las maquinarias Control de cumplimiento de emisiones sonoras estándar |
| Aire/Social | Gestión de escombros | Control del límite de velocidad Uso de lonas |

Por otra parte, el proyecto también posee viabilidad económica debido al bajo presupuesto que presentó, el análisis detallado de los costos presentado en el capítulo 5 reflejó una inversión final de 41,644.86 USD como costo directo sin IVA para la reestructuración de las capas pavimento flexible, colocación de reductores de velocidad y construcción del drenaje longitudinal.

6.2 Recomendaciones

El diseño del presente proyecto integrador es una **solución temporal y rápida** para habilitar los carriles afectado por el socavón, por ende, se recomienda que se realicen:

- Estudios hidráulicos, geológicos y geotécnicos de la zona afectada.
- Perforaciones de 10 a 15 metros que permitan conocer con precisión donde se encuentran afectados los estratos debajo del movimiento de tierra.
- Diseñar una pantalla con geotextiles (geomembrana) con un muro de gavión para evitar la filtración de agua desde el rio hasta la vía.

BIBLIOGRAFÍA

Agudelo, J. (2002). Diseño geométrico de vías ajustado al manual Colombiano.

Arshad, A. K., Shaffie, E., Ismail, F. Y., Alam, S., Arshad, A. K., Shaffie, E., Ismail, F., Hashim, W., & Rahman, Z. A. (2018). Evaluation of Subbase Materials for Mechanistic Pavement Design. Article in International Journal of Civil Engineering and Technology, 9(8), 504–512.

<http://www.iaeme.com/IJCIET/index.asp504><http://www.iaeme.com/ijci-et/issues.asp?JType=IJCIET&VType=9&IType=8><http://www.iaeme.com/IJCIET/issues.asp?JType=IJCIET&VType=9&IType=8>

Asanza, A. (2024). Anteproyecto urbano arquitectónico para la zona afectada por socavones a causa de la minería ilegal en el centro histórico de Zaruma.

Badillo, J. (2005). Mecánica de Suelos.

Cárdenas, J. (2013). Diseño geométrico de carreteras.

Chunga, K. (2017). ANÁLISIS DE RIESGO POR FALLAS GEOLÓGICAS Y ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DEL SUELO EN LOS CANTONES JAMA Y SUCRE EN MANABÍ PARA EL PROCESO DE RECUPERACIÓN TRAS EL SISMO DEL ABRIL DEL 2016.

- Cordo, O. (2010). DISEÑO DE PAVIMENTOS (AASHTO 93) Y
DIPAV - 2.
- Cruzado, C. (2019). Mejoramiento de la subrasante de baja capacidad
portante mediante la cal en la carretera Puente Ricardo Palma La
Oroya.
- Das, B. M. (2015). Fundamentos de ingeniería geotécnica Cuarta
edición.
- Franco, J., & Sánchez, M. (2023). Diseño de una carretera perimetral para
vehículos pesados en el cantón Naranjito, Longitud = 28 km.
- Garmendia, A., Salvador, A., Crespo, C., & Garmendia, L. (2005).
Evaluación de impacto ambiental. Pearson/Prentice Hall.
- INVIAS. (2012). CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL
LABORATORIO Y SOBRE MUESTRA INALTERADA.
- Kandlavath, H. N., Chowdhury, P. S., & Reddy, M. A. (2020).
Evaluation of horizontal permeability characteristics of granular
subbase material. Transportation Research Procedia, 48, 3725–
3733. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.08.046>
- Ordoñez, M. (2018, June 8). fungi WEB. Geografía y Clima Del
Ecuador.
- Orlando, L., Rivera, G., Guanoluisa, A., & Guerrero, M. (2023).
INFORME LOCAL VOLUNTARIO 2022 APORTE DE LA
PREFECTURA DE MANABÍ.

Pico, M., González, R., & Noreña, O. (2011). SEGURIDAD VIAL Y PEATONAL: UNA APROXIMACIÓN TEÓRICA DESDE LA POLÍTICA PÚBLICA. 16(2), 190–204.

Rosete, S., Sáenz, R., & Coronel, D. (2019). BIODIVERSIDAD COMO INDICADOR DE SOSTENIBILIDAD PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL ENFOCADA AL TURISMO, MANABÍ, ECUADOR. <http://orcid.org/0000-0002-1962-023X>

Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). Propiedades Físicas del Suelo.

Torres, M., Aizaga, M., Espinel, J., González, M., Jiménez, G., Morán, W., Caicedo, C., Fiallos, L., Bustillos, J., Vizquete, M., & Salvador, L. (2013). VOLUMEN No 2-LIBRO A NORMA PARA ESTUDIOS Y DISEÑOS VIALES.

ANEXOS
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1.01 Desbroce y limpieza con máquina

Descripción. – El desbroce y limpieza con máquina tendrá que realizarse con maquinaria pesada, se tendrá que remover la vegetación, escombros u otros materiales indeseados en la obra. Estas actividades deben realizarse antes del inicio de la obra.

Procedimiento de trabajo. – se realizarán los trabajos de remoción utilizando todos los materiales y equipos especificados en el APU correspondiente. A su vez, si existen equipos adicionales aprobados por fiscalización, estos podrán utilizarse.

Mano de obra mínima calificada. – Se requerirá mínimo 3 peones (Estruct. Oc. E2) como lo indica el APU correspondiente.

Medición y forma de pago. – este rubro se mide en metros cuadrados (M2) y el pago se lo realizará en función del detalle del APU y cantidades de obra correspondiente.

No. Del rubro de pago y designación

Unidad de medición

Desbroce y limpieza con máquina

M2.

1.02 Trazado y replanteo

Descripción. – El trazado y replanteo consiste en la digitalización del terreno en estudio con el uso de herramientas como estación total, sistema RTK, entre otros. Este trabajo es de suma importancia para limitar el área de terreno que tendrá a disposición la obra.

Procedimiento de trabajo. – se realizarán los trabajos de trazado y replanteo utilizando todos los materiales y equipos especificados en el APU correspondiente. A su vez, si existen equipos adicionales aprobados por fiscalización, estos podrán utilizarse.

Mano de obra mínima calificada. – Se requerirá mínimo 3 cadeneros (Estruct. Oc. D2), 1 topógrafo (Estruct. Oc. C1) y 1 peón (Estruct. Oc. E2) como lo indica el APU correspondiente.

Medición y forma de pago. – este rubro se mide en metros cuadrados (M2) y el pago se lo realizará en función del detalle del APU y cantidades de obra correspondiente.

| No. Del rubro de pago y designación | Unidad de medición |
|-------------------------------------|--------------------|
| Trazado y replanteo | M2. |

2.01 Excavación a máquina incluye desalojo

Descripción. – La excavación a máquina consiste en el retiro de tierra de un sitio específico. En este caso del material afectado por el socavón dentro de un área de 1242 metros cuadrados. Adicional a esto, se incluye el desalojo de este material excavado.

Procedimiento de trabajo. – se realizarán los trabajos de excavación a máquina incluye desalojo utilizando todos los materiales y equipos especificados en el APU correspondiente. A su vez, si existen equipos adicionales aprobados por fiscalización, estos podrán utilizarse.

Mano de obra mínima calificada. – Se requerirá mínimo 2 ayudantes de albañil (Estruct. Oc. E2), 1 maestro de obra (Estruct. Oc. C2), 1 operador de retroexcavadora (Estruct. Oc. C1), 1

chofer de volqueta (Estruct. Oc. C1) y 1 engrasador o abastecedor responsable en construcción (Estruct. Oc. D2) como lo indica el APU correspondiente.

Medición y forma de pago. – este rubro se mide en metros cúbicos (M3.) y el pago se lo realizará en función del detalle del APU y cantidades de obra correspondiente.

| No. Del rubro de pago y designación | Unidad de medición |
|--|---------------------------|
| Excavación a máquina incluye desalojo | M3. |

2.02 Relleno compactado e hidratado “Subbase”

Descripción. – El relleno compactado e hidratado de la subbase tipo 2 consiste en la colocación, hidratación y compactación del material subbase, esta capa de material debe poseer las siguientes características para ser aceptado: índice de plasticidad menor al 6%, CBR mayor al 20% y Límite líquido menor a 25%.

Procedimiento de trabajo. – se realizarán los trabajos de colocación, hidratación y compactación de la subbase utilizando todos los materiales y equipos especificados en el APU correspondiente. A su vez, si existen equipos adicionales aprobados por fiscalización, estos podrán utilizarse.

Mano de obra mínima calificada. – Se requerirá mínimo: 3 peones (Estruct. Oc. E2), 1 operador de motoniveladora (Estruct. Oc. C1) y 1 operador de rodillo autopropulsado (Estruct. Oc. C2) como lo indica el APU correspondiente.

Medición y forma de pago. – este rubro se mide en metros cúbicos (M3.) y el pago se lo realizará en función del detalle del APU y cantidades de obra correspondiente.

No. Del rubro de pago y designación**Unidad de medición**

Relleno compactado e hidratado “Subbase”

M3.

2.03 Relleno compactado e hidratado “Base”

Descripción. – El relleno compactado e hidratado de la base tipo 1 consiste en la colocación, hidratación y compactación del material base, esta capa de material debe poseer las siguientes características para ser aceptado: índice de plasticidad menor al 6%, CBR mayor al 80% y Límite líquido menor a 25%.

Procedimiento de trabajo. – se realizarán los trabajos de colocación, hidratación y compactación de la base utilizando todos los materiales y equipos especificados en el APU correspondiente. A su vez, si existen equipos adicionales aprobados por fiscalización, estos podrán utilizarse.

Mano de obra mínima calificada. – Se requerirá mínimo: 3 peones (Estruct. Oc. E2), 1 operador de motoniveladora (Estruct. Oc. C1) y 1 operador de rodillo autopropulsado (Estruct. Oc. C2) como lo indica el APU correspondiente.

Medición y forma de pago. – este rubro se mide en metros cúbicos (M3.) y el pago se lo realizará en función del detalle del APU y cantidades de obra correspondiente.

No. Del rubro de pago y designación**Unidad de medición**

Relleno compactado e hidratado “Base”

M3.

3.01 Imprimación asfáltica (incluye transporte)

Descripción. – La imprimación asfáltica consiste en la colocación de material asfáltico sobre la capa Base, de manera que esta se impermeabilice y adquiera adherencia para una posterior colocación de capa de rodadura. Este rubro incluye el suministro, transporte y colocación del material asfáltico

Procedimiento de trabajo. – se verificará que la capa base se encuentre libre de cualquier material suelto y completamente seca, posterior a esto se transportará el material asfáltico y se lo calentará para su posterior colocación utilizando todos los materiales y equipos especificados en el APU correspondiente. A su vez, si existen equipos adicionales aprobados por fiscalización, estos podrán utilizarse.

Mano de obra mínima calificada. – Se requerirá mínimo: 4 peones (Estruct. Oc. E2), 1 operador de barredora autopropulsada (Estruct. Oc. C2) y 1 operador de asfalto (Estruct. Oc. C2) como lo indica el APU correspondiente.

Medición y forma de pago. – este rubro se mide en metros cúbicos (M2.) y el pago se lo realizará en función del detalle del APU y cantidades de obra correspondiente.

| No. Del rubro de pago y designación | Unidad de medición |
|--|---------------------------|
|--|---------------------------|

| | |
|--|-----|
| Imprimación asfáltica (incluye transporte) | M2. |
|--|-----|

3.02 Capa de rodadura de hormigón asfáltico E=10 CM (incluye transporte)

Descripción. – El rubro de capa de rodadura de hormigón asfáltico consiste en la colocación de material asfáltico como última capa de la estructura de pavimento, se colocará en caliente con un espesor de 10 cm. Este rubro incluye el transporte y colocación del material asfáltico.

Procedimiento de trabajo. – se verificará que la capa base se encuentre preparada con material ligante, posterior a esto se fabricará el material asfáltico en caliente y que la temperatura se encuentre entre los 135 °C y 165° utilizando todos los materiales y equipos especificados en el APU correspondiente. A su vez, si existen equipos adicionales aprobados por fiscalización, estos podrán utilizarse.

Mano de obra mínima calificada. – Se requerirá mínimo: 10 peones (Estruct. Oc. E2), 1 operador de acabadora de pavimento asfáltico (Estruct. Oc. C2) y 2 operadores de rodillo autopropulsado (Estruct. Oc. C2) y 1 engrasador o abastecedor responsable en construcción (Estruct. Oc. D2) como lo indica el APU correspondiente.

Medición y forma de pago. – este rubro se mide en metros cúbicos (M2.) y el pago se lo realizará en función del detalle del APU y cantidades de obra correspondiente.

| No. Del rubro de pago y designación | Unidad de medición |
|--|---------------------------|
|--|---------------------------|

Capa de rodadura de hormigón asfáltico E=10 CM

M2.

(incluye transporte)

3.03LETREROS Y SEÑALÉTICAS INFOMATIVAS

Descripción. – El rubro de letreros y señaléticas informativas consiste en la instalación de letreros y señaléticas para evitar el ingreso de personal externo a la obra, al mismo tiempo, con estas señaléticas se evitarán accidentes.

Procedimiento de trabajo. – se instalarán los letreros y señaléticas informativas utilizando todos los materiales y equipos especificados en el APU correspondiente. A su vez, si existen equipos adicionales aprobados por fiscalización, estos podrán utilizarse.

Mano de obra mínima calificada. – Se requerirá mínimo: 3 peones (Estruct. Oc. E2), como lo indica el APU correspondiente.

Medición y forma de pago. – este rubro se mide en unidades (U.) y el pago se lo realizará en función del detalle del APU y cantidades de obra correspondiente.

No. Del rubro de pago y designación

Unidad de medición

3.03 LETREROS Y SEÑALÉTICAS

U.

INFORMATIVAS

3.04 CINTAS PLÁSTICAS DE SEGURIDAD (COLOR REFLECTIVO)

Descripción. – El cintas plásticas de seguridad consiste en la instalación de cintas plásticas para evitar el ingreso de personal externo a la obra, al mismo tiempo, con estos se evitarán accidentes.

Procedimiento de trabajo. – se instalarán las cintas de seguridad utilizando todos los materiales y equipos especificados en el APU correspondiente. A su vez, si existen equipos adicionales aprobados por fiscalización, estos podrán utilizarse.

Mano de obra mínima calificada. – Se requerirá mínimo: 1 técnico salud, seguridad, ambiente y calidad (Estruct. Oc. E3), como lo indica el APU correspondiente.

Medición y forma de pago. – este rubro se mide en unidades (M.) y el pago se lo realizará en función del detalle del APU y cantidades de obra correspondiente.

No. Del rubro de pago y designación

Unidad de medición

3.05 CINTAS PLÁSTICAS DE SEGURIDAD

M.

(COLOR REFLECTIVO)

5.01 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL NT2500

Descripción. – El rubro suministro e instalación de Geotextil consiste en el suministro, transporte e instalación de geotextil no tejido tipo NT2500, este cumple un rol importante en el subren longitudinal paralelo a la carretera.

Procedimiento de trabajo. – se preparará el terreno donde se asentará el geotextil, de manera que no exista ningún objeto punzante, vegetación o escombros. Posterior a esto, se colocará el geotextil en traslapes de 30 cm y se utilizarán todos los materiales y equipos especificados en el APU correspondiente. A su vez, si existen equipos adicionales aprobados por fiscalización, estos podrán utilizarse.

Mano de obra mínima calificada. – Se requerirá mínimo 2 peones (Estruct. Oc. E2) y 1 maestro de obra (Estruct. Oc. C2) como lo indica el APU correspondiente.

Medición y forma de pago. – este rubro se mide en metros cúbicos (M2.) y el pago se lo realizará en función del detalle del APU y cantidades de obra correspondiente.

No. Del rubro de pago y designación

Unidad de medición

5.02 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE

M2.

GEOTEXTIL NT2500

5.02 RELLENO CON AGREGADO DE 1 PULGADA

Descripción. – El rubro relleno con agregado de 1 pulgada consiste en el suministro, transporte y colocación de agregado de 1 pulgada (25 mm) como material de relleno para el sudren paralelo a la carretera.

Procedimiento de trabajo. – se verterá el agregado con cuidado en la zanja, de manera que se evite su segregación. Además, se distribuirá y se nivelará el agregado alrededor y encima de la tubería. Posterior a esto, se compactará de forma ligera utilizando todos los materiales y equipos especificados en el APU correspondiente. A su vez, si existen equipos adicionales aprobados por fiscalización, estos podrán utilizarse.

Mano de obra mínima calificada. – Se requerirá mínimo 1 peón (Estruct. Oc. E2) y 1 albañil (Estruct. Oc. D2) como lo indica el APU correspondiente.

Medición y forma de pago. – este rubro se mide en metros cúbicos (M3.) y el pago se lo realizará en función del detalle del APU y cantidades de obra correspondiente.

No. Del rubro de pago y designación

Unidad de medición

5.03 RELLENO CON AGREGADO DE 1 PULGADA

M3.

5.03 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC 160 mm

Descripción. – El rubro suministro e instalación de tubería consiste en el suministro, transporte e instalación de tubería perforada de 160 mm de diámetro que se usará en la construcción del dren francés ubicado de forma paralela a la carretera, el propósito de esta tubería es conducir el agua subterránea a colectores y no hacia adentro de la estructura de pavimento.

Procedimiento de trabajo. – se verificará que el geotextil se encuentre correctamente colocado a la largo del canal previamente excavado, se colocará una cama de grava en el fondo para la tubería y se realizarán las conexiones correspondientes utilizando todos los materiales y equipos especificados en el APU correspondiente. A su vez, si existen equipos adicionales aprobados por fiscalización, estos podrán utilizarse.

Mano de obra mínima calificada. – Se requerirá mínimo 2 peones (Estruct. Oc. E2) y 1 albañil (Estruct. Oc. D2) como lo indica el APU correspondiente.

Medición y forma de pago. – este rubro se mide en metros cúbicos (U.) y el pago se lo realizará en función del detalle del APU y cantidades de obra correspondiente.

No. Del rubro de pago y designación

Unidad de medición

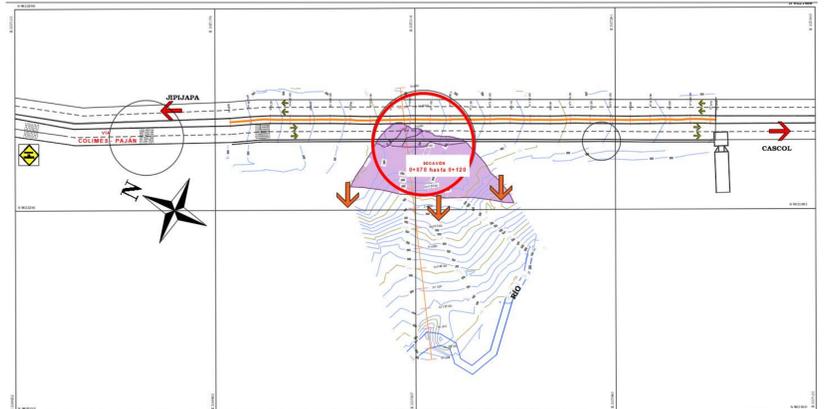
5.04 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE
TUBERÍA PVC 160 MM

U.

Rediseño de tramo de carretera de L=500 metros por socavones laterales y hundimientos de la calzada en la vía Jipijapa – Cascol KM75 sector las Cañitas

PROBLEMA

La carretera Jipijapa – Cascol presenta socavones y hundimientos en la calzada a la altura del kilómetro 75, comprometiendo la integridad estructural del pavimento y a su vez a la seguridad vial de automóviles, autobuses y vehículos de carga. Afectando 2 de los 4 carriles en el tramo de L= 500 m, siendo un problema recurrente.



OBJETIVO GENERAL

Rediseñar un tramo de carretera L=500 metros afectada por socavones, analizando las diferentes causas geotécnicas que producen daños en el pavimento y zonas aledañas, para la solución y reducción del número de accidentes además de proporcionar seguridad vial y sostenibilidad ambiental

PROPUESTA

Levantamiento de Información

- **Topografía:** Uso de Dron, estación total y RTK
- **Mecánica de Suelos:** Calicatas

Diseño de la propuesta

- Diseño de la estructura del Pavimento
- Diseño de Subdren paralelo a la vía
- Diseño de Señalética por medio de Tachas

Análisis y Procesamiento de Datos

Trabajo de Oficina

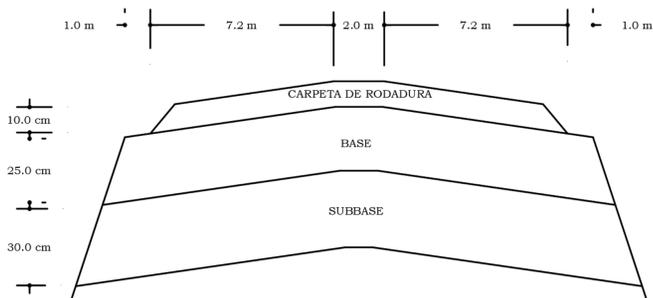
- **Civil 3D:** Generación de Curvas de Nivel, alineamiento y perfil longitudinal

Trabajo de Laboratorio

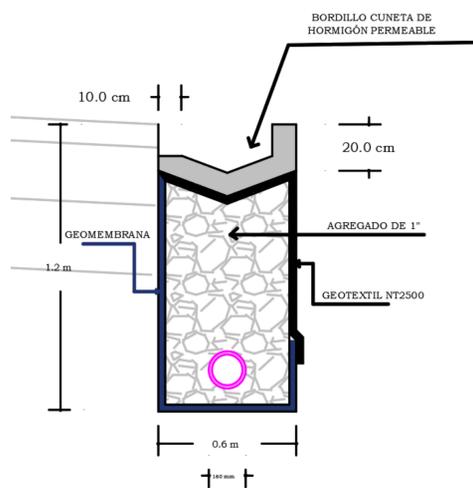
- **Ensayos:** Granulometría, Límites de Atterberg, Proctor Modificado, CBR.

RESULTADOS

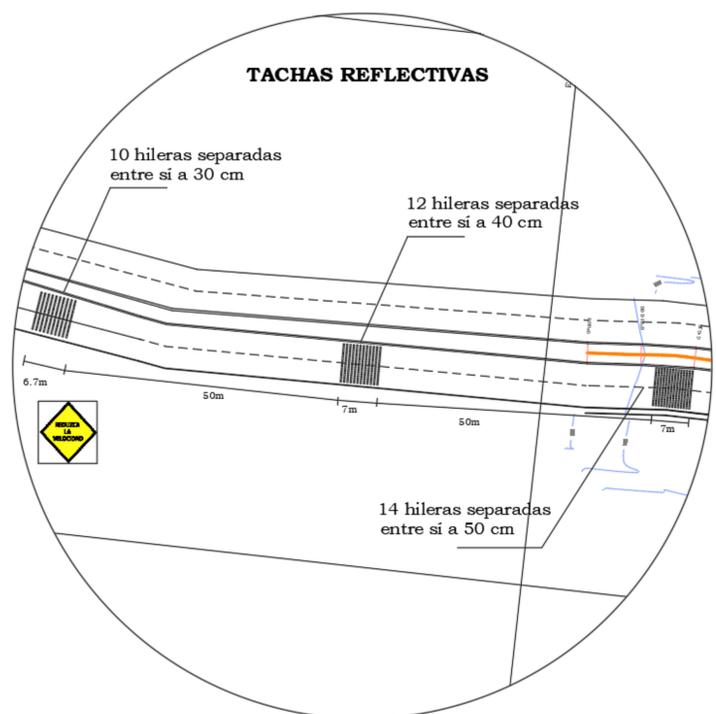
Diseño de estructural del pavimento



Diseño de Subdren paralelo a la vía



Diseño de Señalética por medio de Tachas



CONCLUSIONES

1. Se identificó la zona más afectada a causa de los socavones dentro del tramo L=500 metros, de la vía Jipijapa – Cascol. Esta información se obtuvo del levantamiento topográfico (300x200) m realizado en la zona de estudio y su posterior digitalización en el software Autodesk Civil 3D.
2. Se diseñó la solución temporal al problema presentado por los socavones, esta solución incluyó el diseño de la estructura del pavimento, conformada por 30 cm de subbase, 25 cm de base y 10 cm carpeta asfáltica.
3. Se diseñó un Subdren longitudinal paralelo a la carretera de 60 cm de ancho y 1.5 m de alto, lo cual mejorará significativamente el drenaje subterráneo.
4. Se diseñó un sistema de tachas reflectivas que sirven como reductor de velocidad, en el sentido Jipijapa – Cascol, el primer grupo de tachas se colocó a 50 metros desde el socavón, el segundo grupo a 100 metros y el tercer grupo a 150 metros, cada grupo constó de 10, 12, 14 hileras respectivamente