



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**Propuesta técnica de rediseño vial para el tramo rural de la vía Al Quemado  
– Santa Rosa abscisa 0+000 hasta 3+187 a partir del análisis topográfico,  
geotécnico y de tránsito.**

**TINIZARAY LOPEZ DAVIS ARIEL  
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA  
2025**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Propuesta técnica de rediseño vial para el tramo rural de la vía Al Quemado – Santa Rosa abscisa 0+000 hasta 3+187 a partir del análisis topográfico, geotécnico y de tránsito.**

**TINIZARAY LOPEZ DAVIS ARIEL  
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA  
2025**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTOS TÉCNICOS**

**Propuesta técnica de rediseño vial para el tramo rural de la vía Al Quemado – Santa Rosa abscisa 0+000 hasta 3+187 a partir del análisis topográfico, geotécnico y de tránsito.**

**TINIZARAY LOPEZ DAVIS ARIEL  
INGENIERO CIVIL**

**OYOLA ESTRADA ERWIN JAVIER**

**MACHALA  
2025**

# Propuesta técnica de rediseño vial para el tramo rural de la vía Al Quemado – Santa Rosa abscisa 0+000



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                        |                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nombre del documento:</b> Propuesta técnica de rediseño vial para el tramo rural de la vía Al Quemado – Santa Rosa abscisa 0+000.pdf<br><b>ID del documento:</b> 7dddb0871673f3ffeae9a57af1f7e29c71b50ada<br><b>Tamaño del documento original:</b> 590,94 kB<br><b>Autor:</b> DAVIS_ARIEL TINIZARAY_LÓPEZ | <b>Depositante:</b> Oyola Estrada Erwin Javier<br><b>Fecha de depósito:</b> 25/7/2025<br><b>Tipo de carga:</b> interface<br><b>fecha de fin de análisis:</b> 25/7/2025 | <b>Número de palabras:</b> 14.747<br><b>Número de caracteres:</b> 96.973 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes de similitudes

### Fuentes principales detectadas

| Nº | Descripciones                                                                                                                                                                | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales                      |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|----------------------------------------|
| 1  | <b>scielo.sld.cu</b>   Análisis comparativo de ejes equivalentes obtenidos mediante mét...<br>http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202018000100059 | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (57 palabras) |
| 2  | <b>dspace.ups.edu.ec</b><br>https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/29752/1/UPS-CT011934.pdf<br>1 fuente similar                                                       | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (31 palabras) |
| 3  | <b>dspace.ups.edu.ec</b><br>https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/30279/1/UPS-GT006283.pdf<br>1 fuente similar                                                       | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (24 palabras) |

### Fuentes con similitudes fortuitas

| Nº | Descripciones                                                                                                                | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales                      |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|----------------------------------------|
| 1  | <b>Documento de otro usuario</b> #0d5808<br>Viene de de otro grupo                                                           | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (25 palabras) |
| 2  | <b>repositorio.utmachala.edu.ec</b><br>http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/18697/1/ECFIC-2022-IC-DE00024.pdf | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (20 palabras) |
| 3  | <b>www.obraspublicas.gob.ec</b><br>https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Man...   | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (18 palabras) |
| 4  | <b>Documento de otro usuario</b> #69b42b<br>Viene de de otro grupo                                                           | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (10 palabras) |
| 5  | <b>Documento de otro usuario</b> #2a47ab<br>Viene de de otro grupo                                                           | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (11 palabras) |

# Puntos de interés

1

Nombre: Davis Ariel Tinizaray López

Titulo: Propuesta técnica de rediseño vial para el tramo rural de la vía Al Quemado –

Santa Rosa abscisa 0+000 hasta 3+187 a partir del análisis topográfico, geotécnico y de tránsito.

## RESUMEN

Este proyecto surge ante la evidente necesidad de mejorar las condiciones de una vía rural ubicada en el sector Al Quemado, en el cantón Santa Rosa, cuyo estado actual, marcado por deficiencias geométricas, escasa capacidad estructural y deterioro progresivo, limita la movilidad, especialmente del transporte agrícola, y afecta el desarrollo socioeconómico de la zona.

El objetivo principal fue diseñar una alternativa de trazado vial que se adapte a las condiciones reales del terreno y al volumen de tránsito existente, garantizando mayor seguridad, funcionalidad y durabilidad. Para ello, se llevaron a cabo estudios técnicos como el levantamiento topográfico, aforos vehiculares y ensayos de laboratorio del suelo, que permitieron caracterizar con precisión la situación actual y establecer los parámetros de diseño. A partir de esta información, se propuso un rediseño geométrico con una velocidad de diseño adecuada, corrección de pendientes y radios, así como una estructura de pavimento flexible adaptada a la capacidad de soporte del suelo y a la demanda proyectada.

El desarrollo del proyecto se apoyó en criterios normativos (NEVI-12), el método AASHTO 93 y el uso de herramientas como AutoCAD Civil 3D, permitiendo una planificación técnica precisa. En conjunto, esta propuesta busca mejorar la conectividad de la zona, facilitar el transporte de productos agrícolas y contribuir al bienestar de los habitantes del sector.

Palabras clave: vías rurales, diseño geométrico, pavimento flexible, levantamiento topográfico, movilidad agrícola, NEVI-12, AASHTO 93, Civil 3D.

2

## INTRODUCCIÓN

Importancia del tema

**1**

**Documento de otro usuario**  
 Viene de de otro grupo

La infraestructura vial constituye un pilar fundamental para el desarrollo de las

comunidades rurales, ya que facilita la movilidad, mejora la accesibilidad a servicios básicos y promueve el crecimiento económico. En Ecuador, una parte significativa del territorio depende de vías de tercer orden, las cuales conectan zonas agrícolas y rurales con los principales centros urbanos. Sin embargo, muchas de estas carreteras presentan condiciones deficientes, lo que limita su funcionalidad y afecta negativamente la productividad y calidad de vida de sus habitantes.

El trazado geométrico de una vía influye directamente en su seguridad, eficiencia y durabilidad. Un diseño inadecuado puede generar problemas como inestabilidad estructural, tiempos de recorrido prolongados y riesgos para los usuarios. Por ello, evaluar y optimizar los trazados geométricos en vías rurales es una tarea prioritaria para garantizar una infraestructura vial eficiente y sostenible.

En el contexto de la provincia de El Oro, y en particular en el cantón Santa Rosa, la mejora del trazado de sus vías rurales resulta esencial para fortalecer la conectividad y dinamizar la actividad económica local. La producción agrícola y ganadera de la región depende en gran medida del transporte de insumos y productos terminados, por lo que contar con vías adecuadas no solo facilita la movilidad de los productores, sino que también reduce costos logísticos y fortalece el comercio regional.

Desde el ámbito de la ingeniería civil, el estudio de los trazados geométricos en carreteras rurales permite aplicar conocimientos técnicos en topografía, tránsito y diseño estructural, asegurando que las soluciones planteadas sean viables tanto desde el punto de vista funcional como económico. Así, el presente trabajo contribuye a la formulación de propuestas de mejora que optimicen la infraestructura vial y promuevan el desarrollo sostenible en la zona de estudio.

### 3

#### Actualidad de la problemática

A pesar de su relevancia estratégica, las vías rurales del cantón Santa Rosa presentan condiciones desfavorables que limitan su funcionalidad y seguridad. Estas deficiencias, derivadas de diseños geométricos inadecuados y un mantenimiento insuficiente, generan problemas como superficies de rodadura irregulares, mala conectividad y un aumento en los tiempos de recorrido. En particular, la vía Al Quemado, objeto de estudio de este trabajo, carece de un diseño técnico formal, ya que fue originalmente abierta de manera empírica por los habitantes locales, sin considerar criterios técnicos como capacidad estructural, resistencia del suelo o condiciones topográficas.

Este deterioro afecta directamente la movilidad de los usuarios y el transporte de productos agrícolas, disminuyendo la productividad de los sectores rurales e incrementando los costos operativos. Adicionalmente, el crecimiento poblacional desordenado y la falta de integración con la planificación urbana han generado una demanda vehicular que supera la capacidad actual de las vías, agravando los problemas de tránsito y aumentando el riesgo de accidentes.

Frente a esta realidad, se hace evidente la necesidad de una intervención técnica que contemple un diseño geométrico adecuado para optimizar las condiciones de las vías rurales. Este enfoque permitirá garantizar un servicio vial eficiente, mejorar la conectividad entre zonas urbanas y rurales, y promover un desarrollo socioeconómico en el cantón Santa Rosa.

## 1. CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Antecedentes

El presente trabajo de titulación se llevará a cabo en la Provincia del Oro, en el Cantón Santa Rosa, específicamente en la parroquia del mismo nombre. Santa Rosa está situada al sur de la región litoral del Ecuador, en una amplia llanura a 10 metros sobre el nivel del mar. Es reconocida como la tercera ciudad más grande y poblada de la provincia de El Oro. La parroquia Santa Rosa abarca una superficie de 141,77 km<sup>2</sup>, lo que representa el 11,40% del territorio cantonal. Geográficamente, se localiza en las coordenadas 78°57'30" de longitud oeste y 3°26'30" de latitud sur. (Gobierno Autónomo descentralizado, 2019)

A partir de los censos realizados por parte del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en el año 2001 en donde Santa Rosa presentó una población de 46,200 habitantes y 2010 donde hubo un registro de 52,863 habitantes, se determina una tasa de crecimiento poblacional del 1.51% y se procede a realizar las proyecciones de población haciendo uso del método geométrico, los resultados se muestran en la tabla 1.

A su vez se puede dividir esta población según la zona en la que se encuentra, creándose así dos categorías: la rural y la urbana donde están quienes habitan la cabecera parroquial. En la tabla 2 se detalla la proyección de población en este contexto.

El cantón Santa Rosa cuenta con un territorio rural de suelos altamente productivos para la agricultura, la ganadería y la acuicultura, gracias a la presencia de ecosistemas estratégicos como manglares y humedales. Estas características no solo destacan su potencial productivo y ecológico, sino que también crean un paisaje natural distintivo que define la identidad del territorio (Gobierno Autónomo descentralizado, 2019).

El perímetro urbano en las zonas de la parroquia Santa Rosa se ha visto modificado, principalmente, por una tendencia a reconocer asentamientos irregulares realizados sin considerar límites catastrales actuales, lo que conlleva una expansión de las áreas urbanas hacia la zona rural. El patrón de crecimiento urbano en la ciudad de Santa Rosa, está sectorizado hacia el norte y noreste, incluyendo la nueva parroquia denominada Nuevo Santa Rosa; razón por la cual se requiere de una actualización de la red vial que integre estos nuevos sectores (Gobierno Autónomo descentralizado, 2019).

## 5

En la Provincia de El Oro la competencia de las vías se divide entre el Gobierno Autónomo Descentralizado municipal del cantón Santa Rosa (GAD) y el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de El Oro (GADPEO), a partir de esto se establece un límite urbano dentro del cual la competencia de las vías que allí se encuentra le pertenecerá al GAD Cantonal dejando el resto del sistema vial a cargo del Consejo provincial. Esta división facilita la destinación de recursos, obras y mantenimiento del sistema vial (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de El Oro, 2019).

El Gobierno Autónomo descentralizado (2019) establece que la red vial del cantón está integrada por: la red vial estatal, la provincial y la cantonal urbana. El estudio se centrará en la red vial provincial, la misma que comunica cabeceras parroquiales-rurales con diferentes comunidades o recintos vecinales, esta red cuenta con un total de 292.31 km lo

cual corresponde al 39% de la red vial total del cantón (Gobierno Autónomo descentralizado, 2019).

El Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de El Oro (2019) en su PDYOT divide la red vial provincial en tres categorías: vías de primer orden, este tipo de carretera conecta las cabeceras de la provincia con las ciudades principales; vías de segundo orden, las cuales están caracterizadas por vincular territorios urbanos con rurales, es decir, es la unión entre las vías de primer y tercer orden; y, por último, vías de tercer orden que corresponderían a las zonas rurales y caminos vecinales. En la siguiente tabla se muestra la longitud de la red vial según su clasificación.

En la siguiente tabla se muestra el material del cual está conformada la capa de rodadura de las vías de tercer orden y la distribución correspondiente.

El cantón Santa Rosa experimenta un notable crecimiento demográfico, lo cual resalta la importancia de mejorar su infraestructura vial. A pesar de esto, muchas de sus vías aún se encuentran en condiciones desfavorables, limitando la productividad de los sectores rurales y obstaculizando su desarrollo. En este contexto, el diseño del trazado geométrico de vías rurales se plantea como una solución viable para optimizar las condiciones de movilidad y beneficio para los usuarios. Por ello, el presente trabajo de titulación se enfoca en la evaluación de un caso de estudio sobre este tipo de vía, con el objetivo de

6  
proponer alternativas de diseño, basadas en criterios técnicos y normativas vigentes, que mejoren su funcionalidad.

1.2 Descripción de la situación problemática (Causas y efectos)

El cantón Santa Rosa, caracterizado por su creciente población y su importante actividad económica, enfrenta desafíos relacionados con la estructura y funcionalidad de sus vías, las cuales presentan condiciones que dificultan el transporte eficiente de productos y personas. Esta realidad limita el desarrollo económico y social de la región y refleja la necesidad de abordar problemas asociados con la infraestructura vial y su capacidad para satisfacer la demanda actual.

La vía objeto de estudio carece de una estructura y características propias de un diseño técnico formal, ya que, como ocurre frecuentemente en las zonas rurales, estas vías suelen ser abiertas de manera empírica por los habitantes locales. En estas áreas, dedicadas principalmente a actividades agrícolas, la necesidad de acceder a las fincas impulsa la apertura de caminos de manera informal, sin considerar aspectos como el diseño geométrico, la resistencia del suelo o las condiciones topográficas.

Posteriormente, estas vías son reconocidas por entidades municipales o provinciales, y con el tiempo se incorporan a los planes de desarrollo vial. Sin embargo, al no haber sido concebidas bajo criterios técnicos desde su origen, presentan limitaciones significativas en su funcionalidad y durabilidad, lo que afecta la movilidad de los usuarios y el transporte eficiente de productos agrícolas.

La falta de conexión entre la planificación urbana y el diseño de las vías desencadena en

la circulación de tráfico no esperado sobre las mismas, lo cual, sumado a una falta de infraestructura adecuada, genera el desgaste prematuro de la vía y problemas de transitabilidad.

Además, la vía en estudio no cuenta con una capa de rodadura adecuada que garantice condiciones óptimas para el tránsito vehicular. Su superficie actual, en estado de lastrado o camino afirmado, limita su funcionalidad y capacidad para soportar el tráfico agrícola y de pasajeros. Estas condiciones generan problemas como un mayor desgaste de los vehículos, tiempos de traslado prolongados y una menor seguridad vial, especialmente durante las épocas de lluvia, cuando la superficie se torna inestable y difícil de transitar.

7

Otro factor que acentúa el problema es el crecimiento demográfico desordenado. La falta de organización en la expansión del cantón provoca una desconexión entre la planificación urbana y el diseño de las vías, lo cual, dificulta prever y gestionar el impacto de la creciente población sobre el diseño y funcionalidad de las vías. Esto da lugar a un flujo vehicular atraído no previsto que acelerará el desgaste de la estructura vial.

Si no se realizan los diseños técnicos pertinentes para la mejora de la vía, los problemas relacionados con la transportación de productos agrícolas y la movilidad de los habitantes continuarán agravándose. Esto no solo limitará el crecimiento económico del cantón, al obstaculizar el acceso a mercados y reducir la competitividad de los productores locales, sino que también afectará directamente a la calidad de vida de los habitantes del sitio “El Quemado”, quienes enfrentarán mayores dificultades para acceder a servicios públicos esenciales como salud, educación y seguridad.

### 1.3 Formulación del problema (preguntas científicas)

El trazado geométrico de vías rurales ha sido objeto de estudio en diversas investigaciones y planes de ordenamiento territorial, lo que proporciona una base de información relevante para abordar los desafíos actuales. Datos sobre el crecimiento demográfico, el flujo vehicular y las condiciones de las vías existentes están disponibles y constituyen un recurso valioso para entender las limitaciones de la infraestructura actual. Estos antecedentes permiten sustentar técnicamente la necesidad de intervenir en las vías para mejorar la conectividad, movilización y la calidad del servicio vial.

Actualmente, en el cantón, el estado de las vías rurales evidencia un deterioro significativo y una insuficiente capacidad para satisfacer las demandas del tráfico. Frente a este panorama, el diseño de un trazado geométrico adecuado se presenta como una alternativa viable para mejorar las condiciones de las vías rurales.

Implementar soluciones que incluyan estudios actualizados del terreno, mejores técnicas de diseño y un enfoque integrado con la planificación urbana podría resolver los problemas existentes. Estas estrategias no solo mejorarían la calidad de las vías, sino que también contribuirían a optimizar el transporte, reducir los costos operativos y fomentar el desarrollo sostenible del sitio “El Quemado”.

8

Considerando la situación expuesta y los desafíos identificados, esta investigación plantea

la siguiente interrogante: ¿Es inadecuado el servicio vial que reciben los usuarios de las vías rurales de la ciudad de Santa Rosa?

Como base para el desarrollo del trabajo de titulación se han planteado las siguientes preguntas científicas: ¿Existe un buen diseño geométrico de carreteras que permita un adecuado servicio de vialidad para los habitantes del sitio “El Quemado”?, ¿Cuáles son las condiciones actuales de las vías rurales del sitio “El Quemado”?, ¿Cuál es una posible alternativa para el mejoramiento de las vías rurales del sitio “El Quemado”?

#### 1.4 Delimitación del objeto de estudio

El presente trabajo de investigación se enfoca en las vías en zonas rurales que presenten trazados geométricos deficientes, particularmente se tratará el caso de la ciudad de Santa Rosa en la provincia de El Oro. El trabajo se centrará en analizar datos obtenidos en campo sobre las condiciones actuales de la carretera, con el objetivo de establecer su capacidad estructural actual. A partir de la información recolectada sobre el tráfico vehicular, las características del suelo y el Índice de Capacidad de Soporte (CBR), se determinarán los espesores de las capas de base, subbase y rodadura necesarios para definir una especificación técnica del tipo de pavimento adecuado para la vía rural en estudio. Esta especificación técnica se basará en las normas del Ministerio de Obras Públicas (MOP), estableciendo la clase y tipo de materiales requeridos para las capas de base y subbase, así como el tamaño y características del material a utilizar en la capa de rodadura.

La vía de estudio está compuesta por 1 carril bidireccional con 5m de ancho de carril y sirve como conexión entre varias fincas y terrenos que se dedican al sector ganadero y agrónomo de la ciudad. La vía representa una ruta importante para el cantón ya que conecta la zona rural con la zona urbana proporcionando un eje hacia el cual la ciudad puede expandirse (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de El Oro, 2019).

Tiene su inicio a partir de la Vía Bella María y termina su recorrido en la Parroquia Nueva Santa Rosa con una extensión aproximada de 9.1 km. En la siguiente tabla se especifican las coordenadas de inicio y fin del tramo y se presenta una ilustración demostrativa.

9

#### 1.5 Justificación

En los últimos años, Ecuador ha experimentado importantes avances en el sector vial, con la mejora y construcción de nuevas carreteras. Estos proyectos han impulsado el desarrollo de pequeñas comunidades, favoreciendo el aumento de la producción agrícola y optimizando la capacidad de transporte de sus productos hacia diferentes mercados. La inversión en infraestructura vial desempeña un papel crucial en el desarrollo de sectores específicos y de la economía en general, ya que facilita la conexión entre personas y mejora el acceso a servicios públicos y mercados, como los de bienes, servicios y empleo. Los proyectos de construcción de carreteras estén diseñados para beneficiar a una localidad específica, pero su impacto puede trascender y extenderse significativamente, mejorando tanto la accesibilidad absoluta como relativa de la región, lo que podría promover el desarrollo económico.

El sistema vial del cantón Santa Rosa está estratégicamente integrado tanto a nivel provincial como nacional, aprovechando su ubicación geográfica e infraestructura para consolidarse como un punto clave de conectividad. Este cantón funciona como un nodo fundamental que facilita la articulación dentro de la provincia y la conexión con diversos puertos del país. No obstante, el diseño de las vías presenta deficiencias que generan inquietud respecto a la seguridad vial y sus repercusiones en la situación socioeconómica de la región. Frente a estos desafíos, implementar un diseño geométrico actualizado y adaptado a las necesidades actuales de movilidad se presenta como una solución viable. Este proyecto permite consolidar los saberes teóricos y prácticos adquiridos durante la formación académica, desarrollando habilidades en la ejecución de trabajos técnicos y fortaleciendo la experiencia en el ámbito del diseño vial. Su elaboración es parte del proceso para la obtención del título de Ingeniero Civil, integrando consideraciones técnicas en el diseño geométrico y estructural de carreteras. Asimismo, su implementación busca optimizar la funcionalidad de las carreteras analizadas, incrementando su nivel de servicio y garantizando condiciones de seguridad para el flujo vehicular.

10

1.6 Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Diseñar una alternativa de trazado geométrico en vías rurales mediante la realización de estudios técnicos, análisis de laboratorio y el uso de herramientas tecnológicas; que permita el alcance de un servicio vial adecuado para los usuarios del tramo de la carretera Al Quemado, desde la abscisa 0+000 hasta la abscisa 3+187, contribuyendo así con el desarrollo socioeconómico de este sitio y por ende de la ciudad de Santa Rosa.

1.6.2. Objetivos específicos

- Examinar las alternativas de diseño en trazado geométrico para vías rurales mediante la revisión de bibliografía pertinente y estudios previos para la determinación de criterios de diseño.
- Evaluar el tramo de la vía rural Al Quemado mediante estudios técnicos para la determinación de su capacidad de soporte y las problemáticas existentes en cuanto a su funcionalidad y durabilidad.
- Proponer un diseño de vía rural en el tramo 0+000 a 3+187 de la vía Al Quemado a partir de los resultados del análisis técnico y las condiciones del tráfico que garanticen su desempeño adecuado y la seguridad vial de los usuarios.

11

2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes contextuales

2.1.1. Macro

A escala global, el trazado geométrico de las vías constituye un elemento clave en la planificación y diseño de infraestructuras viales. Por ejemplo, en la carretera rural NH-23 en India, evaluada por Garnaik et al. (2023), se utilizó un Sistema de Inferencia Difusa

(FIS) implementado a partir de datos recolectados en campo y modelos elaborados a base de conocimientos de expertos. Este sistema permitió analizar factores críticos como radios de curva pequeños, ángulos de deflexión pronunciados y visibilidad limitada, identificando patrones de riesgo. Mediante la integración con herramientas como MATLAB, AutoCAD y MX Road, se propusieron intervenciones como ajustes en los radios horizontales y transiciones de superelevación, logrando reducir significativamente los accidentes en la vía. Además, el sistema permitió predecir el impacto de estas intervenciones en el comportamiento de los conductores, facilitando un enfoque preventivo para mejorar la seguridad vial.

De manera complementaria, Lopes et al. (2019) llevaron a cabo un estudio comparativo sobre software para el diseño geométrico de carreteras, evaluando herramientas como TCP-MDT, AutoCAD Civil 3D y TopoGRAPH en el diseño de un tramo en Málaga, España. Los resultados mostraron que TCP-MDT y TopoGRAPH destacaron en el cálculo de superelevaciones y superanchos, alineándose con normativas internacionales como el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras (DNIT, 1999) y las normas AASHTO (2011). TCP-MDT sobresale por su facilidad de uso y precisión en la generación de alineamientos horizontales, mientras que TopoGRAPH permite un análisis detallado de pendientes y transiciones, lo que resulta útil en terrenos irregulares. Por otro lado, AutoCAD Civil 3D se destacó en simulaciones de volúmenes de corte y relleno, ofreciendo una visualización dinámica que optimiza el diseño y reduce errores en la planificación del movimiento de tierras. Estos hallazgos resaltan la importancia de seleccionar herramientas tecnológicas adecuadas para mejorar la precisión y eficiencia en proyectos viales.

Por otro lado, Maher & Ebrahimi (2019) estudiaron el comportamiento estructural de pavimentos en configuraciones de una sola capa y de múltiples capas. A través de

12

experimentos de laboratorio, como ensayos de resistencia a la compresión y capacidad de soporte, y modelos numéricos que simulaban condiciones de carga dinámica, identificaron que las configuraciones multicapa ofrecían mayor resistencia y flexibilidad. Estas pruebas permitieron analizar el comportamiento estructural de las capas en diferentes escenarios de carga y humedad, lo que fundamentó la recomendación del uso de aditivos como cal o cemento para estabilizar suelos en proyectos exigentes.

Adicionalmente, el estudio identificó cómo la interacción entre las capas contribuye a mejorar la distribución de cargas, prolongando la vida útil del pavimento.

Asimismo, Caro & Caicedo (2017) analizaron tecnologías sostenibles para vías terciarias, destacando la importancia de adaptar soluciones a las condiciones locales. Este estudio resalta el empleo de materiales no convencionales y la participación comunitaria como pilares para mejorar la conectividad rural. Entre los criterios evaluados se incluyeron aspectos ambientales como la reducción del impacto ecológico, económicos como la optimización de recursos locales y sociales como la integración de las comunidades en el mantenimiento de las vías.

Finalmente, Virsis et al. (2020) abordaron el diseño vial en suelos de baja capacidad

portante, como turba y terrenos orgánicos, proponiendo técnicas innovadoras como columnas combinadas de concreto y grava. Estos métodos demostraron ser eficaces para estabilizar tramos críticos, asegurando la funcionalidad y prolongando la vida útil de las carreteras. La investigación incluyó simulaciones de deformación bajo diferentes condiciones de carga, lo que permitió optimizar las técnicas empleadas según las particularidades del terreno.

#### 2.1.2. Meso

En el ámbito regional, la evaluación de velocidades de operación es fundamental para garantizar la seguridad vial y optimizar el diseño geométrico. En Ecuador, García-Ramírez et al. (2017) analizaron cómo las velocidades varían según el día y la hora en tramos rectos de carreteras rurales en el cantón Loja, proporcionando información clave para determinar las condiciones críticas de operación en tramos rectos.

Complementariamente, García-Ramírez & Alverca (2019) desarrollaron ecuaciones de predicción para curvas horizontales y entre-tangencias en carreteras montañosas, considerando variables como el radio de las curvas y las pendientes longitudinales.

13

Ambos estudios emplearon herramientas avanzadas como MetroCount y Video VBOX Lite, las cuales permitieron obtener datos precisos sobre velocidades de operación en tiempo real y bajo diferentes condiciones de tráfico. Estas herramientas no solo garantizaron una recolección confiable de datos, sino que también facilitaron la calibración de modelos representativos del contexto rural ecuatoriano, reflejando patrones de tráfico específicos y comportamientos de los conductores locales.

Además, Zhangallimbay & Ordoñez (2022) evaluaron el impacto de la infraestructura vial en la productividad agrícola en provincias como El Oro y Manabí. Su modelo de diferencias en diferencias demostró que las mejoras viales incrementaron significativamente la productividad y ventas de cultivos permanentes, destacando la importancia de invertir en conectividad rural para potenciar la economía local. Este enfoque resalta cómo las inversiones en infraestructura no solo mejoran la movilidad, sino que también tienen un impacto directo en el desarrollo económico y social de las comunidades.

#### 2.1.3. Micro

A nivel provincial, se han llevado a cabo esfuerzos significativos para fortalecer la infraestructura vial, buscando mejorar la conectividad y el impacto positivo en la comunidad. Galarza et al. (2024) y Reyes et al. (2022) analizaron el diseño geométrico de carreteras identificando deficiencias en radios de curva, peraltes y anchos de carril, los cuales incrementan el riesgo de accidentes. El estudio utilizó aforos vehiculares y levantamientos topográficos con drones RTK para obtener datos precisos sobre velocidad de operación, pendientes y dimensiones de las curvas. A partir de estos datos, emplearon AutoCAD Civil 3D para modelar alternativas de diseño que mejoraran la seguridad y cumplieran con normativas nacionales. Los resultados mostraron que las propuestas lograron aumentar los radios de curva, ajustar los peraltes y ampliar los anchos de carril, lo que permitió una reducción significativa en los riesgos de accidentes y una mejora

notable en la comodidad y seguridad de los usuarios.

Además, el estudio de Vásquez et al. (2023) abordó la optimización de espesores de pavimento en la vía rural Chilla - Quera mediante técnicas de estabilización con cemento hidráulico, destacando soluciones prácticas que incrementaron la durabilidad y resistencia estructural de las vías rurales. La metodología incluyó un análisis detallado de las

14

propiedades del suelo y su interacción con las cargas vehiculares previstas, permitiendo determinar configuraciones óptimas para las capas de base y sub-base. Los resultados evidenciaron que estas soluciones no solo mejoraron la funcionalidad de la vía, sino que también redujeron significativamente los costos de mantenimiento a mediano y largo plazo.

Estos estudios subrayan la importancia de integrar tecnologías modernas, metodologías adaptadas al contexto local y un enfoque holístico para garantizar que las infraestructuras viales cumplan con las necesidades actuales y futuras de la población.

2.2 Antecedentes conceptuales

La infraestructura vial constituye un pilar esencial para el desarrollo regional, pues fomenta la conectividad entre comunidades, impulsa el intercambio económico y mejora la calidad de vida de la población. Como señalan Muhammed et al. (2023), los ejes viales, definidos como las carreteras que estructuran la red vial de un territorio, desempeñan un papel crucial al conectar zonas urbanas, periurbanas y rurales.

La infraestructura vial constituye el conjunto de elementos físicos que permiten la circulación segura y eficiente de vehículos y peatones. Comprende tanto las vías como sus componentes estructurales (pavimento, subrasante, base, subbase), geométricos (alineamientos, secciones, pendientes) y funcionales (señalización, drenaje, control de tránsito). En el ámbito rural, la infraestructura vial cumple un rol fundamental al conectar zonas agrícolas y productivas con centros poblados, favoreciendo el desarrollo económico y social de las comunidades. Muhammed et al. (2023)

Además, la conectividad vial, entendida como la capacidad de una red de carreteras para enlazar diferentes puntos de un territorio, es un indicador clave del desarrollo regional.

Una red vial eficiente no solo mejora la accesibilidad, sino que también impulsa la inclusión social al facilitar el acceso a servicios esenciales como la educación y la salud.

En este contexto, las vías rurales adquieren una función particular. De acuerdo con Narvaez (2017), estas carreteras, a diferencia de las urbanas o de alta capacidad, son esenciales para integrar comunidades aisladas con centros de producción y comercio. Sin embargo, su diseño y mantenimiento presentan desafíos únicos, como la adaptación a terrenos topográficamente complejos, el uso de materiales locales y la gestión de

15

presupuestos restringidos. En las regiones agrícolas, estas vías son especialmente importantes, ya que facilitan el transporte de productos hacia mercados más amplios, promoviendo así la economía local.

Para garantizar la funcionalidad y durabilidad de la infraestructura vial, es fundamental

realizar una evaluación integral de las carreteras. Según Surichaqui et al. (2023), este análisis incluye aspectos esenciales como la resistencia estructural, el tráfico vehicular y las condiciones de seguridad vial. A través de levantamientos topográficos y estudios de suelo, se identifican áreas críticas que requieren mejoras inmediatas o rediseños significativos.

En particular, los levantamientos topográficos permiten recolectar datos taquimétricos del relieve terrestre mediante el uso de equipos como estaciones totales y GPS, herramientas fundamentales para calcular volúmenes de explanación y elaborar diseños geométricos adaptados al terreno, minimizando los impactos ambientales (Surichaqui et al., 2023).

El tráfico vehicular es otro componente clave en la evaluación y gestión de carreteras.

Wang et al. (2013) lo define como la interacción dinámica entre velocidad, densidad, flujo y congestión, factores interrelacionados que determinan la capacidad operativa de la vía.

A medida que la densidad aumenta, la velocidad disminuye, afectando directamente el flujo vehicular y la funcionalidad de la carretera. Este comportamiento se analiza mediante aforos vehiculares, que consisten en el conteo de vehículos que transitan por un punto específico durante un periodo determinado.

Los aforos permiten calcular indicadores clave como el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), fundamental para clasificar las vías y definir los requisitos de diseño (Rodríguez et al., 2023). Además, el TPDA se complementa con el análisis de los ejes equivalentes (ESALS), que mide el impacto acumulativo de las cargas pesadas sobre la estructura del pavimento, proporcionando información crucial para garantizar niveles de servicio adecuados.

En cuanto a la clasificación de las carreteras, Montañó De León et al. (2015) destacan tres enfoques principales: transitabilidad, administrativa y técnica oficial. La transitabilidad evalúa el estado constructivo de las vías, clasificándolas como pavimentadas, revestidas

16

o de terracería. La clasificación administrativa organiza las vías según la entidad gubernamental responsable de su construcción y mantenimiento, ya sea federal o estatal.

La clasificación técnica oficial, utilizada principalmente en el diseño geométrico de autopistas, categoriza las vías según el TPDA, estableciendo su jerarquía y características específicas. Esta clasificación permite ajustar el diseño de las carreteras a las demandas reales de tráfico, asegurando su funcionalidad. De manera general, se definen seis tipos de vías (A4, A2, B, C, D, y E) las cuales, según el rango de TPDA que soportan, se clasifican en vías de alta capacidad (TPDA de 5,000 a 20,000 vehículos) y vías de baja capacidad (TPDA de hasta 100 vehículos). (Montañó De León et al., 2015)

La consistencia de la vía es un concepto central en el diseño geométrico de carreteras, ya que garantiza que el trazado de la infraestructura vial responda de manera predecible y natural a las expectativas de los conductores. Según Cantisani & Del Serrone (2020), esta característica asegura que los elementos geométricos consecutivos estén coordinados para promover un comportamiento de conducción uniforme y armonioso, minimizando el riesgo de maniobras inseguras. De manera complementaria, Oñate-Bastidas & Calero-Valenzuela (2023) destacan que una vía consistente permite a los conductores transitar a

una velocidad cómoda y constante, reforzando tanto la seguridad como la comodidad del viaje.

Desde esta perspectiva, el diseño geométrico integra múltiples elementos que aseguran la funcionalidad y sostenibilidad de las carreteras. Según Vivek Gajanan Sukalkar et al.

(2022), estos elementos incluyen alineaciones horizontales y verticales, distancias de visibilidad, elementos transversales y características de intersecciones. Además,

consideran factores de mayor escala como la velocidad de diseño, las condiciones topográficas, el tráfico proyectado y los impactos ambientales.

Paikun et al. (2021) dividen las alineaciones verticales en tramos rectos y curvos, diseñados utilizando curvas circulares completas, curvas de transición espiral-circular y curvas espirales modificadas, que optimizan la seguridad y funcionalidad del trazado. Por otro lado, la alineación vertical, también analizada por Paikun et al. (2021), se enfoca en el diseño del perfil longitudinal de la carretera, considerando pendientes positivas (ascensos) y negativas (descensos), que se combinan para formar curvas convexas y cóncavas.

17

Elementos como los peraltes o superelevaciones son fundamentales para garantizar la seguridad en las curvas. Gil-Mora & Sosa-Aguirre (2021) sostiene que estas inclinaciones transversales contrarrestan las fuerzas centrífugas, proporcionando estabilidad vehicular y reduciendo el riesgo de derrape o vuelco. Otros aspectos críticos son las pendientes, que deben mantenerse dentro de límites razonables para evitar problemas de visibilidad y desgaste excesivo de los sistemas de frenado. Finalmente, el ancho de carril y los sobrehanchos en curvas contribuyen a la maniobrabilidad de los vehículos, mejorando la seguridad y fluidez del tránsito.

La seguridad y operación vial también son prioritarias en el diseño y gestión de carreteras.

González et al. (2023) destaca las zonas laterales a las vías como un elemento clave y menciona que estas deben estar libres de obstáculos peligrosos y contar con barreras de contención para minimizar riesgos.

Asimismo, la variabilidad en las velocidades vehiculares influye significativamente en la operación vial. Maghrour Zefreh & Török (2020) menciona que esta distribución está determinada por factores como la densidad vehicular y las condiciones de la vía Galarza et al. (2024) añaden que la velocidad de diseño y la velocidad de operación son determinantes para la seguridad vial; mientras la primera establece un límite seguro, la segunda refleja las condiciones reales de tránsito. Una discrepancia significativa entre ambas puede aumentar el riesgo de accidentes.

La densidad vehicular es otro factor relevante, ya que mide la cantidad de vehículos presentes en una sección de la vía y es clave para determinar el nivel de servicio, según los rangos definidos en el manual HCM 2010. Peñafiel et al. (2022) explican que este nivel clasifica la calidad del flujo vehicular desde "A" (flujo libre) hasta "F" (congestión severa). Cuando una vía alcanza su capacidad máxima o el límite de su nivel de servicio, Paladines et al. (2022) destacan la necesidad de ajustar sus especificaciones técnicas para satisfacer las nuevas demandas de tráfico, garantizando tanto la movilidad como el

desarrollo urbano y económico.

Finalmente, el diseño de pavimentos complementa esta evaluación integral de las carreteras. Según Rogel et al. (2023), este proceso busca establecer las características estructurales y funcionales del pavimento para responder a las demandas del tráfico y las condiciones del terreno. Yu et al. (2020) explican que la estructura del pavimento está

18

compuesta por varias capas: subrasante, subbase, base y capa de rodadura. Cada una de estas capas desempeña un papel específico para soportar las cargas vehiculares y prevenir deformaciones.

Dentro de la infraestructura vial, el pavimento es el componente estructural encargado de soportar las cargas de tránsito y transmitir las progresivamente hacia el terreno natural. Su diseño depende de múltiples factores como la resistencia del suelo, el volumen y tipo de tráfico, las condiciones climáticas y los recursos económicos disponibles. Según su comportamiento estructural y materialidad, los pavimentos pueden clasificarse en: flexibles, rígidos y semirrígidos. La elección de cada uno depende de factores como el tipo de suelo, volumen de tránsito, disponibilidad de materiales, costos y facilidad de mantenimiento. (Castro & Castro, 2020)

El pavimento flexible, también denominado pavimento asfáltico, se caracteriza por estar conformado por una capa de rodadura asfáltica, una base granular y una subbase. Este tipo de estructura permite deformaciones controladas en las capas inferiores sin comprometer la integridad del pavimento. Su diseño está enfocado en distribuir las cargas vehiculares hacia la subrasante mediante un sistema de capas sucesivas. De acuerdo con Barreto et al. (2018) “está



scielo.sld.cu | Análisis comparativo de ejes equivalentes obtenidos mediante método aashto 93 y los proporcionados por pesaje en balanza fija de vehículos  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=52218-36202018000100059](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=52218-36202018000100059)

conformado por capa asfáltica en la superficie de rodadura, la

cual permite pequeñas deformaciones en capas inferiores sin que la estructura falle.

Debajo de esta capa, se encuentra base granular y capa de sub-base, destinadas a distribuir

y transmitir cargas originadas por el tránsito”

La capa de rodadura, ubicada en la parte superior, está compuesta por mezclas asfálticas, como asfalto en caliente (HMA) o mezclas modificadas con polímeros. Esta capa debe resistir el desgaste, impermeabilizar la superficie y proporcionar suficiente fricción para garantizar la seguridad y comodidad del conductor.

Inmediatamente debajo se encuentra la base, una capa elaborada con materiales granulares procesados o estabilizados, como grava triturada o mezclas tratadas con agentes hidráulicos, cuya función es distribuir las cargas hacia las capas inferiores y ofrecer una alta resistencia al corte.

La subbase, que actúa como una capa intermedia de soporte, está formada por materiales granulares no tratados o estabilizados con cemento, cal u otros aditivos químicos. Estos

19

materiales, como gravas naturales o trituradas, deben cumplir con límites granulométricos específicos, proporcionando resistencia a las deformaciones y facilitando el drenaje del

pavimento.

Por último, la subrasante, que puede consistir en suelo natural o mejorado, debe garantizar una adecuada capacidad de soporte con un CBR mínimo especificado, además de mantener una densidad suficiente para evitar asentamientos y fallas estructurales. La correcta selección y preparación de los materiales, como establece el NEVI-2012, asegura la funcionalidad y durabilidad del pavimento, garantizando una infraestructura vial segura y sostenible bajo diversas condiciones climáticas y de tráfico.

El pavimento rígido está constituido principalmente por losas de concreto hidráulico, las cuales poseen alta rigidez estructural. Este tipo de pavimento transmite las cargas hacia el terreno mediante el efecto de losas apoyadas sobre una base, y su capacidad de carga depende en gran medida de la resistencia del concreto. Rogel et al. (2023) menciona que está formado hidráulicamente por losas de hormigón, en ocasiones reforzado con acero. Esta losa va sobre un pedestal. Aunque su costo inicial es más elevado que el flexible, ofrece una vida útil mayor y menor frecuencia de mantenimiento.

El pavimento semirrígido, también conocido como mixto, representa una solución intermedia entre los dos anteriores. Combina una capa bituminosa sobre capas tratadas con conglomerantes hidráulicos, proporcionando mayor capacidad estructural que un pavimento flexible, pero con menor rigidez que uno rígido. De acuerdo con el Ministerio de Transporte y Obras públicas del Ecuador (2013) en la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12 Vol. 2B, “el pavimento semirrígido es un firme constituido por un pavimento bituminoso de cualquier espesor sobre una o más capas tratadas con conglomerantes hidráulicos, con espesor conjunto igual o superior a 20 cm

### 2.3 Antecedentes referenciales

En su investigación, González et al. (2023) describe una metodología de 3 pasos para el diseño sostenible de ejes viales, en la primera fase categoriza las zonas de influencia directa del eje vial para su posterior análisis de impacto. La segunda fase consistió en la realización de aforos vehiculares con el fin de obtener el TPDA, realizar una proyección del tráfico sobre el eje y clasificar la vía según los estándares del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOB).

20

Finalmente, realizó la evaluación de los parámetros geométricos clave como los radios de curva, las distancias de visibilidad, los peraltes y el ancho de carril, siguiendo las Normas Ecuatorianas Viales (NEVI-12). Los resultados finales indicaron el nivel de servicio de la vía y además le permitieron identificar deficiencias en aspectos como conectividad vial, seguridad en las zonas laterales y elementos geométricos, incluyendo señalización y barreras de protección.

Rogel et al. (2023) analizaron la problemática de una vía alterna en condiciones deficientes, proponiendo un diseño geométrico optimizado para mejorar su funcionalidad.

La metodología empleada incluyó levantamientos topográficos utilizando una estación total SOKKIA CX-105 y RTK, los datos fueron procesados en el software Civil 3D para generar modelos digitales del terreno. Además, se realizaron ensayos de laboratorio en seis calicatas extraídas del lugar de estudio, aplicando las normativas AASHTO y ASTM,

evaluando parámetros como el índice CBR para clasificar la calidad de la subrasante.

En cuanto al análisis del tráfico, se efectuaron aforos vehiculares que determinaron un Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), a partir de este dato se clasificó la vía como de cuarto orden según los estándares del MTOP. Con base en estos estudios, se diseñó un paquete estructural de pavimento flexible compuesto por capas de rodadura, base, subbase y mejoramiento, ajustando sus espesores a las condiciones del tráfico proyectado.

Navarro (2023) abordó el diseño geométrico de la carretera Arenillas - Intersección La Cuca, con el objetivo de mejorar la conectividad y funcionalidad de una vía de importancia agrícola. La metodología incluyó levantamientos topográficos para la generación de una malla de puntos y modelar el terreno en Civil 3D. Se realizaron ensayos de laboratorio en tres calicatas, con pruebas de granulometría, límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR, logrando con esto la clasificación del tipo de suelo existente. El estudio de tráfico empleó conteos manuales para la determinación del TPDA, clasificando la vía como de mediana capacidad según el MTOP.

Para el diseño geométrico, se evaluaron parámetros como radios mínimos de curva y pendientes longitudinales, adoptando una velocidad de diseño de 60 km/h en la zona rural y 50 km/h en la zona urbana. En el diseño estructural del pavimento flexible, se utilizó el método AASHTO 93, calculando espesores de 3 pulgadas para la capa de rodadura, 7 pulgadas para la base granular y 6 pulgadas para la subbase. Los resultados mostraron

21

que las propuestas realizadas mejoraron significativamente la seguridad y movilidad en la vía, reduciendo costos de transporte y mejorando la calidad de vida de los usuarios al facilitar el acceso a mercados y servicios.

#### 3.1.1. Tipo de investigación

Según Arias (2012), los tipos de investigación pueden clasificarse en documental, de campo y experimental, dependiendo de la naturaleza de los datos y el procedimiento metodológico empleado. En el presente trabajo se integran estos tres enfoques, debido a las características del objeto de estudio y la necesidad de abordarlo desde una perspectiva integral.

- Investigación documental: Permite sustentar teórica y técnicamente el proyecto, mediante la revisión de normativas, libros y artículos científicos relacionados con el diseño geométrico de vías rurales.

- Investigación de campo: Se aplicó mediante el levantamiento de información directa en el sitio de estudio, como el aforo vehicular, el levantamiento topográfico y la toma de muestras de suelo.

- Investigación experimental: Se desarrolló a través de ensayos de laboratorio aplicados a las muestras obtenidas en campo, con el fin de determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo para el diseño estructural.

La combinación de estos tres tipos de investigación permitirá desarrollar un análisis integral del tramo vial, desde sus condiciones reales hasta la formulación de una propuesta técnica fundamentada.

#### 3.2 Descripción de la población

La población de esta investigación estará conformada por los vehículos que transitan a diario por el tramo de la vía rural Al Quemado, ubicada en el cantón Santa Rosa. Dado que se trata de una carretera colectora de tercer orden, con características no pavimentadas y localizada en una zona predominantemente agrícola y ganadera, el flujo vehicular es moderado pero constante, compuesto principalmente por automóviles livianos y camiones tanto livianos como pesados.

Como parte de la recolección de datos, se realizará un aforo vehicular manual durante 7 días consecutivos durante las horas pico, donde se registrará el tipo y frecuencia de paso de vehículos. El TPDS obtenido será la población de este trabajo de titulación.

23

#### 3.3 Método teórico

##### 3.3.1. Revisión bibliográfica

La investigación iniciará con una revisión bibliográfica que permitirá establecer el marco conceptual y técnico del proyecto. Se recopilará y analizará información proveniente de fuentes normativas, libros especializados, artículos científicos y documentos institucionales relacionados con el diseño geométrico de vías rurales.

Entre los principales documentos que se estudiarán se encuentran las Normas Ecuatorianas de Vialidad NEVI-12 y el Manual AASHTO, los cuales orientarán los criterios técnicos del análisis, la caracterización del suelo y el diseño estructural de pavimentos. Esta fase teórica proporcionará las bases metodológicas necesarias para la ejecución de las actividades prácticas del estudio.

#### 3.4 Método empírico

Los métodos empíricos involucran la observación directa y la obtención de datos reales mediante trabajo de campo y ensayos de laboratorio. (Hernández-Rodríguez et al., 2021).

Partiendo de esta premisa, en el presente trabajo de titulación se llevarán a cabo distintas etapas que abarcarán el reconocimiento del área de estudio, la recolección de datos en campo, el análisis de la situación actual, la propuesta de rediseño geométrico, la modelación digital del proyecto y el análisis comparativo de los resultados.

#### 3.4.1. Reconocimiento del área de estudio

Se procederá con la identificación del tramo objeto de estudio, correspondiente a la vía rural Al Quemado, ubicada en el cantón Santa Rosa. Se realizará una inspección visual preliminar para observar el estado funcional de la vía, su geometría general y su entorno físico. Esta etapa permitirá planificar adecuadamente la ejecución de las actividades de campo y seleccionar los puntos clave para la toma de datos.

#### 3.4.2. Levantamiento topográfico

Para el levantamiento topográfico del tramo vial en estudio se empleará una estación total marca Sokkia modelo CX-105, complementada con un GPS. El objetivo será registrar con precisión las coordenadas, cotas, radios de curvatura, pendientes longitudinales y

24

transversales, así como los anchos de calzada a lo largo del eje vial y sus márgenes. Los datos registrados se anotarán en una ficha técnica (Anexo 1)

#### 3.4.3. Estudio del tránsito vehicular

Se llevará a cabo un aforo vehicular manual durante siete días consecutivos, en tres rangos horarios considerados como horas pico: de 06:00 a 09:00, de 11:00 a 14:00 y de 15:00 a 18:00. Se registrará



repositorio.upt.edu.pe

<https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/4200/Sanchez-Zea-Quispe-Choque.pdf?sequence=1>

el tipo y la cantidad de vehículos que circulan por el tramo, lo que

permitirá calcular el Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS), proyectar el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) y estimar los Ejes Equivalentes (ESALS), necesarios para el diseño estructural del pavimento. Los datos registrados se anotarán en una ficha técnica. (Anexo 2)

#### 3.4.4. Estudio de suelos

Se ejecutarán cuatro calicatas distribuidas estratégicamente a lo largo del tramo vial, priorizando los sectores donde se evidencien cambios significativos en la estratigrafía del suelo. En cada calicata se extraerán muestras a profundidades de 0.00 m, 0.50 m, 1.00 m y 1.50 m. Las muestras serán analizadas en laboratorio mediante ensayos estandarizados conforme a las normas AASHTO. entre ellos: contenido de humedad, análisis granulométrico, límites de Atterberg, ensayo Proctor modificado y CBR. Con estos resultados se clasificará el suelo bajo los sistemas SUCS y AASHTO y se determinará su capacidad de soporte. El registro de los datos de los ensayos se llevará a cabo en las distintas fichas presentadas en el Anexo 3.

#### 3.4.5. Análisis de la situación actual

Con la información recolectada se procederá a evaluar las condiciones geométricas y

estructurales existentes del tramo vial. Se identificarán deficiencias en alineaciones, pendientes, radios de curva y anchos de vía, comparándolos con los parámetros establecidos por la normativa NEVI-12. Asimismo, se interpretarán los resultados de los ensayos de laboratorio para detectar debilidades del suelo que puedan comprometer la durabilidad de la vía.

#### 3.4.6. Propuesta de Trazado geométrico

Sobre la base del análisis anterior, se elaborará una propuesta técnica que ajuste los elementos geométricos a los lineamientos establecidos por la normativa vigente. Se planteará el rediseño de curvas horizontales y verticales, se optimizarán pendientes y se

25

redefinirán los anchos de calzada. Además, en función de los resultados del TPDA, CBR y ESALS, se calcularán los espesores necesarios para la capa de rodadura, la base y la subbase, seleccionando los materiales adecuados para cada caso.

#### 3.4.7. Modelación y diseño digital

La propuesta será modelada mediante el software Autodesk Civil 3D. Se generarán perfiles longitudinales, secciones transversales, y se representarán las curvas horizontales y verticales del trazado proyectado. Este modelo servirá para validar geométricamente el diseño propuesto comparándolo con normativas vigentes y visualizar su comportamiento técnico ante las condiciones de tráfico y terreno.

#### 3.4.8. Análisis de resultados y conclusiones

Finalmente, se realizará una comparación entre el estado actual de la vía y la propuesta de rediseño. Se evaluarán las mejoras logradas en términos de funcionalidad, seguridad, durabilidad y cumplimiento normativo. Este análisis permitirá fundamentar las conclusiones del estudio y formular recomendaciones.

26

### 4. CAPITULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1 Clasificación preliminar de la vía

A partir del reconocimiento en campo realizado y del análisis de las condiciones actuales de la vía, se establece preliminarmente que el tramo objeto de estudio corresponde a un camino vecinal, según lo definido en la Norma Ecuatoriana Vial (Ministerio de Transporte y Obras públicas del Ecuador, 2013) Esta clasificación se fundamenta en que la vía conecta zonas de producción agrícola con la cabecera cantonal, presenta una superficie no pavimentada (lastre o afirmado), y carece de diseño geométrico formal. Además, su

trazo actual fue abierto por los propios moradores de la comunidad para atender necesidades locales de movilidad. La NEVI-12 describe a los caminos vecinales como “carreteras

4

**dspace.ups.edu.ec**  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/29752/1/UPS-CT011934.pdf>

convencionales básicas que incluyen a todos los caminos rurales no incluidos

en las denominaciones anteriores, destinados a recibir el tráfico doméstico de poblaciones

rurales, zonas de producción agrícola, accesos a sitios turísticos” (Ministerio de

Transporte y Obras públicas del Ecuador, 2013). Esta categorización permitirá orientar el diseño geométrico y estructural de manera coherente con su jerarquía funcional y contexto rural.

4.2 Levantamiento topográfico y análisis preliminar del trazado

Se ejecutó el levantamiento topográfico del tramo en estudio, utilizando coordenadas georreferenciadas (Norte, Este y elevación) siguiendo con el alineamiento tomando puntos cada 20m longitudinalmente y tomando puntos transversales en cada uno de estos con el fin de obtener una faja topográfica. El tramo evaluado corresponde a una vía de topografía predominantemente llana, con mínimas variaciones altimétricas. Se identificó un alineamiento mayoritariamente recto, interrumpido por cinco curvas distribuidas a lo largo del trayecto. Debido a que la vía fue abierta de manera empírica por los habitantes de la zona, se observa que dichas curvas no fueron diseñadas con base en criterios técnicos, por lo que preliminarmente se presume que los radios de curvatura no cumplen con los valores mínimos exigidos por la NEVI-12 para caminos vecinales. El registro completo de los datos se evidencia en el antes mencionado anexo 1.

27

4.3 Aforo vehicular

Con el objetivo de caracterizar el flujo vehicular en el tramo rural de la vía Al Quemado, se realizó un aforo manual durante siete días consecutivos, del 31 de marzo al 6 de abril del 2025. El conteo se efectuó en intervalos horarios de 60 minutos, entre las 06:00 y las 18:00, abarcando las horas con mayor actividad vehicular, según observaciones preliminares. Los datos tomados en campo fueron registrados en fichas técnicas, estas se encuentran en el anexo 2.

Durante la jornada de aforo, se contabilizó un total de 1.739 vehículos, lo que representa un Tránsito Promedio Diario (TPD) de aproximadamente 249 vehículos/día. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos del conteo vehicular realizado en la vía de estudio.

4.3.1. Clasificación vehicular

Para el análisis del tipo de tránsito que circula por la vía de estudio, se realizó una clasificación vehicular conforme a lo establecido por el Ministerio de Transporte y Obras públicas del Ecuador (2013) (Anexo 4). Esta clasificación permitió agrupar los vehículos registrados durante el aforo semanal según sus características físicas y su impacto estructural sobre la vía.

En la tabla se muestra la distribución diaria del total de vehículos registrados, organizados por clases vehiculares, desde motocicletas y automóviles hasta camiones livianos y

pesados con distintas configuraciones de ejes.

En el siguiente gráfico ilustrativo se puede apreciar de mejor manera las proporciones de la composición del tráfico según la clasificación del tipo de vehículo:

28

#### 4.4 Trafico Promedio Diario Anual

El Tránsito

 **dspace.ups.edu.ec**  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/30279/1/UPS-GT006283.pdf>

Promedio Diario Anual (TPDA) es un indicador fundamental en el análisis

vial, ya que representa el volumen promedio de vehículos que circulan diariamente por

una carretera a lo largo de un año. Se obtiene dividiendo el tránsito total registrado en un año entre 365 días, permitiendo así estimar de forma estandarizada el uso continuo de una vía. Este valor es fundamental para el diseño estructural y funcional de la carretera.(Ministerio de Transporte y Obras públicas del Ecuador, 2013)

##### 4.4.1. Tráfico promedio diario semanal

El TPDS es el promedio de vehículos que circulan diariamente por una vía durante una semana de observación, este se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$TPDS = \frac{\sum_{n=1}^7 Dn}{7}$$

$$\times \sum_{m=1}^{mn} +$$

$$De$$

$$+ \frac{\sum_{e=1}^2 me}{2}$$

$$\times \sum_{e=1}^7 De$$

$$= \frac{\sum_{n=1}^7 Dn + \sum_{m=1}^{mn} + \sum_{e=1}^2 me}{7}$$

$$De$$

$$me$$

Donde:

$Dn$  = Número de vehículos en días normales (lunes a viernes)

$De$  = Número de vehículos en días feriados (sábados y domingos)

$mn$  = Número de días normales

$me$  = Número de días feriado

##### 4.4.2. Tráfico promedio diario anual actual

El Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) es una medida del flujo vehicular

promedio diario durante todo un año, este se lo calculó empleando la siguiente ecuación:

$$TPDA (actual) = TPDS \times Fm \times Fd$$

Donde:

$F_m$  = Factor mensual

$F_d$  = Factor diario

a) Factor mensual

Para determinar el factor mensual se emplea la siguiente tabla elaborada por la MTOP, al haber realizado el aforo vehicular en el mes de abril, el factor mensual es de 1.093.

29

b) Factor diario

$F_d = \frac{\sum TPDS}{TD}$

$TD$

Donde:

$TD$  = Tránsito diario

El resumen de los resultados se presenta en la siguiente tabla:

#### 4.4.3. Tráfico promedio diario anual asignado

El TPDA asignado es un cálculo previo al tráfico futuro, obtenido a partir del TPDA actual, al cual se le suman incrementos por tráfico generado y desarrollado, con el fin de anticipar la demanda vehicular proyectada. (Barreto et al., 2018)

$TPDA_{(asignado)} = TPDA_{(actual)} + Tráf. generado + Tráf. desarrollado$

Donde:

Tráfico generado = Corresponde al incremento de vehículos que no utilizaban anteriormente la vía, e incluye viajes que antes no existían, que se hacían mediante transporte público o que tenían otros destinos, pero que ahora se efectúan por la facilidad que ofrece la infraestructura vial mejorada.



scielo.sld.cu | Análisis comparativo de ejes equivalentes obtenidos mediante método aashto 93 y los proporcionados por pesaje en balanza fija de vehículos  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202018000100059](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202018000100059)

Es una tasa de incremento que va desde el 5%

hasta el 25% del TPDA. (Barreto et al., 2018)

$Tráf. generado = 25\% TPDA(actual)$

Tráfico desarrollado = Representa un crecimiento progresivo del tránsito que no habría ocurrido sin la construcción o mejora del camino. tráfico desarrollado que genera el 5% de incremento del TPDA. (Barreto et al., 2018)

$Tráf. desarrollado = 5\% TPDA(actual)$

#### 4.4.4. Tráfico promedio diario anual proyectado al 2045



dspace.ups.edu.ec  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25421/4/UPS-CT010666.pdf>

Según el Ministerio de Transporte y Obras públicas del Ecuador (2013) en su normativa

para estudios y diseños viales, el período de diseño estructural recomendado para pavimentos nuevos debe ser de 20 años, pudiendo variar entre 10 y 20 años según la categoría funcional de la vía y las condiciones del proyecto. De acuerdo con la clasificación preliminar de nuestra vía como camino vecinal, se escoge un período de vida

útil de 20 años. La ecuación se muestra a continuación:

30

$$TPDA \text{ (proyectado)} = TPDA \text{ (asignado)} \times (1 + r)^n$$

Donde:

$r$  = Tasa de crecimiento según el tipo de vehículo

$n$  = número de años

a) Tasa de crecimiento anual

La tasa de crecimiento anual se ha determinado de la siguiente tabla:

El resumen de los resultados obtenidos del cálculo del Tráfico promedio diario anual

proyectado se resumen en la siguiente tabla:

#### 4.4.5. Clasificación de la vía de acuerdo con el tráfico proyectado

En el marco de la planificación vial nacional, la infraestructura de transporte terrestre se

organiza jerárquicamente según la función que cumple cada vía dentro del sistema. El

Ministerio de Transporte y Obras públicas del Ecuador (2013) establece que la red vial

ecuatoriana se clasifica en tres niveles: corredor vial, colectora y vecinal.

- El corredor vial constituye la columna vertebral del sistema, permitiendo la

conexión de ciudades principales, puertos, aeropuertos y pasos fronterizos. Son

vías de alto volumen de tránsito, estratégicas a nivel nacional.

- Las colectoras actúan como intermediarias, enlazando a las vías vecinales con los

corredores viales. Facilitan el acceso a centros poblados de menor jerarquía y

zonas de producción.

- Finalmente, las vías vecinales o rurales permiten la accesibilidad directa a

comunidades pequeñas, áreas agrícolas y zonas de difícil acceso. Se caracterizan

por tener menor jerarquía funcional, menor volumen de tráfico y condiciones

estructurales más simples.

Esta clasificación permite definir los criterios de diseño, mantenimiento y jerarquización

de inversiones públicas, y es particularmente relevante en proyectos de intervención vial

rural. (Ministerio de Transporte y Obras públicas del Ecuador, 2013)

31

Una vez realizada la proyección del tráfico para el periodo de diseño seleccionado según

normativa (20 años), obtenemos un número de vehículos pesados para el final del periodo

de diseño de 234 veh/día y un TPDA de 722 vehículos/día para el año 2045. Según este

valor se puede clasificar a la vía por su clase y por su función de acuerdo con las tablas

establecidas por la normativa de diseño geométrico del MOP 2003:

Se obtiene una clasificación para la vía como un Colectora clase III.

A su vez también se puede hacer uso de la clasificación dispuesta en la NEVI-12 Volumen

2A para otorgar la siguiente jerarquía:

En donde:

– C1 = Equivale a carreteras de mediana capacidad

– C2 = Equivale a carreteras convencionales básicas y camino básico

– C3 = Camino agrícola / forestal

Obteniéndose una clasificación C2

#### 4.5 Estudios de suelos

Para evaluar las condiciones del terreno en el tramo vial Al Quemado, se llevaron a cabo cuatro calicatas distribuidas estratégicamente a lo largo del eje de la vía. Estas excavaciones permitieron obtener muestras representativas del suelo natural, con el propósito de realizar los ensayos de laboratorio necesarios para determinar las propiedades físicas, mecánicas y capacidad de la subrasante. En el anexo 3 se encuentran los valores registrados en la elaboración de los ensayos y los resultados de cada uno de ellos.

La Calicata 1, ubicada en la abscisa 0+200 km, presenta un perfil con variación de materiales finos en toda su profundidad. En el estrato superficial se encontró grava con finos de color café, seguida por un material fino arcilloso de tonalidad café oscuro. En los últimos estratos se encontró un material fino arenoso arcilloso color café rojizo. Con respecto a la Calicata 2, ubicada en la abscisa 1+200 km, esta presenta un perfil con predominio de materiales finos de carácter limo-arcilloso. En el primer estrato se identificó grava con finos de color café claro. A continuación, entre 0.50 y 1.00 m, se

32

encuentra un material fino arcilloso de tonalidad café oscuro, seguido por dos estratos consecutivos compuestos por limo arcilloso café rojizo.

La Calicata 3, ubicada en la abscisa 2+500 km, presenta un perfil con materiales de textura fina y características relativamente homogéneas en profundidad. En la capa superficial se identificó grava con finos color café, seguida por un estrato de material arcilloso rojizo entre los 0.50 y 1.00 m. En los niveles más profundos se observó un suelo fino limoso arcilloso de color café oscuro a gris.

Por último, la Calicata 4, ubicada en la abscisa 3+100 km, presenta un perfil conformado por materiales de textura mixta. En el estrato superficial se identificó grava con finos color café claro, lo que podría favorecer el drenaje inicial. A continuación, entre 0.50 y 1.00 m, se observó un suelo fino arcilloso arenoso de tonalidad café, seguido por dos estratos con material fino arenoso arcilloso café oscuro.

Una vez recolectadas las muestras, se procedió a la realización de ensayos de laboratorio con el fin de determinar las propiedades físicas y mecánicas más relevantes del material. Estos estudios permiten conocer el comportamiento del suelo frente a las solicitaciones del tránsito, y son esenciales para definir el diseño estructural del pavimento.

Entre los parámetros analizados se encuentra el contenido de humedad natural, que refleja el estado de saturación del suelo al momento del muestreo; así como los límites de Atterberg, específicamente el límite líquido (LL), límite plástico (LP) y el índice de plasticidad (IP), que permiten clasificar la plasticidad y la cohesión del material. Este último se obtiene con la siguiente ecuación:

$$IP = LL - LP$$

También se evaluó la granulometría, a través del porcentaje de material que pasa por los

tamices N.º 4, N.º 40 y N.º 200, lo cual brinda una idea del grado de finura del suelo y su comportamiento en estado natural o compactado.

Asimismo, se realizó el ensayo Proctor modificado, con el cual se determinó la humedad óptima de compactación y la densidad seca máxima, parámetros claves para la construcción de capas de suelo adecuadamente compactadas. Finalmente, se ejecutó el ensayo CBR (California Bearing Ratio), que mide la capacidad de soporte del suelo en

33

condiciones controladas y sirve como base para calcular el espesor de las capas del pavimento. Los resultados de todos estos ensayos se recopilan a continuación en una serie de tablas resumen.

#### 4.6 ESALS

El cálculo de los ejes equivalentes acumulados (ESALS) constituye una etapa fundamental en el diseño estructural de pavimentos. Según Barreto et al., los ESALS representan la suma ponderada de las cargas de todos los vehículos que circularán por la vía, expresadas en función del daño equivalente que produce un eje estándar de 8.2 toneladas.

##### 4.6.1. Carga estimada por eje

Para la determinación de la carga estimada por eje, se recurrió a la clasificación vehicular establecida en la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12 la cual proporciona una tabla técnica (Anexo 4), con los tipos de vehículos y sus configuraciones de ejes, contemplando desde unidades livianas como motocicletas y automóviles, hasta camiones tipo 3S3, que corresponde a un tracto camión de 3 ejes y semirremolque de 3 ejes. Esta clasificación permite asociar a cada tipo vehicular una carga típica por eje, información esencial para el posterior cálculo de los ejes equivalentes, ya que define el impacto relativo que cada vehículo genera sobre la estructura del pavimento durante su vida útil.

##### 4.6.2. Factor equivalencia de carga

Una vez establecida la carga estimada por eje, se procede al cálculo del factor de equivalencia de carga, el cual permite expresar el daño que cada tipo de eje produce sobre el pavimento en relación con un eje estándar de 8.2 toneladas. Para ello, se hace uso de la Tabla 15, extraída de la guía para el diseño de estructuras de pavimento de la AASHTO 1993, que recoge las fórmulas correspondientes para distintos tipos de configuración de ejes, considerando tanto el número de ruedas como el tipo de distribución de carga (simple, doble, tandem o tridem).

##### 4.6.3. Porcentaje de vehículos

Para efectos del dimensionamiento estructural del pavimento, se ha considerado únicamente el porcentaje correspondiente a vehículos pesados, excluyendo a los vehículos livianos, debido a que estos no generan esfuerzos significativos que

34

comprometan la capacidad estructural de la vía. Esta exclusión es coherente con los lineamientos de diseño establecidos por la AASHTO 1993 y por la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12, donde se reconoce que el aporte al deterioro del pavimento por parte de

vehículos livianos es marginal en comparación con el impacto acumulado de vehículos pesados (Ministerio de Transporte y Obras públicas del Ecuador, 2013). En este sentido, se ha calculado el porcentaje relativo de cada tipo de vehículo de carga con base en el TPDA asignado para el año 2025, tal como se muestra en la tabla 16.

4.6.4. Factor camión

El cálculo del factor camión se obtiene multiplicando el factor de equivalencia de carga, determinado a partir de la (Tabla 15), por el porcentaje relativo de cada tipo de vehículo de carga en el tráfico total (Tabla 16). Matemáticamente, se expresa así:

*Factor camión = Factor de equivalencia de carga \* % de vehículos*

*Tf = pi \* fi*

Este procedimiento permite convertir cada tipo de vehículo en una contribución ponderada al desgaste del pavimento, considerando tanto su impacto individual como su frecuencia en el flujo vehicular.

4.6.5. Número de ESALs

A continuación, se presenta una tabla resumen en la que se consolidan los principales resultados del análisis del tránsito para efectos del diseño estructural del pavimento donde, finalmente, se calcula el número de ejes equivalentes (ESALs), calculado como el producto del TPDA por el respectivo factor camión.

Según los factores de equivalencia de carga por cada tipo de ejes planteados por la AASHTO se establece que el número de ejes equivalentes de 8.2 ton o N° de ESALs es de 127.25 los cuales sirven para la proyección para el periodo de diseño que son 20 años.

4.6.6. ESALs para el período de diseño

Para determinar número de ejes equivalentes para el periodo de diseño se empleó la siguiente ecuación que sigue la Metodología AASTHO 93 y NEVI-12:

35

*ESAL ' s = ESAL ' s0 × 365 × Fd × Fc × (*  
*(1 + i)n – 1*

*i*  
)Donde:

*ESAL ' s0 = Número ESALs inicial*  
*Fd = Factor de distribución direccional*  
*Fc = Factor carril*  
*i = Tasa de crecimiento*

*n = número de años*

En este caso, se adoptó un factor de distribución direccional (Fd) de 0.5, ya que la vía evaluada corresponde a una carretera de doble sentido de circulación, lo cual implica que se asume una distribución simétrica del tránsito entre ambos sentidos. Asimismo, se utilizó un factor de carril (Fc) de 1.0, al tratarse de una vía rural con un solo carril por sentido, donde se espera que el 100 % del tránsito pesado circule por dicho carril. Estos valores se encuentran recogidos en la Tabla 18.

Aplicando la formula se tiene:

*ESAL ' s = 127.25 × 365 × 0.5 × 1 × (*  
*(1 + 0.05)20 – 1*

0.05  
)

$$ESAL' s = 7.68 \times 10^5$$

De manera análoga también podemos seguir el procedimiento descrito en la NEVI-12 volumen 2B para la transformación del tráfico a un eje equivalente de 120 kN (12 ton), encontrando un número de ejes equivalente a  $5.68 \times 10^5$ , valor que guarda concordancia con la categorización establecida en la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12, específicamente en la tabla 19. De acuerdo con dicha tabla, este valor ubica la vía dentro de la categoría T3 - Tráfico Medio Bajo. Este procedimiento se pudo observar en el Anexo 6.

$N_p$  = número de vehículos pesados al final del período de diseño = 234 veh/día

#### 4.7 CBR de diseño

El ensayo de C.B.R mide la



scielo.sld.cu | Análisis comparativo de ejes equivalentes obtenidos mediante método aashto 93 y los proporcionados por pesaje en balanza fija de vehículos  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202018000100059](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202018000100059)

resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad

y densidad controladas. La elección del valor del C.B.R. para el diseño de la estructura

36

depende del volumen de tráfico que soportara la vía durante su vida útil el mismo que debe ser cuidadosamente calculado y proyectado.

En este proyecto de titulación los métodos empleados para comparar los valores de diseño de CBR fueron los recomendados por el Instituto del Asfalto. Mora L. et al. (2020) menciona que el 60, 75 u 87,5% de los valores individuales de CBR sean iguales o superiores al valor de diseño de CBR, dependiendo del tráfico previsto que circulará sobre el pavimento. Los percentiles para determinar el valor del CBR de diseño según el criterio del Instituto de Asfalto se muestran en la siguiente tabla:

En el presente trabajo de titulación se ha determinado un ESALs de  $7.68 \times 10^5$  por lo tanto el percentil corresponde al 75%

Con estos los valores mostrados en la tabla 23 se construye una gráfica con la cual se podrá obtener la ecuación característica que permitirá la determinación del CBR de diseño.

A la hora de establecer la curva de frecuencias hay que tener en cuenta el valor de  $R^2$ , ya que un valor más alto de este representa un menor error y mayor grado de confianza (en este trabajo se seleccionó una curva de interpolación potencial)

A partir de la ecuación característica de la curva de frecuencia es posible determinar el valor del CBR de diseño:

$$y = 1.6717x - 0.465$$

$$0.75 = 1.6717x - 0.465$$

$$x = 5.61$$

Como resultado de los ensayos de laboratorio realizados se obtuvo un valor de CBR de diseño igual a 5.61%. Este valor permite clasificar a la subrasante como "subrasante pobre", de acuerdo con la clasificación técnica presentada en la Tabla 31, que categoriza el comportamiento mecánico del suelo en función del rango de CBR. Esta clasificación implica que el suelo natural posee una baja capacidad portante, por lo que requiere un diseño estructural que considere dicha debilidad, ya sea mediante el aumento del espesor

Esta condición también influye directamente en la selección del tipo de pavimento, siendo el pavimento flexible la alternativa más adecuada para este tipo de subrasantes.

#### 4.8 Diseño de pavimento flexible

Para el dimensionamiento estructural del pavimento flexible en el tramo de estudio, se ha aplicado el método propuesto por la AASHTO en la Guía para el Diseño Estructural de Pavimentos para Carreteras (1993), este método tiene un enfoque racional por considerar variables clave como el tránsito proyectado, las propiedades del suelo de subrasante, las condiciones climáticas y el nivel de servicio deseado. Este método permite determinar los espesores adecuados de cada capa del pavimento: subbase, base y carpeta de rodadura. A continuación, se muestra el cálculo de las diversas variables que intervienen en esta etapa del diseño

##### 4.8.1. Determinación de parámetros de confiabilidad

El nivel de confiabilidad representa el grado de seguridad incorporado en el proceso de diseño, con el objetivo de asegurar que la estructura del pavimento cumpla con su desempeño esperado durante todo el período de análisis. (AASHTO, 1993)

A partir del análisis del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), se determinó que la vía objeto de estudio corresponde a una vía colectora. En función de esta clasificación y siguiendo los lineamientos establecidos en la Tabla 24, se adoptó un nivel de confiabilidad del 90 %, valor recomendado para vías interurbanas.

Con el valor de confiabilidad adoptado en el diseño se procedió a determinar el valor del factor de desviación normal estándar (ZR), necesario para representar estadísticamente el nivel de certeza asociado al desempeño estructural esperado del pavimento. De acuerdo con la Tabla 25, para un nivel de confiabilidad del 90 % le corresponde un ZR de  $-1.282$ .

Se procede a establecer el valor del error estándar combinado ( $S_o$ ), el autor Higuera (2011) menciona que esta variable refleja la dispersión total esperada en el diseño estructural, considerando las incertidumbres asociadas a las condiciones del suelo, el tránsito y los procesos constructivos. Para proyectos de pavimento flexible en construcciones nuevas, se recomienda un rango de  $S_o$  entre 0.40 y 0.50. En este caso, se

seleccionó un valor de 0.45, al considerar un nivel de variabilidad intermedio, propio de entornos rurales donde los materiales y condiciones de ejecución presentan cierto grado de incertidumbre.

##### 4.8.2. Determinación del índice de servicio

El índice de serviciabilidad (Serviceability Index) es un parámetro utilizado en el método AASHTO 1993 para representar el nivel funcional o la calidad de servicio que ofrece una vía al usuario, en términos de confort, seguridad y condiciones de rodadura. Este índice se expresa en una escala del 0 al 5, donde 5 representa una condición excelente (pavimento nuevo) y 0 un estado completamente deteriorado e intransitable.

El diseño estructural del pavimento se basa en la pérdida de serviciabilidad admisible a

lo largo de su vida útil, la cual se define como la diferencia entre dos valores:

• Serviciabilidad inicial (Po): corresponde al estado del pavimento recién

construido. El método AASHTO 1993 recomienda un valor típico de Po = 4.2

para pavimentos flexibles y Po = 4.5 para pavimentos rígidos, aunque este puede

variar según la calidad de construcción.

• Serviciabilidad final (Pt): representa el límite inferior aceptable de condiciones

funcionales antes de requerir una rehabilitación o reconstrucción. Este valor

depende del tipo de vía; para carreteras rurales o colectoras, suele adoptarse un Pt

entre 2.0 y 2.5.

La diferencia entre estos valores define la pérdida de serviciabilidad admisible:

$$\Delta PSI = P_0 - P_f$$

$$\Delta PSI = 4.2 - 2 = 2.2$$

Este valor es un componente fundamental de la ecuación de diseño AASHTO 93 y

condiciona la capacidad estructural requerida para que el pavimento conserve un nivel de

servicio aceptable durante todo su período de diseño.

39

#### 4.8.3. Módulo resiliente de la subrasante

El módulo resiliente de la subrasante puede ser determinado a partir de correlaciones que

han establecido varios autores y con la práctica y el tiempo han sido aceptadas como

válidas y usadas también en la metodología AASHTO 93:

Para el cálculo del módulo resiliente de la subrasante se empleó la fórmula elaborada por

Heukelom y Foster en 1960, esta fórmula es empleada cuando se cumple la siguiente

condición:

$$R_{\mu} < 7.2\%$$

$$R_{\mu} = 1500 (R_{\mu} \%) = 1500 * 5.61 = 8408 \text{ psi}$$

#### 4.8.4. Material para base y sub-base granular

Conforme a lo establecido por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (2002)

en el documento “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras”,

donde se menciona que los materiales destinados a la conformación de la sub-base y base

granular deben cumplir con ciertos criterios técnicos que aseguren un adecuado

comportamiento estructural dentro del paquete del pavimento, se establece los siguientes

requerimientos mínimos para los materiales con los que se estructurará el pavimento de

este trabajo.

En el caso de la sub-base, el documento establece que los agregados empleados deberán

tener un coeficiente de desgaste máximo del 50%, determinado mediante el ensayo de

abrasión de Los Ángeles. Asimismo, la fracción que pasa el tamiz N° 40 debe presentar

un índice de plasticidad inferior a 6 y un límite líquido menor de 25. Finalmente, se

especifica que la capacidad de soporte de este estrato debe ser igual o superior a un CBR

del 30%.

Respecto a la capa de base, las especificaciones técnicas exigen que el límite líquido de

la fracción que pasa el tamiz N° 40 no supere el 25% y que el índice de plasticidad no exceda el 6%. Además, el porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados debe ser menor al 40%, y el CBR mínimo permitido corresponde al 80%.

40

En coherencia con estas exigencias, por cuestiones de distancia al proyecto y con el fin de minimizar costos de transporte de materiales, en este proyecto se ha optado por recurrir al material extraído de la cantera Beltrán la cual se ubica en el sector La Avanzada en el cantón Santa Rosa provincia de El Oro para su uso como base y sub-base. Las características de estos materiales se muestran a continuación.

4.8.5. Módulo resiliente MR y el coeficiente estructural a la base y la sub-base

Con los valores de CBR = 81.6% para la base y CBR = 67.58% para la Base, hacemos uso de los monogramas dispuestos por la guía para el diseño de estructuras de pavimento de la AASHTO 1993 para obtener el MR respectivo y luego calcular el coeficiente estructural.

Los coeficientes se calculan con las siguientes ecuaciones:

- Para la base

$$a_2 = 0.249 \cdot \log(a_1) - 0.977$$

Siendo E2 el módulo resiliente respectivo.

- Para la sub-base

$$a_3 = 0.227 \cdot \log(a_2) - 0.839$$

Siendo E3 el módulo resiliente respectivo.

Una vez aplicadas las ecuaciones se procede a mostrar el resumen los resultados en la tabla 36:

4.8.6. Módulo resiliente de la mezcla asfáltica (E1) y coeficiente de la capa asfáltica (a1)

Para la estimación del módulo resiliente de la mezcla asfáltica (E1), se recurrió a un gráfico que relaciona dicho parámetro con la temperatura del pavimento y la frecuencia de carga aplicada, conforme a lo establecido en la metodología AASHTO 93.

La temperatura de la capa asfáltica se calculó mediante esta ecuación:

41

$$T_p = (-0.0093 \cdot T_a^2 + 1.569 \cdot T_a - 1.578)(-0.084 \cdot \ln h + 1.55)$$

Donde:

$$T_p \rightarrow \text{Temperatura promedio de la capa asfáltica (°C)}$$

$$h \rightarrow \text{Frecuencia de carga (1/cm²)}$$

La temperatura media del aire se asumió de 23.5 C° y el espesor de la capa asfáltica se tomará de 75 mm, este último es el espesor mínimo basados en los requerimientos de la normativa en base al ESALS calculado previamente (Tabla 37). Aplicando la fórmula se tiene lo siguiente:

$$T_p = (-0.0093 \cdot 23.5^2 + 1.569 \cdot 23.5 - 1.578)(-0.084 \cdot \ln 75 + 1.55)$$

$$T_p = 36 \text{ °C}$$

La frecuencia se calcula según la ecuación:

$f = \frac{v}{\lambda}$

$f = \frac{v}{\lambda}$

donde:

$f \rightarrow$  frecuencia (Hz)

$v \rightarrow$  velocidad de circulación (km/h)

Se utilizó una velocidad de circulación de 78 km/h, que equivale a aproximadamente 21.67 m/s. Al aplicar la fórmula, se obtuvo una frecuencia de aproximadamente 12 Hz, la cual excede los valores representados en el gráfico (máximo 10 Hz), pero permite realizar una estimación por extrapolación en la curva correspondiente a 10 Hz para una temperatura determinada, normalmente cercana a 35 °C.

Una vez obtenida la frecuencia de carga aplicada y la temperatura efectiva de la capa asfáltica, ingresamos al gráfico para obtener el módulo resiliente de la capa asfáltica:

Trazando las líneas correspondientes en el gráfico proporcionado por la AASHTO 93 se tiene que:

$E^* = 6000 \text{ psi}$

$E^* = 870227 \text{ psi}$

Con este valor aplicamos la ecuación para el cálculo del coeficiente de esta misma capa:

$C_1 = 0.184 \cdot \ln(E^*) - 1.9547$

$C_1 = 0.184 \cdot \ln(870227) - 1.9547$

$C_1 = 0.5618$

4.8.7. Determinación del coeficiente de drenaje

Con el propósito de estimar de forma adecuada el coeficiente de drenaje para las capas granulares del pavimento, se llevó a cabo un análisis climático basado en los anuarios proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). A partir del mapa de estaciones meteorológicas, se seleccionaron cuatro estaciones cercanas al área de estudio: M0292, M040, M0185 y M0481. Para cada estación se identificó el año con mayor registro de precipitaciones, del cual se obtuvo el número total de días con lluvia. Con esta información, se calculó el porcentaje de días lluviosos en el año dividiendo dicho número para 365.

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 37, donde se observa que el porcentaje promedio de días de lluvia al año asciende al 58%, con un total promedio de 213 días lluviosos anuales.

El porcentaje de días de lluvia nos indica que la estructura del pavimento estará expuesta a condiciones de humedad próxima a la saturación durante más del 25% del tiempo. En este contexto, y según lo dispuesto en la Tabla 38 de coeficientes de drenaje, se considera que el sistema presenta una condición de drenaje regular, lo que corresponde a un coeficiente de drenaje de 0.80 para el caso de exposición prolongada a la humedad.

De esta manera se obtienen los coeficientes de drenaje:

- m1 = 1 (recomendado para concreto asfaltico)
- m2 = m3 = 0.8 (tabla)



$0.13 \cdot 0.8$   
 $= 3.3 \text{ ?}\text{?}\text{?}\text{?}^{\text{TM}}\text{?}''$

Se adopta el espesor mínimo recomendado en la tabla 38  $\rightarrow h2 = 6 \text{ ?}\text{?}\text{?}\text{?}^{\text{TM}}\text{?}''$

$\text{?}\text{?}\text{?}\text{?}2$   
 $\ast = \text{?}\text{?}2 \ast \text{?}\text{?}2 \ast h2 + \text{?}\text{?}\delta\text{?}\text{?}1$

$\ast = 0.13 \ast 0.8 \ast 3.5 + 1.966 = 2.6$

BASE

SUB-BASE

44

4.8.12. Número estructural requerido por la sub-base granular

$\text{?}^{\text{TM}}\text{?}\text{oe}\text{?}''(\text{?}\text{?}18) = \text{?}\text{?}\text{?}\text{?} \ast \text{?}\text{?}0 + 9,36 \ast \text{?}^{\text{TM}}\text{?}\text{oe}\text{?}''(\text{?}\text{?}\text{?}\text{?}2 + 1) - 0,20 + [$   
 $\text{?}^{\text{TM}}\text{?}\text{oe}\text{?}'' ($

$\Delta\text{?}\text{f}\text{?}\text{?}\text{?}\text{?}4$   
 $4,2 - 1,50$

)

$0,40 + ($   
 $1094$

$(\text{?}\text{?}\text{?}\text{?}1 + 1)5,19)$   
 $]$

$+ 2,32 \ast \text{?}^{\text{TM}}\text{?}\text{oe}\text{?}''(\text{?}\text{?}\text{?}\text{?}) - 8,07$

$\text{?}\text{?}\text{?}\text{?}3 = 3.068$

4.8.13. Espesor de la sub-base granular

$h3 =$   
 $\text{?}\text{?}\text{?}\text{?}3 - \text{?}\text{?}\text{?}\text{?}2$

$\ast$

$\text{?}\text{?}3 \ast \text{?}\text{?}3$   
 $=$

$3.068 - 2.6$

$0.13 \cdot 0.8$   
 $= 4.5 \text{ ?}\text{?}\text{?}\text{?}^{\text{TM}}\text{?}''$

Se adopta el espesor mínimo recomendado en la tabla 38  $\rightarrow h3 = 6 \text{ ?}\text{?}\text{?}\text{?}^{\text{TM}}\text{?}''$

Con los resultados obtenidos se puede realizar la siguiente comprobación:

4.8.14. Comprobación de los números estructurales mediante software

Como método de verificación para el cálculo de los números estructurales y los espesores

de capa se ha hecho uso del software denominado "Ecuación AASHTO 93":

4.9 Diseño geométrico

Para la definición de los parámetros geométricos de la vía rural objeto de estudio, se

aplicaron

9

**Documento de otro usuario**  
♥ Viene de de otro grupo

los lineamientos establecidos por el Ministerio de Transporte y Obras  
Públicas

(MTOP), específicamente los contenidos en la Tabla 42 de clasificación de vías según el

Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA). Esta normativa establece los rangos

recomendables y absolutos para el diseño vial, abarcando tanto aspectos del alineamiento

horizontal como vertical. Entre los parámetros considerados se encuentran: la velocidad de diseño, la velocidad de circulación, la distancia de visibilidad de parada y de rebase, el coeficiente de fricción lateral, el radio mínimo de curva, el grado de curvatura, el peralte, la tangente intermedia mínima, el sobreancho, las curvas verticales cóncavas y convexas, el gradiente máximo y mínimo, el ancho de carril, la pendiente transversal o bombeo, la inclinación de taludes, así como los anchos mínimos y recomendables de SUBRASANTE

45

calzada. Todos estos elementos fueron definidos en concordancia con la categoría funcional de la vía, determinada a partir del TPDA proyectado. Según los cálculos de tránsito previamente realizados, el TPDA proyectado para la vía es de 722 vehículos/día, valor que la ubica dentro de la Clase III, correspondiente a vías con flujos entre 300-1000 vehículos por día. Para esta clase, la normativa establece una velocidad de diseño recomendable de 90 km/h, sin embargo, se decidió adoptar una velocidad más conservadora de 60 km/h. Esta decisión se fundamenta en las condiciones particulares de la vía, la cual es de una calzada con solo un carril por sentido, lo que incrementa los riesgos de operación a velocidades elevadas. Además, dado el uso agrícola predominante en la zona, es común la circulación de vehículos pesados y maquinaria de gran tamaño, lo que justifica aún más la necesidad de reducir la velocidad de diseño para garantizar maniobrabilidad, seguridad y adecuación al entorno funcional. En caso de requerirse una velocidad de diseño de 90 km/h, lo óptimo sería considerar el aumento del número de carriles y, por consiguiente, una modificación en la sección tipo, a fin de mejorar las condiciones de maniobrabilidad, seguridad y fluidez vehicular que permitan operar de forma segura a mayores velocidades.

Tras la implementación de la metodología de diseño geométrico, establecida en las

Normas

**10**

**Documento de otro usuario**  
Viene de de otro grupo

de Diseño Geométrico de Carreteras del Ministerio de Transporte y Obras

Públicas (2003), se obtuvieron los siguientes resultados:

Como se aprecia en la ilustración 18 La sección transversal propuesta considera una calzada de 8.60 metros de ancho, que incluye dos carriles de 3.65 m cada uno (uno en cada sentido) y cunetas laterales de 0.65 m, configurados con una pendiente transversal (bombeo) de 2% hacia ambos lados del eje, lo cual asegura un adecuado drenaje superficial y seguridad en la operación del camino, incluso en zonas de visibilidad limitada o en curvas.

Se ha seleccionado una cuneta de sección triangular con revestimiento de hormigón. Esta tipología ha sido elegida por su eficiencia hidráulica, ya que permite el escurrimiento de caudales con velocidades relativamente altas sin comprometer la estabilidad del cauce, minimizando así el riesgo de erosión del lecho y los taludes. El uso de revestimiento rígido, como el hormigón, garantiza durabilidad, reduce los requerimientos de

mantenimiento y mejora el comportamiento estructural ante solicitaciones hidráulicas variables. A continuación, se detalla la geometría de la cuneta diseñada para el sistema de drenaje longitudinal del proyecto vial.

La elaboración de los planos y el trazado geométrico de la vía en el software AutoCAD Civil 3D se realizó a partir de los datos obtenidos en el levantamiento topográfico del terreno. Esta información, compuesta por coordenadas, cotas y detalles del relieve, fue procesada para generar un modelo digital del terreno (MDT), que permitió definir con precisión el alineamiento horizontal y vertical de la vía. A partir de este modelo, se desarrollaron perfiles longitudinales, secciones transversales y el diseño de la rasante, los cuales sirvieron como base para la elaboración de los planos constructivos y la obtención de las cantidades de obra.

A continuación, se presentan los planos técnicos elaborados, en los cuales se refleja la aplicación detallada de los parámetros geométricos definidos, cumpliendo con los criterios de funcionalidad, seguridad y adaptabilidad para una vía rural de doble sentido con un volumen de tránsito moderado, además, también se presenta los volúmenes de movimiento de tierras correspondientes en el Anexo 7.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

• La revisión bibliográfica y normativa permitió identificar los parámetros técnicos más relevantes para el diseño geométrico de vías rurales, tomando como referencia principal

11

**Documento de otro usuario**  
Viene de de otro grupo

los lineamientos establecidos por el Ministerio de Transporte y Obras

Públicas (MTO) y la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12. Asimismo, este análisis

permitió determinar que la metodología más adecuada para el diseño estructural del pavimento en este tipo de proyectos corresponde al método AASHTO 93, dado su enfoque integral en la evaluación del tránsito, características del suelo y niveles de serviciabilidad esperados

• A través de los estudios técnicos realizados, entre ellos el levantamiento topográfico, los ensayos de laboratorio del suelo y los aforos vehiculares, se diagnosticó de manera integral el estado actual del tramo Al Quemado (0+000 a 3+187). El levantamiento permitió identificar deficiencias geométricas, como pendientes inadecuadas y curvas

47

con radios menores a los mínimos establecidos por la normativa, lo cual compromete la funcionalidad y seguridad vial, especialmente en temporada invernal. Mediante el aforo vehicular se determinó un TPDA de 722 vehículos/día, proyectado a 20 años, obteniendo una carga acumulada de  $7.68 \times 10^5$  ESALs, que representa la demanda estructural que la vía deberá soportar. Por su parte, los ensayos de laboratorio evidenciaron que la subrasante está compuesta principalmente por suelos de tipo arcilloso (ML) y arenoso (SM-SP), con una capacidad portante limitada, reflejada en un CBR promedio de 5.61 %, clasificándola como “muy mala” según los

criterios de la NEVI-12. Esta descompensación entre la demanda futura y la resistencia actual del suelo justifica la necesidad de una estructura de pavimento que garantice un comportamiento funcional y duradero a lo largo del periodo de diseño.

- En respuesta a las deficiencias identificadas durante la evaluación técnica, se planteó una solución integral que abarca tanto el diseño estructural como el geométrico del tramo vial. En lo estructural, se optó por un pavimento flexible, en función de las características del terreno y del tránsito proyectado. Esta elección se sustenta en el bajocomportamiento mecánico de la subrasante, con un CBR promedio de 5.61 %, lo que hace más recomendable el uso de estructuras flexibles por su capacidad de adaptación a suelos débiles. Además, el volumen de tránsito identificado no justifica una inversión en pavimentos rígidos. Dado que se trata de una vía rural de bajo volumen con restricciones presupuestarias y necesidad de mantenimiento progresivo, el pavimento flexible constituye una alternativa eficiente, alineada con las recomendaciones de la Norma NEVI-12.

El paquete estructural propuesto está conformado por 3.5 pulgadas (8.89 cm) de carpeta asfáltica, 15.24 cm de base granular y 15.24 cm de subbase, asegurando la capacidad portante requerida y una vida útil acorde al horizonte de diseño. Desde el punto de vista geométrico, el nuevo trazado considera una velocidad de diseño de 60 km/h, coherente con la clasificación funcional de la vía y las condiciones topográficas del entorno. Se corrigieron las pendientes excesivas y se rediseñaron las curvas horizontales, incorporando radios mínimos de hasta 135 m, lo que mejora significativamente la seguridad vial y la comodidad de circulación para los usuarios.

48

- Se logró integrar adecuadamente los resultados de campo con herramientas tecnológicas como Autocad Civil 3D, lo cual facilitó la obtención precisa de perfiles, secciones y cubicaciones. Esta sinergia entre lo técnico y lo digital permitió desarrollar una propuesta integral de trazado geométrico que mejora significativamente las condiciones de transitabilidad y promueve el desarrollo productivo del sector rural.
- Finalmente, el proyecto no solo responde a necesidades técnicas, sino también sociales y económicas. Al mejorar las condiciones de la vía Al Quemado, se favorece la conectividad rural, se optimiza el transporte de productos agrícolas y se fortalece el vínculo entre la zona productiva y la cabecera cantonal de Santa Rosa.

#### Recomendaciones

- Complementar el diseño con un estudio hidrológico detallado, debido a la presencia de pequeños cauces que, en temporada invernal, generan escorrentías que han afectado históricamente la vía. Este análisis permitirá definir obras de drenaje adecuadas que prevengan erosiones y socavamientos.
- Realizar una evaluación de la señalización vertical y horizontal existente, así como una propuesta de señalización completa acorde con la NEVI-12, a fin de garantizar la seguridad vial en condiciones de visibilidad adversa y durante el tránsito nocturno.

- Incorporar estudios ambientales y simulaciones de tráfico en futuras investigaciones,

con el fin de evaluar los posibles impactos sobre el entorno y validar los escenarios

de crecimiento vehicular mediante modelos de simulación, lo que reforzaría la

planificación a largo plazo.

- Elaborar un presupuesto referencial y un cronograma de ejecución de obra, con base

en los volúmenes de movimiento de tierra y las cantidades de obra obtenidas, para

facilitar la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes en caso de

implementación del proyecto.

- Diseñar un sistema de monitoreo y evaluación del desempeño vial, basado en

indicadores clave como deterioro superficial, tiempos de viaje y nivel de servicio, que

49

permita realizar ajustes técnicos futuros y planificar mantenimientos preventivos de

manera oportuna.

- Gestionar un mayor respaldo institucional para trabajos futuros, especialmente en

zonas rurales, donde el levantamiento de información en campo puede verse limitado

por la falta de autorización de propietarios privados. La participación de autoridades

locales facilitaría el acceso a predios y permitiría obtener fajas topográficas más

amplias y precisas para posibles ampliaciones de vía.

## **CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL**

El que suscribe, TINIZARAY LOPEZ DAVIS ARIEL, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Propuesta técnica de rediseño vial para el tramo rural de la vía Al Quemado – Santa Rosa abscisa 0+000 hasta 3+187 a partir del análisis topográfico, geotécnico y de tránsito., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



---

TINIZARAY LOPEZ DAVIS ARIEL

0706326881



## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, por ser el pilar fundamental en cada etapa de mi vida, por su esfuerzo silencioso, sus consejos sinceros y por enseñarme a luchar por lo que quiero. A mi familia, por acompañarme con paciencia y aliento en los momentos más difíciles. A Dios, por darme salud, fuerza y claridad cuando más lo necesité.

Agradezco también a quienes, de una u otra manera, formaron parte de este proceso académico y personal. A los docentes, compañeros y a cada persona que, con su apoyo o palabra, me ayudó a seguir adelante.

Y, por último, pero no menos importante, me dedico este trabajo a mí mismo, por todo el sacrificio y determinación que demostré lo largo de todos estos años, noches sin dormir, extenuantes jornadas de estudio e incontables horas tratando hacer lo mejor posible. Este logro no es solo una meta cumplida, sino el reflejo de la constancia, la dedicación y las ganas de salir adelante a pesar de las dificultades.

*Davis Ariel Tinizaray López*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a Dios, por haberme permitido llegar hasta esta etapa tan importante de mi vida y brindarme fortaleza en los momentos más exigentes del camino. A mis padres, Alexandra Gina López Freire y José Luis Tinizaray Vega, por su apoyo incondicional, sus sacrificios constantes y por ser siempre mi mayor fuente de inspiración. A mis hermanas, Alison y Antonella, a mi abuela, María Freire y familia en general, por estar presentes cuando más lo necesité, con palabras de aliento y gestos sinceros.

A mi tutor de titulación, Ing Erwin Javier Oyola Estrada, por su guía técnica, paciencia y compromiso durante el desarrollo de este proyecto. Agradezco también a los docentes de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Machala, quienes compartieron sus conocimientos y valores a lo largo de toda mi formación.

Expreso mi sincero agradecimiento a la Prefectura de El Oro, en especial al Ing. Eduardo Montesdeoca y a la Ing. Paola Batallas, por brindarme acceso a los laboratorios de suelos y pavimentos de la institución, permitiéndome utilizar los equipos e implementos necesarios para la ejecución de los ensayos requeridos en este trabajo, así como por la orientación y el apoyo brindado durante el proceso.

A mis amigos y compañeros de carrera, Abigail, Axel, Steven, Anthony, Freddy, Dayana, Madeleyne, José y Kevin, quienes compartieron conmigo largas jornadas de estudio, trabajo y aprendizajes mutuos. Su apoyo, compañía y colaboración marcaron una etapa que recordaré siempre con gratitud.

A la Srta. Katherin Granda, mi compañera de fórmula, quien ha sido una parte trascendental en toda esta loca aventura universitaria y sin la cual no hubiera podido llevarse a cabo este trabajo, gracias.

Finalmente, me agradezco a mí mismo por la constancia, la dedicación y la capacidad de no rendirme frente a los obstáculos. Culminar esta tesis representa más que un logro académico: es el resultado de un esfuerzo que va más allá de las aulas.

## RESUMEN

Este proyecto surge ante la evidente necesidad de mejorar las condiciones de una vía rural ubicada en el sector Al Quemado, en el cantón Santa Rosa, cuyo estado actual, marcado por deficiencias geométricas, escasa capacidad estructural y deterioro progresivo, limita la movilidad, especialmente del transporte agrícola, y afecta el desarrollo socioeconómico de la zona.

El objetivo principal fue diseñar una alternativa de trazado vial que se adapte a las condiciones reales del terreno y al volumen de tránsito existente, garantizando mayor seguridad, funcionalidad y durabilidad. Para ello, se llevaron a cabo estudios técnicos como el levantamiento topográfico, aforos vehiculares y ensayos de laboratorio del suelo, que permitieron caracterizar con precisión la situación actual y establecer los parámetros de diseño. A partir de esta información, se propuso un rediseño geométrico con una velocidad de diseño adecuada, corrección de pendientes y radios, así como una estructura de pavimento flexible adaptada a la capacidad de soporte del suelo y a la demanda proyectada.

El desarrollo del proyecto se apoyó en criterios normativos (NEVI-12), el método AASHTO 93 y el uso de herramientas como AutoCAD Civil 3D, permitiendo una planificación técnica precisa. En conjunto, esta propuesta busca mejorar la conectividad de la zona, facilitar el transporte de productos agrícolas y contribuir al bienestar de los habitantes del sector.

**Palabras clave:** vías rurales, diseño geométrico, pavimento flexible, levantamiento topográfico, movilidad agrícola, NEVI-12, AASHTO 93, Civil 3D.

## ABSTRACT

This project arises from the evident need to improve the conditions of a rural road located in the Al Quemado sector, in the canton of Santa Rosa, whose current state, marked by geometric deficiencies, low structural capacity, and progressive deterioration, limits mobility, particularly for agricultural transport, and affects the socioeconomic development of the area.

The main objective was to design an alternative road layout adapted to the actual terrain conditions and existing traffic volume, ensuring greater safety, functionality, and durability. To achieve this, technical studies were conducted, including topographic surveying, traffic counts, and laboratory tests on soil samples, which allowed for an accurate characterization of the current conditions and the definition of design parameters. Based on these results, a new geometric design was proposed with an appropriate design speed, adjusted slopes and curves, as well as a flexible pavement structure tailored to the bearing capacity of the subgrade and projected demand.

The project development followed national regulations (NEVI-12), the AASHTO 93 methodology, and used tools such as AutoCAD Civil 3D for precise planning. Altogether, this proposal aims to improve the area's connectivity, facilitate the transport of agricultural products, and contribute to the well-being of local residents.

**Keywords:** rural roads, geometric design, flexible pavement, topographic survey, agricultural mobility, NEVI-12, AASHTO 93, Civil 3D.

## CONTENIDO

|                                                                      | Pág. |
|----------------------------------------------------------------------|------|
| DEDICATORIA.....                                                     | 1    |
| AGRADECIMIENTO .....                                                 | 2    |
| RESUMEN .....                                                        | 3    |
| ABSTRACT.....                                                        | 4    |
| CONTENIDO .....                                                      | 5    |
| LISTA DE TABLAS .....                                                | 9    |
| LISTA DE FIGURAS .....                                               | 12   |
| INTRODUCCIÓN .....                                                   | 14   |
| Importancia del tema .....                                           | 14   |
| Actualidad de la problemática .....                                  | 15   |
| 1. CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                      | 16   |
| 1.1 Antecedentes .....                                               | 16   |
| 1.2 Descripción de la situación problemática (Causas y efectos)..... | 20   |
| 1.3 Formulación del problema (preguntas científicas) .....           | 21   |
| 1.4 Delimitación del objeto de estudio .....                         | 22   |
| 1.5 Justificación .....                                              | 24   |
| 1.6 Objetivos.....                                                   | 25   |
| 1.6.1. <i>Objetivo General</i> .....                                 | 25   |
| 1.6.2. <i>Objetivos específicos</i> .....                            | 25   |
| 2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....                                  | 27   |
| 2.1 Antecedentes contextuales .....                                  | 27   |
| 2.1.1. <i>Macro</i> .....                                            | 27   |
| 2.1.2. <i>Meso</i> .....                                             | 28   |
| 2.1.3. <i>Micro</i> .....                                            | 29   |
| 2.2 Antecedentes conceptuales .....                                  | 30   |
| 2.3 Antecedentes referenciales .....                                 | 35   |

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 3. CAPITULO III: METODOLOGÍA .....                                        | 38 |
| 3.1 Modalidad de la investigación .....                                   | 38 |
| 3.1.1. Tipo de investigación .....                                        | 38 |
| 3.2 Descripción de la población.....                                      | 38 |
| 3.3 Método teórico .....                                                  | 39 |
| 3.3.1. Revisión bibliográfica.....                                        | 39 |
| 3.4 Método empírico.....                                                  | 40 |
| 3.4.1. Reconocimiento del área de estudio .....                           | 41 |
| 3.4.2. Levantamiento topográfico.....                                     | 41 |
| 3.4.3. Estudio del tránsito vehicular.....                                | 41 |
| 3.4.4. Estudio de suelos .....                                            | 41 |
| 3.4.5. Análisis de la situación actual.....                               | 42 |
| 3.4.6. Propuesta de trazado geométrico .....                              | 42 |
| 3.4.7. Modelación y diseño digital.....                                   | 42 |
| 3.4.8. Análisis de resultados y conclusiones.....                         | 42 |
| 4. CAPITULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS .....                              | 43 |
| 4.1 Clasificación preliminar de la vía .....                              | 43 |
| 4.2 Levantamiento topográfico y análisis preliminar del trazado.....      | 43 |
| 4.3 Aforo vehicular .....                                                 | 44 |
| 4.3.1. Clasificación vehicular.....                                       | 46 |
| 4.4 Tráfico Promedio Diario Anual .....                                   | 47 |
| 4.4.1. Tráfico promedio diario semanal.....                               | 47 |
| 4.4.2. Tráfico promedio diario anual actual.....                          | 48 |
| 4.4.3. Tráfico promedio diario anual asignado .....                       | 49 |
| 4.4.4. Tráfico promedio diario anual proyectado al 2045.....              | 50 |
| 4.4.5. Clasificación de la vía de acuerdo con el tráfico proyectado ..... | 52 |
| 4.5 Estudios de suelos.....                                               | 54 |
| 4.6 ESALs.....                                                            | 58 |
| 4.6.1. Carga estimada por eje.....                                        | 58 |
| 4.6.2. Factor equivalencia de carga .....                                 | 58 |
| 4.6.3. Porcentaje de vehículos .....                                      | 59 |
| 4.6.4. Factor camión.....                                                 | 60 |

|         |                                                                                                                                |     |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.6.5.  | <i>Número de ESALs</i> .....                                                                                                   | 61  |
| 4.6.6.  | <i>ESALs para el período de diseño</i> .....                                                                                   | 62  |
| 4.7     | CBR de diseño .....                                                                                                            | 63  |
| 4.8     | Diseño de pavimento flexible .....                                                                                             | 66  |
| 4.8.1.  | <i>Determinación de parámetros de confiabilidad</i> .....                                                                      | 66  |
| 4.8.2.  | <i>Determinación del índice de servicio</i> .....                                                                              | 68  |
| 4.8.3.  | <i>Módulo resiliente de la subrasante</i> .....                                                                                | 69  |
| 4.8.4.  | <i>Material para base y sub-base granular</i> .....                                                                            | 70  |
| 4.8.5.  | <i>Módulo resiliente MR y el coeficiente estructural a la base y la sub-base</i> 71                                            |     |
| 4.8.6.  | <i>Módulo resiliente de la mezcla asfáltica (<math>E_1</math>) y coeficiente de la capa asfáltica (<math>a_1</math>)</i> ..... | 73  |
| 4.8.7.  | <i>Determinación del coeficiente de drenaje</i> .....                                                                          | 75  |
| 4.8.8.  | <i>Número estructural requerido por la capa asfáltica</i> .....                                                                | 77  |
| 4.8.9.  | <i>Espesor de la capa asfáltica</i> .....                                                                                      | 77  |
| 4.8.10. | <i>Número estructural requerido por la base granular</i> .....                                                                 | 77  |
| 4.8.11. | <i>Espesor de la base granular</i> .....                                                                                       | 78  |
| 4.8.12. | <i>Número estructural requerido por la sub-base granular</i> .....                                                             | 78  |
| 4.8.13. | <i>Espesor de la sub-base granular</i> .....                                                                                   | 78  |
| 4.8.14. | <i>Comprobación de los números estructurales mediante software</i> .....                                                       | 79  |
| 4.9     | Diseño geométrico .....                                                                                                        | 82  |
| 5.      | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....                                                                                            | 88  |
|         | Conclusiones.....                                                                                                              | 88  |
|         | Recomendaciones .....                                                                                                          | 90  |
|         | BIBLIOGRAFÍA .....                                                                                                             | 91  |
|         | ANEXOS .....                                                                                                                   | 96  |
|         | Anexo 1: Tabla de registro de puntos topográficos .....                                                                        | 96  |
|         | Anexo 2: Tablas de registro de aforo vehicular .....                                                                           | 132 |
|         | Anexo 3: Ensayos de granulometría, límites de consistencia y contenido de humedad.....                                         | 139 |
|         | Anexo 4: Ensayos de Proctor modificado.....                                                                                    | 155 |
|         | Anexo 5: Reportes de CBR obtenidos de la prensa marshal .....                                                                  | 159 |

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Anexo 6: Tabla nacional de pesos y dimensiones posibles combinaciones..... | 179 |
| Anexo 7: Metrado de la vía.....                                            | 181 |
| Anexo 8: Reporte de curvas verticales .....                                | 185 |
| Anexo 9: Alineamiento de curvas horizontales .....                         | 190 |
| Anexo 10: Evidencia fotográfica .....                                      | 196 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                        | Pág. |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Tabla 1. Proyección de la población de la parroquia Santa Rosa .....                   | 16   |
| Tabla 2. Proyección poblacional rural y urbana de la parroquia Santa Rosa.....         | 17   |
| Tabla 3. Distribución de la red vial cantonal .....                                    | 18   |
| Tabla 4. Jerarquía de la red vial de El Oro.....                                       | 19   |
| Tabla 5. Material de las vías de tercer orden .....                                    | 19   |
| Tabla 6. Coordenadas de la vía de estudio.....                                         | 24   |
| Tabla 7. Normas técnicas especializadas de la AASHTO.....                              | 39   |
| Tabla 8. Registro del conteo semanal .....                                             | 45   |
| Tabla 9. Clasificación diaria vehicular .....                                          | 46   |
| Tabla 10. Factores mensuales .....                                                     | 48   |
| Tabla 11. Factor diario por día.....                                                   | 49   |
| Tabla 12. Tasa de crecimiento según tipo de vehículo.....                              | 50   |
| Tabla 13. Resumen de los cálculos del TPDA proyectado .....                            | 51   |
| Tabla 14. Clasificación del tipo de vía en base a su función y su relación con el TPDA | 53   |
| Tabla 15. Clasificación funcional de las vías en base al TPDA.....                     | 53   |
| Tabla 16. Resumen del material de la calicata 1 .....                                  | 54   |
| Tabla 17. Resumen del material de la calicata 2.....                                   | 55   |
| Tabla 18. Resumen del material de la calicata 3.....                                   | 55   |
| Tabla 19. Resumen del material de la calicata 4.....                                   | 56   |

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 20. Resumen de resultados de ensayos en la calicata 1 .....                                          | 57 |
| Tabla 21. Resumen de resultados de ensayos en la calicata 2 .....                                          | 57 |
| Tabla 22. Resumen de resultados de ensayos en la calicata 3 .....                                          | 57 |
| Tabla 23. Resumen de resultados de ensayos en la calicata 4 .....                                          | 58 |
| Tabla 24. Relación de cargas por eje para determinar el Eje Equivalente para pavimentos flexibles.....     | 59 |
| Tabla 25. Porcentaje de vehículos sin livianos .....                                                       | 60 |
| Tabla 26. Resumen de cálculos previos al ESALs proyectado .....                                            | 61 |
| Tabla 27. Factores para el cálculo del ESALs .....                                                         | 62 |
| Tabla 28. Clasificación de tráfico por número acumulado de ejes equivalentes de 12 toneladas (120 kN)..... | 63 |
| Tabla 29. Percentiles para la selección del valor de CBR de diseño .....                                   | 64 |
| Tabla 30. Percentiles del trabajo de titulación .....                                                      | 64 |
| Tabla 31. Categorización de la subrasante en base a su CBR.....                                            | 66 |
| Tabla 32. Niveles de confiabilidad sugeridos según el tipo de carretera .....                              | 67 |
| Tabla 33. Desviación estándar ( $Z_r$ ).....                                                               | 67 |
| Tabla 34. Error combinado ( $S_o$ ) .....                                                                  | 68 |
| Tabla 35. Valor de serviciabilidad final .....                                                             | 69 |
| Tabla 36. Resumen de los resultados de los ensayos en la Cantera "Beltrán" .....                           | 71 |
| Tabla 37. Módulos resilientes y coeficientes estructurales de la base y sub-base .....                     | 72 |
| Tabla 38. Espesores mínimos de capa asfáltica y base granular.....                                         | 73 |
| Tabla 39. Resumen de datos de las estaciones meteorológicas .....                                          | 75 |

|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 40. Coeficientes de drenaje .....                                                                               | 76 |
| Tabla 41. Resumen de las variables para el diseño de pavimentos.....                                                  | 76 |
| Tabla 42. Valores de diseño recomendados para carreteras de dos carriles y caminos<br>vecinales de construcción ..... | 83 |
| Tabla 43. Resumen de las variables usadas en el diseño. ....                                                          | 85 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                       | Pág. |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Ilustración 1. Árbol de Problemas .....                                               | 21   |
| Ilustración 2. Red vial provincial del cantón Santa Rosa .....                        | 23   |
| Ilustración 3. Tramo de estudio (vía Al Quemado).....                                 | 24   |
| Ilustración 4. Estado actual de la vía en el tramo evaluado .....                     | 43   |
| Ilustración 5. Flujo vehicular diario por intervalos de tiempo.....                   | 45   |
| Ilustración 6. Clasificación vehicular .....                                          | 47   |
| Ilustración 7. Curvas de frecuencias .....                                            | 65   |
| Ilustración 8. Correlaciones CBR-Módulo resiliente de la subrasante.....              | 70   |
| Ilustración 9. Ábacos para determinar el módulo resiliente de la base y sub-base..... | 72   |
| Ilustración 10. Gráfico del módulo resiliente de la capa asfáltica. ....              | 74   |
| Ilustración 11. Resumen del diseño de la estructura del pavimento. ....               | 78   |
| Ilustración 12. Verificación SN requerido vs SN dispuesto.....                        | 79   |
| Ilustración 13. Comprobación SN capa asfáltica.....                                   | 79   |
| Ilustración 14. Comprobación SN base. ....                                            | 80   |
| Ilustración 15. Comprobación SN sub-base. ....                                        | 80   |
| Ilustración 16. Resumen de la comprobación del diseño de pavimentos .....             | 81   |
| Ilustración 17. Resumen del informe obtenido del software .....                       | 81   |
| Ilustración 18. Sección transversal de la vía.....                                    | 86   |
| Ilustración 19. Diseño de cuneta.....                                                 | 86   |

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| Ilustración 20. Equipo topográfico .....                      | 196 |
| Ilustración 21. Levantamiento topográfico .....               | 196 |
| Ilustración 22. Conteo vehicular .....                        | 197 |
| Ilustración 23. Elaboración de calicatas .....                | 197 |
| Ilustración 24. Calicata .....                                | 198 |
| Ilustración 25. Extracción de muestras de suelo .....         | 198 |
| Ilustración 26. Preparación de muestras .....                 | 199 |
| Ilustración 27. Tamizado a través del tamiz N°4 .....         | 199 |
| Ilustración 28. Ensayo de CBR.....                            | 200 |
| Ilustración 29. Incorporación de agua para CBR.....           | 200 |
| Ilustración 30. Ensayo Proctor.....                           | 201 |
| Ilustración 31. Puesta de muestras en el horno .....          | 201 |
| Ilustración 32. Tamizado por lavado.....                      | 202 |
| Ilustración 33. Uso de la tamizadora para granulometría ..... | 202 |
| Ilustración 34. Ensayo de límites de consistencia.....        | 203 |
| Ilustración 35. Muestras de límites de consistencia.....      | 203 |

## INTRODUCCIÓN

### **Importancia del tema**

La infraestructura vial constituye un pilar fundamental para el desarrollo de las comunidades rurales, ya que facilita la movilidad, mejora la accesibilidad a servicios básicos y promueve el crecimiento económico. En Ecuador, una parte significativa del territorio depende de vías de tercer orden, las cuales conectan zonas agrícolas y rurales con los principales centros urbanos. Sin embargo, muchas de estas carreteras presentan condiciones deficientes, lo que limita su funcionalidad y afecta negativamente la productividad y calidad de vida de sus habitantes.

El trazado geométrico de una vía influye directamente en su seguridad, eficiencia y durabilidad. Un diseño inadecuado puede generar problemas como inestabilidad estructural, tiempos de recorrido prolongados y riesgos para los usuarios. Por ello, evaluar y optimizar los trazados geométricos en vías rurales es una tarea prioritaria para garantizar una infraestructura vial eficiente y sostenible.

En el contexto de la provincia de El Oro, y en particular en el cantón Santa Rosa, la mejora del trazado de sus vías rurales resulta esencial para fortalecer la conectividad y dinamizar la actividad económica local. La producción agrícola y ganadera de la región depende en gran medida del transporte de insumos y productos terminados, por lo que contar con vías adecuadas no solo facilita la movilidad de los productores, sino que también reduce costos logísticos y fortalece el comercio regional.

Desde el ámbito de la ingeniería civil, el estudio de los trazados geométricos en carreteras rurales permite aplicar conocimientos técnicos en topografía, tránsito y diseño estructural, asegurando que las soluciones planteadas sean viables tanto desde el punto de vista funcional como económico. Así, el presente trabajo contribuye a la formulación de propuestas de mejora que optimicen la infraestructura vial y promuevan el desarrollo sostenible en la zona de estudio.

### **Actualidad de la problemática**

A pesar de su relevancia estratégica, las vías rurales del cantón Santa Rosa presentan condiciones desfavorables que limitan su funcionalidad y seguridad. Estas deficiencias, derivadas de diseños geométricos inadecuados y un mantenimiento insuficiente, generan problemas como superficies de rodadura irregulares, mala conectividad y un aumento en los tiempos de recorrido. En particular, la vía Al Quemado, objeto de estudio de este trabajo, carece de un diseño técnico formal, ya que fue originalmente abierta de manera empírica por los habitantes locales, sin considerar criterios técnicos como capacidad estructural, resistencia del suelo o condiciones topográficas.

Este deterioro afecta directamente la movilidad de los usuarios y el transporte de productos agrícolas, disminuyendo la productividad de los sectores rurales e incrementando los costos operativos. Adicionalmente, el crecimiento poblacional desordenado y la falta de integración con la planificación urbana han generado una demanda vehicular que supera la capacidad actual de las vías, agravando los problemas de tránsito y aumentando el riesgo de accidentes.

Frente a esta realidad, se hace evidente la necesidad de una intervención técnica que contemple un diseño geométrico adecuado para optimizar las condiciones de las vías rurales. Este enfoque permitirá garantizar un servicio vial eficiente, mejorar la conectividad entre zonas urbanas y rurales, y promover un desarrollo socioeconómico en el cantón Santa Rosa.

## 1. CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Antecedentes

El presente trabajo de titulación se llevará a cabo en la Provincia del Oro, en el Cantón Santa Rosa, específicamente en la parroquia del mismo nombre. Santa Rosa está situada al sur de la región litoral del Ecuador, en una amplia llanura a 10 metros sobre el nivel del mar. Es reconocida como la tercera ciudad más grande y poblada de la provincia de El Oro. La parroquia Santa Rosa abarca una superficie de 141,77 km<sup>2</sup>, lo que representa el 11,40% del territorio cantonal. Geográficamente, se localiza en las coordenadas 78°57'30" de longitud oeste y 3°26'30" de latitud sur. (Gobierno Autónomo descentralizado, 2019)

A partir de los censos realizados por parte del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en el año 2001 en donde Santa Rosa presentó una población de 46,200 habitantes y 2010 donde hubo un registro de 52,863 habitantes, se determina una tasa de crecimiento poblacional del 1.51% y se procede a realizar las proyecciones de población haciendo uso del método geométrico, los resultados se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1. Proyección de la población de la parroquia Santa Rosa**

| Año                        | Población |
|----------------------------|-----------|
| 2020                       | 61,399    |
| 2025                       | 66,171    |
| 2030                       | 71,314    |
| 2035                       | 76,856    |
| Fuente: Elaboración Propia |           |

A su vez se puede dividir esta población según la zona en la que se encuentra, creándose así dos categorías: la rural y la urbana donde están quienes habitan la cabecera parroquial. En la tabla 2 se detalla la proyección de población en este contexto.

**Tabla 2. Proyección poblacional rural y urbana de la parroquia Santa Rosa**

| Año  | Área  |                     |
|------|-------|---------------------|
|      | Rural | Cabecera Parroquial |
| 2020 | 4,569 | 56,830              |
| 2025 | 4,924 | 61,247              |
| 2030 | 5,307 | 66,007              |
| 2035 | 5,720 | 71,137              |

Fuente: Plan de uso y gestión del suelo Santa Rosa 2023

El cantón Santa Rosa cuenta con un territorio rural de suelos altamente productivos para la agricultura, la ganadería y la acuicultura, gracias a la presencia de ecosistemas estratégicos como manglares y humedales. Estas características no solo destacan su potencial productivo y ecológico, sino que también crean un paisaje natural distintivo que define la identidad del territorio (Gobierno Autónomo descentralizado, 2019).

El perímetro urbano en las zonas de la parroquia Santa Rosa se ha visto modificado, principalmente, por una tendencia a reconocer asentamientos irregulares realizados sin considerar límites catastrales actuales, lo que conlleva una expansión de las áreas urbanas hacia la zona rural. El patrón de crecimiento urbano en la ciudad de Santa Rosa, está sectorizado hacia el norte y noreste, incluyendo la nueva parroquia denominada Nuevo Santa Rosa; razón por la cual se requiere de una actualización de la red vial que integre estos nuevos sectores (Gobierno Autónomo descentralizado, 2019).

En la Provincia de El Oro la competencia de las vías se divide entre el Gobierno Autónomo Descentralizado municipal del cantón Santa Rosa (GAD) y el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de El Oro (GADPEO), a partir de esto se establece un límite urbano dentro del cual la competencia de las vías que allí se encuentra le pertenecerá al GAD Cantonal dejando el resto del sistema vial a cargo del Consejo provincial. Esta división facilita la destinación de recursos, obras y mantenimiento del sistema vial (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de El Oro, 2019).

El Gobierno Autónomo descentralizado (2019) establece que la red vial del cantón está integrada por: la red vial estatal, la provincial y la cantonal urbana. El estudio se centrará en la red vial provincial, la misma que comunica cabeceras parroquiales-rurales con diferentes comunidades o recintos vecinales, esta red cuenta con un total de 292.31 km lo cual corresponde al 39% de la red vial total del cantón (Gobierno Autónomo descentralizado, 2019).

**Tabla 3. Distribución de la red vial cantonal**

| Ámbito                                                                                | Longitud (km) | %           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------|
| Estatal                                                                               | 50.27         | 7           |
| Provincial Rural                                                                      | 292.31        | 39          |
| Urbano-Cabecera Cantonal                                                              | 298.99        | 40          |
| Urbano-Parroquial                                                                     | 107.09        | 14          |
| <b>Total</b>                                                                          | <b>748.66</b> | <b>100%</b> |
| Fuente: Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Santa Rosa 2019-2023 |               |             |

El Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de El Oro (2019) en su PDYOT divide la red vial provincial en tres categorías: vías de primer orden, este tipo de carretera conecta las cabeceras de la provincia con las ciudades principales; vías de segundo orden, las cuales están caracterizadas por vincular territorios urbanos con rurales, es decir, es la unión entre las vías de primer y tercer orden; y, por último, vías de tercer orden que corresponderían a las zonas rurales y caminos vecinales. En la siguiente tabla se muestra la longitud de la red vial según su clasificación.

**Tabla 4. Jerarquía de la red vial de El Oro**

| Tipo          | Cantidad (km)   | %          |
|---------------|-----------------|------------|
| Primer orden  | 842.25          | 26.63      |
| Segundo orden | 517.11          | 16.35      |
| Tercer orden  | 1,820.56        | 57.6       |
| <b>Total</b>  | <b>3,179.92</b> | <b>100</b> |

Fuente: Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la provincia de El Oro 2019

En la siguiente tabla se muestra el material del cual está conformada la capa de rodadura de las vías de tercer orden y la distribución correspondiente.

**Tabla 5. Material de las vías de tercer orden**

| Material           | Cantidad        | %           |
|--------------------|-----------------|-------------|
| Lastre             | 1,386.69        | 76.1%       |
| Pavimento flexible | 92.15           | 5.1%        |
| Tierra             | 342.73          | 18.8%       |
| <b>Total</b>       | <b>1,821.56</b> | <b>100%</b> |

Fuente: Plan de uso y gestión del suelo Santa Rosa 2023

El cantón Santa Rosa experimenta un notable crecimiento demográfico, lo cual resalta la importancia de mejorar su infraestructura vial. A pesar de esto, muchas de sus vías aún se encuentran en condiciones desfavorables, limitando la productividad de los sectores rurales y obstaculizando su desarrollo. En este contexto, el diseño del trazado geométrico de vías rurales se plantea como una solución viable para optimizar las condiciones de movilidad y beneficio para los usuarios. Por ello, el presente trabajo de titulación se enfoca en la evaluación de un caso de estudio sobre este tipo de vía, con el objetivo de proponer alternativas de diseño, basadas en criterios técnicos y normativas vigentes, que mejoren su funcionalidad.

## **1.2 Descripción de la situación problemática (Causas y efectos)**

El cantón Santa Rosa, caracterizado por su creciente población y su importante actividad económica, enfrenta desafíos relacionados con la estructura y funcionalidad de sus vías, las cuales presentan condiciones que dificultan el transporte eficiente de productos y personas. Esta realidad limita el desarrollo económico y social de la región y refleja la necesidad de abordar problemas asociados con la infraestructura vial y su capacidad para satisfacer la demanda actual.

La vía objeto de estudio carece de una estructura y características propias de un diseño técnico formal, ya que, como ocurre frecuentemente en las zonas rurales, estas vías suelen ser abiertas de manera empírica por los habitantes locales. En estas áreas, dedicadas principalmente a actividades agrícolas, la necesidad de acceder a las fincas impulsa la apertura de caminos de manera informal, sin considerar aspectos como el diseño geométrico, la resistencia del suelo o las condiciones topográficas.

Posteriormente, estas vías son reconocidas por entidades municipales o provinciales, y con el tiempo se incorporan a los planes de desarrollo vial. Sin embargo, al no haber sido concebidas bajo criterios técnicos desde su origen, presentan limitaciones significativas en su funcionalidad y durabilidad, lo que afecta la movilidad de los usuarios y el transporte eficiente de productos agrícolas.

La falta de conexión entre la planificación urbana y el diseño de las vías desencadena en la circulación de tráfico no esperado sobre las mismas, lo cual, sumado a una falta de infraestructura adecuada, genera el desgaste prematuro de la vía y problemas de transitabilidad.

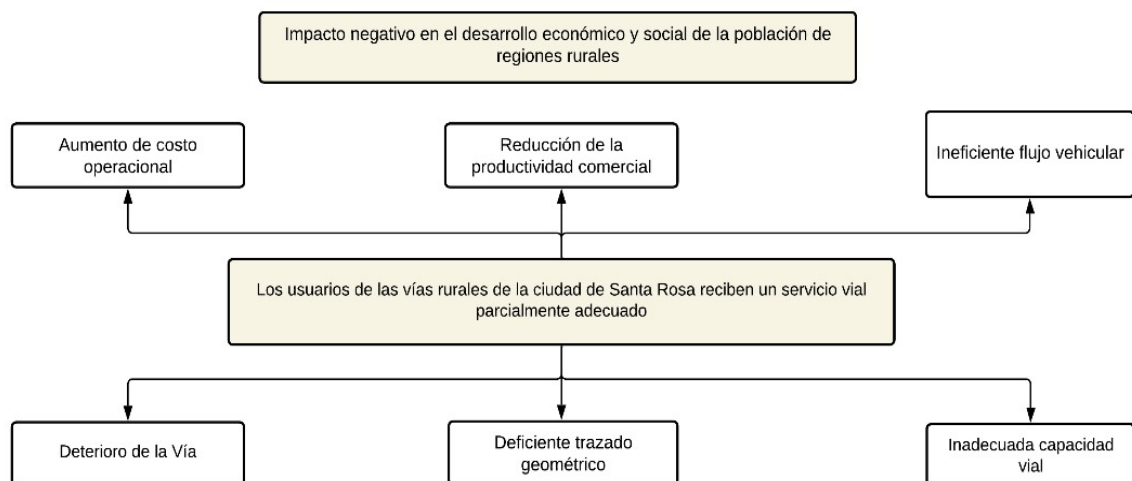
Además, la vía en estudio no cuenta con una capa de rodadura adecuada que garantice condiciones óptimas para el tránsito vehicular. Su superficie actual, en estado de lastrado o camino afirmado, limita su funcionalidad y capacidad para soportar el tráfico agrícola y de pasajeros. Estas condiciones generan problemas como un mayor desgaste de los vehículos, tiempos de traslado prolongados y una menor seguridad vial, especialmente durante las épocas de lluvia, cuando la superficie se torna inestable y difícil de transitar.

Otro factor que acentúa el problema es el crecimiento demográfico desordenado. La falta de organización en la expansión del cantón provoca una desconexión entre la

planificación urbana y el diseño de las vías, lo cual, dificulta prever y gestionar el impacto de la creciente población sobre el diseño y funcionalidad de las vías. Esto da lugar a un flujo vehicular atraído no previsto que acelerará el desgaste de la estructura vial.

Si no se realizan los diseños técnicos pertinentes para la mejora de la vía, los problemas relacionados con la transportación de productos agrícolas y la movilidad de los habitantes continuarán agravándose. Esto no solo limitará el crecimiento económico del cantón, al obstaculizar el acceso a mercados y reducir la competitividad de los productores locales, sino que también afectará directamente a la calidad de vida de los habitantes del sitio “El Quemado”, quienes enfrentarán mayores dificultades para acceder a servicios públicos esenciales como salud, educación y seguridad.

Ilustración 1. Árbol de Problemas



Fuente: Elaboración propia.

### 1.3 Formulación del problema (preguntas científicas)

El trazado geométrico de vías rurales ha sido objeto de estudio en diversas investigaciones y planes de ordenamiento territorial, lo que proporciona una base de información relevante para abordar los desafíos actuales. Datos sobre el crecimiento demográfico, el flujo vehicular y las condiciones de las vías existentes están disponibles y constituyen un recurso valioso para entender las limitaciones de la infraestructura actual. Estos antecedentes permiten sustentar técnicamente la necesidad de intervenir en las vías para mejorar la conectividad, movilización y la calidad del servicio vial.

Actualmente, en el cantón, el estado de las vías rurales evidencia un deterioro significativo y una insuficiente capacidad para satisfacer las demandas del tráfico. Frente a este panorama, el diseño de un trazado geométrico adecuado se presenta como una alternativa viable para mejorar las condiciones de las vías rurales.

Implementar soluciones que incluyan estudios actualizados del terreno, mejores técnicas de diseño y un enfoque integrado con la planificación urbana podría resolver los problemas existentes. Estas estrategias no solo mejorarían la calidad de las vías, sino que también contribuirían a optimizar el transporte, reducir los costos operativos y fomentar el desarrollo sostenible del sitio “El Quemado”.

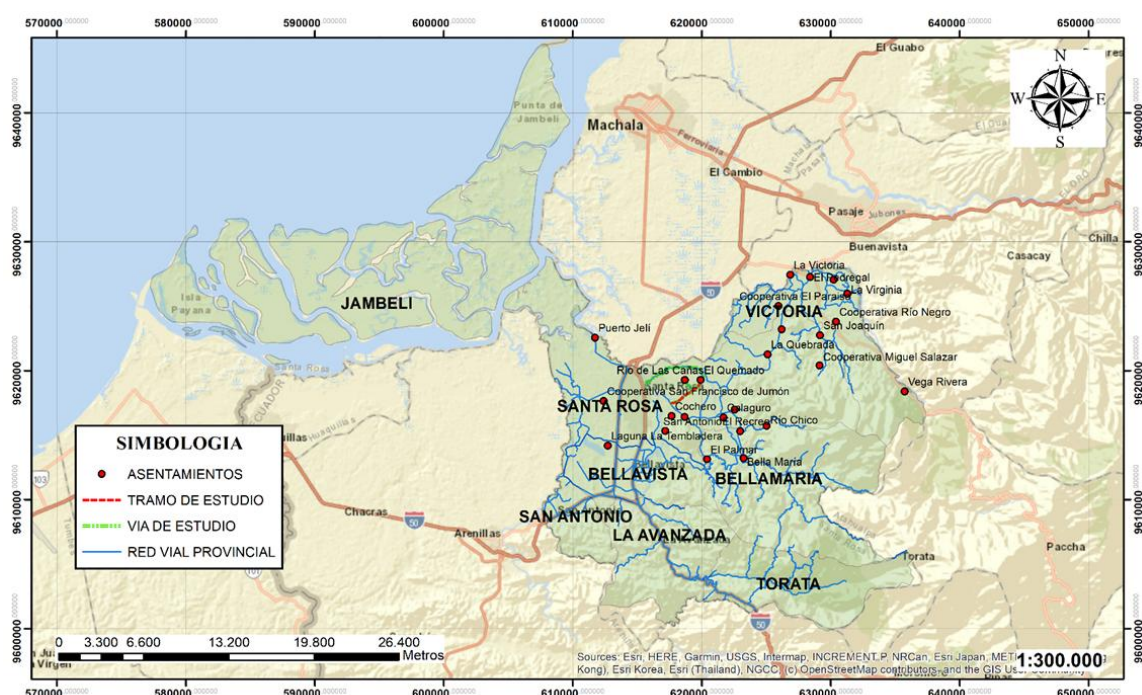
Considerando la situación expuesta y los desafíos identificados, esta investigación plantea la siguiente interrogante: ¿Es inadecuado el servicio vial que reciben los usuarios de las vías rurales de la ciudad de Santa Rosa?

Como base para el desarrollo del trabajo de titulación se han planteado las siguientes preguntas científicas: ¿Existe un buen diseño geométrico de carreteras que permita un adecuado servicio de vialidad para los habitantes del sitio “El Quemado” ?, ¿Cuáles son las condiciones actuales de las vías rurales del sitio “El Quemado” ?, ¿Cuál es una posible alternativa para el mejoramiento de las vías rurales del sitio “El Quemado”?

#### **1.4 Delimitación del objeto de estudio**

El presente trabajo de investigación se enfoca en las vías en zonas rurales que presenten trazados geométricos deficientes, particularmente se tratará el caso de la ciudad de Santa Rosa en la provincia de El Oro. El trabajo se centrará en analizar datos obtenidos en campo sobre las condiciones actuales de la carretera, con el objetivo de establecer su capacidad estructural actual. A partir de la información recolectada sobre el tráfico vehicular, las características del suelo y el Índice de Capacidad de Soporte (CBR), se determinarán los espesores de las capas de base, subbase y rodadura necesarios para definir una especificación técnica del tipo de pavimento adecuado para la vía rural en estudio. Esta especificación técnica se basará en las normas del Ministerio de Obras Públicas (MOP), estableciendo la clase y tipo de materiales requeridos para las capas de base y subbase, así como el tamaño y características del material a utilizar en la capa de rodadura.

Ilustración 2. Red vial provincial del cantón Santa Rosa



Fuente: Elaboración propia.

La vía de estudio está compuesta por 1 carril bidireccional con 5m de ancho de carril y sirve como conexión entre varias fincas y terrenos que se dedican al sector ganadero y agrónomo de la ciudad. La vía representa una ruta importante para el cantón ya que conecta la zona rural con la zona urbana proporcionando un eje hacia el cual la ciudad puede expandirse (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de El Oro, 2019).

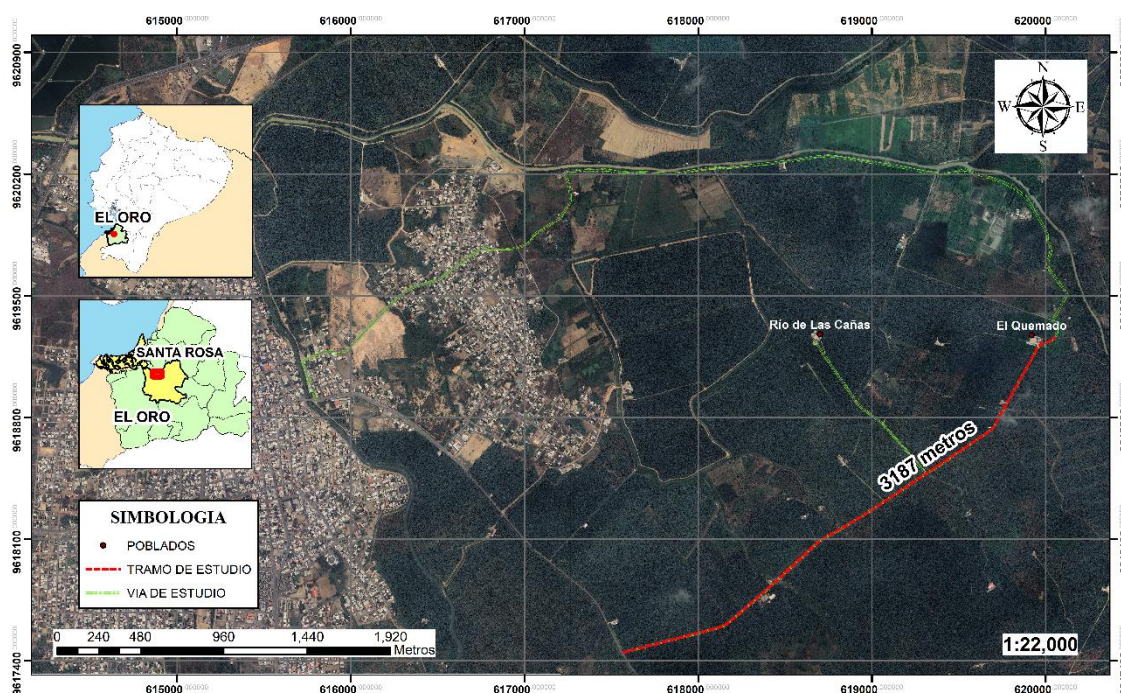
Tiene su inicio a partir de la Vía Bella María y termina su recorrido en la Parroquia Nueva Santa Rosa con una extensión aproximada de 9.1 km. En la siguiente tabla se especifican las coordenadas de inicio y fin del tramo y se presenta una ilustración demostrativa.

**Tabla 6. Coordenadas de la vía de estudio**

|        | Norte          | Este        |
|--------|----------------|-------------|
| Inicio | 9°617,446.4624 | 617,563.582 |
| Fin    | 9°619,369.806  | 620,049.500 |

Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 3. Tramo de estudio (vía Al Quemado)**



Fuente: Elaboración propia.

## 1.5 Justificación

En los últimos años, Ecuador ha experimentado importantes avances en el sector vial, con la mejora y construcción de nuevas carreteras. Estos proyectos han impulsado el desarrollo de pequeñas comunidades, favoreciendo el aumento de la producción agrícola y optimizando la capacidad de transporte de sus productos hacia diferentes mercados. La inversión en infraestructura vial desempeña un papel crucial en el desarrollo de sectores específicos y de la economía en general, ya que facilita la conexión entre personas y mejora el acceso a servicios públicos y mercados, como los de bienes, servicios y empleo. Los proyectos de construcción de carreteras estén diseñados para beneficiar a una localidad específica, pero su impacto puede trascender y extenderse significativamente,

mejorando tanto la accesibilidad absoluta como relativa de la región, lo que podría promover el desarrollo económico.

El sistema vial del cantón Santa Rosa está estratégicamente integrado tanto a nivel provincial como nacional, aprovechando su ubicación geográfica e infraestructura para consolidarse como un punto clave de conectividad. Este cantón funciona como un nodo fundamental que facilita la articulación dentro de la provincia y la conexión con diversos puertos del país. No obstante, el diseño de las vías presenta deficiencias que generan inquietud respecto a la seguridad vial y sus repercusiones en la situación socioeconómica de la región. Frente a estos desafíos, implementar un diseño geométrico actualizado y adaptado a las necesidades actuales de movilidad se presenta como una solución viable.

Este proyecto permite consolidar los saberes teóricos y prácticos adquiridos durante la formación académica, desarrollando habilidades en la ejecución de trabajos técnicos y fortaleciendo la experiencia en el ámbito del diseño vial. Su elaboración es parte del proceso para la obtención del título de Ingeniero Civil, integrando consideraciones técnicas en el diseño geométrico y estructural de carreteras. Así mismo, su implementación busca optimizar la funcionalidad de las carreteras analizadas, incrementando su nivel de servicio y garantizando condiciones de seguridad para el flujo vehicular.

## **1.6 Objetivos**

### *1.6.1. Objetivo General*

Diseñar una alternativa de trazado geométrico en vías rurales mediante la realización de estudios técnicos, análisis de laboratorio y el uso de herramientas tecnológicas; que permita el alcance de un servicio vial adecuado para los usuarios del tramo de la vía Al Quemado, desde la abscisa 0+000 hasta la abscisa 3+187, contribuyendo así con el desarrollo socioeconómico de este sitio y por ende de la ciudad de Santa Rosa.

### *1.6.2. Objetivos específicos*

- Examinar las alternativas de diseño en trazado geométrico para vías rurales mediante la revisión de bibliografía pertinente y estudios previos para la determinación de criterios de diseño.

- Evaluar el tramo de la vía rural Al Quemado mediante estudios técnicos para la determinación de su capacidad de soporte y las problemáticas existentes en cuanto a su funcionalidad y durabilidad.
- Proponer un diseño de vía rural en el tramo 0+000 a 3+187 de la vía Al Quemado a partir de los resultados del análisis técnico y las condiciones del tráfico que garanticen su desempeño adecuado y la seguridad vial de los usuarios.

## 2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes contextuales

#### 2.1.1. *Macro*

A escala global, el trazado geométrico de las vías constituye un elemento clave en la planificación y diseño de infraestructuras viales. Por ejemplo, en la carretera rural NH-23 en India, evaluada por Garnaik et al. (2023), se utilizó un Sistema de Inferencia Difusa (FIS) implementado a partir de datos recolectados en campo y modelos elaborados a base de conocimientos de expertos. Este sistema permitió analizar factores críticos como radios de curva pequeños, ángulos de deflexión pronunciados y visibilidad limitada, identificando patrones de riesgo. Mediante la integración con herramientas como MATLAB, AutoCAD y MX Road, se propusieron intervenciones como ajustes en los radios horizontales y transiciones de superelevación, logrando reducir significativamente los accidentes en la vía. Además, el sistema permitió predecir el impacto de estas intervenciones en el comportamiento de los conductores, facilitando un enfoque preventivo para mejorar la seguridad vial.

De manera complementaria, Lopes et al. (2019) llevaron a cabo un estudio comparativo sobre software para el diseño geométrico de carreteras, evaluando herramientas como TCP-MDT, AutoCAD Civil 3D y TopoGRAPH en el diseño de un tramo en Málaga, España. Los resultados mostraron que TCP-MDT y TopoGRAPH destacaron en el cálculo de superelevaciones y superanchos, alineándose con normativas internacionales como el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras (DNIT, 1999) y las normas AASHTO (2011). TCP-MDT sobresale por su facilidad de uso y precisión en la generación de alineamientos horizontales, mientras que TopoGRAPH permite un análisis detallado de pendientes y transiciones, lo que resulta útil en terrenos irregulares. Por otro lado, AutoCAD Civil 3D se destacó en simulaciones de volúmenes de corte y relleno, ofreciendo una visualización dinámica que optimiza el diseño y reduce errores en la planificación del movimiento de tierras. Estos hallazgos resaltan la importancia de seleccionar herramientas tecnológicas adecuadas para mejorar la precisión y eficiencia en proyectos viales.

Por otro lado, Maher & Ebrahimi (2019) estudiaron el comportamiento estructural de pavimentos en configuraciones de una sola capa y de múltiples capas. A través de

experimentos de laboratorio, como ensayos de resistencia a la compresión y capacidad de soporte, y modelos numéricos que simulaban condiciones de carga dinámica, identificaron que las configuraciones multicapa ofrecían mayor resistencia y flexibilidad. Estas pruebas permitieron analizar el comportamiento estructural de las capas en diferentes escenarios de carga y humedad, lo que fundamentó la recomendación del uso de aditivos como cal o cemento para estabilizar suelos en proyectos exigentes. Adicionalmente, el estudio identificó cómo la interacción entre las capas contribuye a mejorar la distribución de cargas, prolongando la vida útil del pavimento.

Así mismo, Caro & Caicedo (2017) analizaron tecnologías sostenibles para vías terciarias, destacando la importancia de adaptar soluciones a las condiciones locales. Este estudio resalta el empleo de materiales no convencionales y la participación comunitaria como pilares para mejorar la conectividad rural. Entre los criterios evaluados se incluyeron aspectos ambientales como la reducción del impacto ecológico, económicos como la optimización de recursos locales y sociales como la integración de las comunidades en el mantenimiento de las vías.

Finalmente, Virsis et al. (2020) abordaron el diseño vial en suelos de baja capacidad portante, como turba y terrenos orgánicos, proponiendo técnicas innovadoras como columnas combinadas de concreto y grava. Estos métodos demostraron ser eficaces para estabilizar tramos críticos, asegurando la funcionalidad y prolongando la vida útil de las carreteras. La investigación incluyó simulaciones de deformación bajo diferentes condiciones de carga, lo que permitió optimizar las técnicas empleadas según las particularidades del terreno.

#### *2.1.2. Meso*

En el ámbito regional, la evaluación de velocidades de operación es fundamental para garantizar la seguridad vial y optimizar el diseño geométrico. En Ecuador, García-Ramírez et al. (2017) analizaron cómo las velocidades varían según el día y la hora en tramos rectos de carreteras rurales en el cantón Loja, proporcionando información clave para determinar las condiciones críticas de operación en tramos rectos. Complementariamente, García-Ramírez & Alverca (2019) desarrollaron ecuaciones de predicción para curvas horizontales y entre-tangencias en carreteras montañosas, considerando variables como el radio de las curvas y las pendientes longitudinales.

Ambos estudios emplearon herramientas avanzadas como MetroCount y Video VBOX Lite, las cuales permitieron obtener datos precisos sobre velocidades de operación en tiempo real y bajo diferentes condiciones de tráfico. Estas herramientas no solo garantizaron una recolección confiable de datos, sino que también facilitaron la calibración de modelos representativos del contexto rural ecuatoriano, reflejando patrones de tráfico específicos y comportamientos de los conductores locales.

Además, Zhangallimbay & Ordoñez (2022) evaluaron el impacto de la infraestructura vial en la productividad agrícola en provincias como El Oro y Manabí. Su modelo de diferencias en diferencias demostró que las mejoras viales incrementaron significativamente la productividad y ventas de cultivos permanentes, destacando la importancia de invertir en conectividad rural para potenciar la economía local. Este enfoque resalta cómo las inversiones en infraestructura no solo mejoran la movilidad, sino que también tienen un impacto directo en el desarrollo económico y social de las comunidades.

### *2.1.3. Micro*

A nivel provincial, se han llevado a cabo esfuerzos significativos para fortalecer la infraestructura vial, buscando mejorar la conectividad y el impacto positivo en la comunidad. Galarza et al. (2024) y Reyes et al. (2022) analizaron el diseño geométrico de carreteras identificando deficiencias en radios de curva, peraltes y anchos de carril, los cuales incrementan el riesgo de accidentes. El estudio utilizó aforos vehiculares y levantamientos topográficos con drones RTK para obtener datos precisos sobre velocidad de operación, pendientes y dimensiones de las curvas. A partir de estos datos, emplearon AutoCAD Civil 3D para modelar alternativas de diseño que mejoraran la seguridad y cumplieran con normativas nacionales. Los resultados mostraron que las propuestas lograron aumentar los radios de curva, ajustar los peraltes y ampliar los anchos de carril, lo que permitió una reducción significativa en los riesgos de accidentes y una mejora notable en la comodidad y seguridad de los usuarios.

Además, el estudio de Vásquez et al. (2023) abordó la optimización de espesores de pavimento en la vía rural Chilla - Quera mediante técnicas de estabilización con cemento hidráulico, destacando soluciones prácticas que incrementaron la durabilidad y resistencia estructural de las vías rurales. La metodología incluyó un análisis detallado de las

propiedades del suelo y su interacción con las cargas vehiculares previstas, permitiendo determinar configuraciones óptimas para las capas de base y sub-base. Los resultados evidenciaron que estas soluciones no solo mejoraron la funcionalidad de la vía, sino que también redujeron significativamente los costos de mantenimiento a mediano y largo plazo.

Estos estudios subrayan la importancia de integrar tecnologías modernas, metodologías adaptadas al contexto local y un enfoque holístico para garantizar que las infraestructuras viales cumplan con las necesidades actuales y futuras de la población.

## **2.2 Antecedentes conceptuales**

La infraestructura vial constituye un pilar esencial para el desarrollo regional, pues fomenta la conectividad entre comunidades, impulsa el intercambio económico y mejora la calidad de vida de la población. Como señalan Muhammed et al. (2023), los ejes viales, definidos como las carreteras que estructuran la red vial de un territorio, desempeñan un papel crucial al conectar zonas urbanas, periurbanas y rurales.

La infraestructura vial constituye el conjunto de elementos físicos que permiten la circulación segura y eficiente de vehículos y peatones. Comprende tanto las vías como sus componentes estructurales (pavimento, subrasante, base, subbase), geométricos (alineamientos, secciones, pendientes) y funcionales (señalización, drenaje, control de tránsito). En el ámbito rural, la infraestructura vial cumple un rol fundamental al conectar zonas agrícolas y productivas con centros poblados, favoreciendo el desarrollo económico y social de las comunidades. Muhammed et al. (2023)

Además, la conectividad vial, entendida como la capacidad de una red de carreteras para enlazar diferentes puntos de un territorio, es un indicador clave del desarrollo regional. Una red vial eficiente no solo mejora la accesibilidad, sino que también impulsa la inclusión social al facilitar el acceso a servicios esenciales como la educación y la salud.

En este contexto, las vías rurales adquieren una función particular. De acuerdo con Narvaez (2017), estas carreteras, a diferencia de las urbanas o de alta capacidad, son esenciales para integrar comunidades aisladas con centros de producción y comercio. Sin embargo, su diseño y mantenimiento presentan desafíos únicos, como la adaptación a terrenos topográficamente complejos, el uso de materiales locales y la gestión de

presupuestos restringidos. En las regiones agrícolas, estas vías son especialmente importantes, ya que facilitan el transporte de productos hacia mercados más amplios, promoviendo así la economía local.

Para garantizar la funcionalidad y durabilidad de la infraestructura vial, es fundamental realizar una evaluación integral de las carreteras. Según Surichaqui et al. (2023), este análisis incluye aspectos esenciales como la resistencia estructural, el tráfico vehicular y las condiciones de seguridad vial. A través de levantamientos topográficos y estudios de suelo, se identifican áreas críticas que requieren mejoras inmediatas o rediseños significativos.

En particular, los levantamientos topográficos permiten recolectar datos taquimétricos del relieve terrestre mediante el uso de equipos como estaciones totales y GPS, herramientas fundamentales para calcular volúmenes de explanación y elaborar diseños geométricos adaptados al terreno, minimizando los impactos ambientales (Surichaqui et al., 2023).

El tráfico vehicular es otro componente clave en la evaluación y gestión de carreteras. Wang et al. (2013) lo define como la interacción dinámica entre velocidad, densidad, flujo y congestión, factores interrelacionados que determinan la capacidad operativa de la vía. A medida que la densidad aumenta, la velocidad disminuye, afectando directamente el flujo vehicular y la funcionalidad de la carretera. Este comportamiento se analiza mediante aforos vehiculares, que consisten en el conteo de vehículos que transitan por un punto específico durante un periodo determinado.

Los aforos permiten calcular indicadores clave como el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), fundamental para clasificar las vías y definir los requisitos de diseño (Rodriguez et al., 2023). Además, el TPDA se complementa con el análisis de los ejes equivalentes (ESALS), que mide el impacto acumulativo de las cargas pesadas sobre la estructura del pavimento, proporcionando información crucial para garantizar niveles de servicio adecuados.

En cuanto a la clasificación de las carreteras, Montaña De León et al. (2015) destacan tres enfoques principales: transitabilidad, administrativa y técnica oficial. La transitabilidad evalúa el estado constructivo de las vías, clasificándolas como pavimentadas, revestidas

o de terracería. La clasificación administrativa organiza las vías según la entidad gubernamental responsable de su construcción y mantenimiento, ya sea federal o estatal.

La clasificación técnica oficial, utilizada principalmente en el diseño geométrico de autopistas, categoriza las vías según el TPDA, estableciendo su jerarquía y características específicas. Esta clasificación permite ajustar el diseño de las carreteras a las demandas reales de tráfico, asegurando su funcionalidad. De manera general, se definen seis tipos de vías (A4, A2, B, C, D, y E) las cuales, según el rango de TPDA que soportan, se clasifican en vías de alta capacidad (TPDA de 5,000 a 20,000 vehículos) y vías de baja capacidad (TPDA de hasta 100 vehículos). (Montaño De León et al., 2015)

La consistencia de la vía es un concepto central en el diseño geométrico de carreteras, ya que garantiza que el trazado de la infraestructura vial responda de manera predecible y natural a las expectativas de los conductores. Según Cantisani & Del Serrone (2020), esta característica asegura que los elementos geométricos consecutivos estén coordinados para promover un comportamiento de conducción uniforme y armonioso, minimizando el riesgo de maniobras inseguras. De manera complementaria, Oñate-Bastidas & Calero-Valenzuela (2023) destacan que una vía consistente permite a los conductores transitar a una velocidad cómoda y constante, reforzando tanto la seguridad como la comodidad del viaje.

Desde esta perspectiva, el diseño geométrico integra múltiples elementos que aseguran la funcionalidad y sostenibilidad de las carreteras. Según Vivek Gajanan Sukalkar et al. (2022), estos elementos incluyen alineaciones horizontales y verticales, distancias de visibilidad, elementos transversales y características de intersecciones. Además, consideran factores de mayor escala como la velocidad de diseño, las condiciones topográficas, el tráfico proyectado y los impactos ambientales.

Paikun et al. (2021) dividen las alineaciones verticales en tramos rectos y curvos, diseñados utilizando curvas circulares completas, curvas de transición espiral-circular y curvas espirales modificadas, que optimizan la seguridad y funcionalidad del trazado. Por otro lado, la alineación vertical, también analizada por Paikun et al. (2021), se enfoca en el diseño del perfil longitudinal de la carretera, considerando pendientes positivas (ascensos) y negativas (descensos), que se combinan para formar curvas convexas y cóncavas.

Elementos como los peraltes o superelevaciones son fundamentales para garantizar la seguridad en las curvas. Gil-Mora & Sosa-Aguirre (2021) sostiene que estas inclinaciones transversales contrarrestan las fuerzas centrífugas, proporcionando estabilidad vehicular y reduciendo el riesgo de derrape o vuelco. Otros aspectos críticos son las pendientes, que deben mantenerse dentro de límites razonables para evitar problemas de visibilidad y desgaste excesivo de los sistemas de frenado. Finalmente, el ancho de carril y los sobreanchos en curvas contribuyen a la maniobrabilidad de los vehículos, mejorando la seguridad y fluidez del tránsito.

La seguridad y operación vial también son prioritarias en el diseño y gestión de carreteras. González et al. (2023) destaca las zonas laterales a las vías como un elemento clave y menciona que estas deben estar libres de obstáculos peligrosos y contar con barreras de contención para minimizar riesgos.

Así mismo, la variabilidad en las velocidades vehiculares influye significativamente en la operación vial. Maghrour Zefreh & Török (2020) menciona que esta distribución está determinada por factores como la densidad vehicular y las condiciones de la vía Galarza et al. (2024) añaden que la velocidad de diseño y la velocidad de operación son determinantes para la seguridad vial; mientras la primera establece un límite seguro, la segunda refleja las condiciones reales de tránsito. Una discrepancia significativa entre ambas puede aumentar el riesgo de accidentes.

La densidad vehicular es otro factor relevante, ya que mide la cantidad de vehículos presentes en una sección de la vía y es clave para determinar el nivel de servicio, según los rangos definidos en el manual HCM 2010. Peñafiel et al. (2022) explican que este nivel clasifica la calidad del flujo vehicular desde "A" (flujo libre) hasta "F" (congestión severa). Cuando una vía alcanza su capacidad máxima o el límite de su nivel de servicio, Paladines et al. (2022) destacan la necesidad de ajustar sus especificaciones técnicas para satisfacer las nuevas demandas de tráfico, garantizando tanto la movilidad como el desarrollo urbano y económico.

Finalmente, el diseño de pavimentos complementa esta evaluación integral de las carreteras. Según Rogel et al. (2023), este proceso busca establecer las características estructurales y funcionales del pavimento para responder a las demandas del tráfico y las condiciones del terreno. Yu et al. (2020) explican que la estructura del pavimento está

compuesta por varias capas: subrasante, subbase, base y capa de rodadura. Cada una de estas capas desempeña un papel específico para soportar las cargas vehiculares y prevenir deformaciones.

Dentro de la infraestructura vial, el pavimento es el componente estructural encargado de soportar las cargas de tránsito y transmitir las progresivamente hacia el terreno natural. Su diseño depende de múltiples factores como la resistencia del suelo, el volumen y tipo de tráfico, las condiciones climáticas y los recursos económicos disponibles. Según su comportamiento estructural y materialidad, los pavimentos pueden clasificarse en: flexibles, rígidos y semirrígidos. La elección de cada uno depende de factores como el tipo de suelo, volumen de tránsito, disponibilidad de materiales, costos y facilidad de mantenimiento. (Castro & Castro, 2020)

El pavimento flexible, también denominado pavimento asfáltico, se caracteriza por estar conformado por una capa de rodadura asfáltica, una base granular y una subbase. Este tipo de estructura permite deformaciones controladas en las capas inferiores sin comprometer la integridad del pavimento. Su diseño está enfocado en distribuir las cargas vehiculares hacia la subrasante mediante un sistema de capas sucesivas. De acuerdo con Barreto et al. (2018) “está conformado por capa asfáltica en la superficie de rodadura, la cual permite pequeñas deformaciones en capas inferiores sin que la estructura falle. Debajo de esta capa, se encuentra base granular y capa de sub-base, destinadas a distribuir y transmitir cargas originadas por el tránsito”

La capa de rodadura, ubicada en la parte superior, está compuesta por mezclas asfálticas, como asfalto en caliente (HMA) o mezclas modificadas con polímeros. Esta capa debe resistir el desgaste, impermeabilizar la superficie y proporcionar suficiente fricción para garantizar la seguridad y comodidad del conductor.

Inmediatamente debajo se encuentra la base, una capa elaborada con materiales granulares procesados o estabilizados, como grava triturada o mezclas tratadas con agentes hidráulicos, cuya función es distribuir las cargas hacia las capas inferiores y ofrecer una alta resistencia al corte.

La subbase, que actúa como una capa intermedia de soporte, está formada por materiales granulares no tratados o estabilizados con cemento, cal u otros aditivos químicos. Estos

materiales, como gravas naturales o trituradas, deben cumplir con límites granulométricos específicos, proporcionando resistencia a las deformaciones y facilitando el drenaje del pavimento.

Por último, la subrasante, que puede consistir en suelo natural o mejorado, debe garantizar una adecuada capacidad de soporte con un CBR mínimo especificado, además de mantener una densidad suficiente para evitar asentamientos y fallas estructurales. La correcta selección y preparación de los materiales, como establece el NEVI-2012, asegura la funcionalidad y durabilidad del pavimento, garantizando una infraestructura vial segura y sostenible bajo diversas condiciones climáticas y de tráfico.

El pavimento rígido está constituido principalmente por losas de concreto hidráulico, las cuales poseen alta rigidez estructural. Este tipo de pavimento transmite las cargas hacia el terreno mediante el efecto de losas apoyadas sobre una base, y su capacidad de carga depende en gran medida de la resistencia del concreto. Rogel et al. (2023) menciona que está formado hidráulicamente por losas de hormigón, en ocasiones reforzado con acero. Esta losa va sobre un pedestal. Aunque su costo inicial es más elevado que el flexible, ofrece una vida útil mayor y menor frecuencia de mantenimiento.

El pavimento semirrígido, también conocido como mixto, representa una solución intermedia entre los dos anteriores. Combina una capa bituminosa sobre capas tratadas con conglomerantes hidráulicos, proporcionando mayor capacidad estructural que un pavimento flexible, pero con menor rigidez que uno rígido. De acuerdo con el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (2013) en la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12 Vol. 2B, “el pavimento semirrígido es un firme constituido por un pavimento bituminoso de cualquier espesor sobre una o más capas tratadas con conglomerantes hidráulicos, con espesor conjunto igual o superior a 20 cm

### **2.3 Antecedentes referenciales**

En su investigación, González et al. (2023) describe una metodología de 3 pasos para el diseño sostenible de ejes viales, en la primera fase categoriza las zonas de influencia directa del eje vial para su posterior análisis de impacto. La segunda fase consistió en la realización de aforos vehiculares con el fin de obtener el TPDA, realizar una proyección del tráfico sobre el eje y clasificar la vía según los estándares del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOB).

Finalmente, realizó la evaluación de los parámetros geométricos clave como los radios de curva, las distancias de visibilidad, los peraltes y el ancho de carril, siguiendo las Normas Ecuatorianas Viales (NEVI-12). Los resultados finales indicaron el nivel de servicio de la vía y además le permitieron identificar deficiencias en aspectos como conectividad vial, seguridad en las zonas laterales y elementos geométricos, incluyendo señalización y barreras de protección.

Rogel et al. (2023) analizaron la problemática de una vía alterna en condiciones deficientes, proponiendo un diseño geométrico optimizado para mejorar su funcionalidad. La metodología empleada incluyó levantamientos topográficos utilizando una estación total SOKKIA CX-105 y RTK, los datos fueron procesados en el software Civil 3D para generar modelos digitales del terreno. Además, se realizaron ensayos de laboratorio en seis calicatas extraídas del lugar de estudio, aplicando las normativas AASHTO y ASTM, evaluando parámetros como el índice CBR para clasificar la calidad de la subrasante.

En cuanto al análisis del tráfico, se efectuaron aforos vehiculares que determinaron un Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), a partir de este dato se clasificó la vía como de cuarto orden según los estándares del MTOP. Con base en estos estudios, se diseñó un paquete estructural de pavimento flexible compuesto por capas de rodadura, base, subbase y mejoramiento, ajustando sus espesores a las condiciones del tráfico proyectado.

Navarro (2023) abordó el diseño geométrico de la carretera Arenillas - Intersección La Cuca, con el objetivo de mejorar la conectividad y funcionalidad de una vía de importancia agrícola. La metodología incluyó levantamientos topográficos para la generación de una malla de puntos y modelar el terreno en Civil 3D. Se realizaron ensayos de laboratorio en tres calicatas, con pruebas de granulometría, límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR, logrando con esto la clasificación del tipo de suelo existente. El estudio de tráfico empleó conteos manuales para la determinación del TPDA, clasificando la vía como de mediana capacidad según el MTOP.

Para el diseño geométrico, se evaluaron parámetros como radios mínimos de curva y pendientes longitudinales, adoptando una velocidad de diseño de 60 km/h en la zona rural y 50 km/h en la zona urbana. En el diseño estructural del pavimento flexible, se utilizó el método AASHTO 93, calculando espesores de 3 pulgadas para la capa de rodadura, 7 pulgadas para la base granular y 6 pulgadas para la subbase. Los resultados mostraron

que las propuestas realizadas mejoraron significativamente la seguridad y movilidad en la vía, reduciendo costos de transporte y mejorando la calidad de vida de los usuarios al facilitar el acceso a mercados y servicios.

### 3. CAPITULO III: METODOLOGÍA

#### 3.1 Modalidad de la investigación

##### 3.1.1. Tipo de investigación

Según Arias (2012), los tipos de investigación pueden clasificarse en documental, de campo y experimental, dependiendo de la naturaleza de los datos y el procedimiento metodológico empleado. En el presente trabajo se integran estos tres enfoques, debido a las características del objeto de estudio y la necesidad de abordarlo desde una perspectiva integral.

- **Investigación documental:** Permitió sustentar teórica y técnicamente el proyecto, mediante la revisión de normativas, libros y artículos científicos relacionados con el diseño geométrico de vías rurales.
- **Investigación de campo:** Se aplicó mediante el levantamiento de información directa en el sitio de estudio, como el aforo vehicular, el levantamiento topográfico y la toma de muestras de suelo.
- **Investigación experimental:** Se desarrolló a través de ensayos de laboratorio aplicados a las muestras obtenidas en campo, con el fin de determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo para el diseño estructural.

La combinación de estos tres tipos de investigación permitirá desarrollar un análisis integral del tramo vial, desde sus condiciones reales hasta la formulación de una propuesta técnica fundamentada.

#### 3.2 Descripción de la población

La población de esta investigación estará conformada por los vehículos que transitan a diario por el tramo de la vía rural Al Quemado, ubicada en el cantón Santa Rosa. Dado que se trata de una carretera colectora de tercer orden, con características no pavimentadas y localizada en una zona predominantemente agrícola y ganadera, el flujo vehicular es moderado pero constante; compuesto principalmente por automóviles livianos y camiones tanto livianos como pesados.

Como parte de la recolección de datos, se realizará un aforo vehicular manual durante 7 días consecutivos durante las horas pico, donde se registrará el tipo y frecuencia de paso de vehículos. El TPDS obtenido será la población de este trabajo de titulación.

### 3.3 Método teórico

#### 3.3.1. Revisión bibliográfica

La investigación iniciará con una revisión bibliográfica que permitirá establecer el marco conceptual y técnico del proyecto. Se recopilará y analizará información proveniente de fuentes normativas, libros especializados, artículos científicos y documentos institucionales relacionados con el diseño geométrico de vías rurales.

Entre los principales documentos que se estudiarán se encuentran las Normas Ecuatorianas de Vialidad NEVI-12 y el Manual AASHTO, los cuales orientarán los criterios técnicos del análisis, la caracterización del suelo y el diseño estructural de pavimentos. Esta fase teórica proporcionará las bases metodológicas necesarias para la ejecución de las actividades prácticas del estudio.

**Tabla 7. Normas técnicas especializadas de la AASHTO**

| Organización | Norma técnica especializada | Ensayo                                             | Descripción                                                                                                               |
|--------------|-----------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AASHTO       | T 27                        | Análisis de agregados finos y gruesos por tamizado | Este método cubre la determinación de la distribución del tamaño de partículas de agregados finos y gruesos por tamizado. |
| AASHTO       | T 89                        | Determinación del límite líquido del suelo         | Mide el contenido de humedad a partir del cual el suelo cambia de estado plástico a estado líquido.                       |
| AASHTO       | T 90                        | Determinación del límite plástico del suelo        | Mide el contenido de humedad en el cual el suelo pasa de un estado semisólido a un estado plástico.                       |

|        |         |                                                                 |                                                                                                                                                               |
|--------|---------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AASHTO | T 96    | Ensayo de abrasión de Los Ángeles                               | Mide la resistencia al desgaste de los agregados gruesos (grava) por fricción y choque.                                                                       |
| AASHTO | T 180 D | Ensayo Proctor modificado                                       | Determina la relación entre el contenido de humedad y la densidad máxima seca que puede alcanzar un suelo cuando se compacta con un esfuerzo estándar elevado |
| AASHTO | T 193   | California Bearing Ratio (CBR)                                  | Determina la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas.                                                             |
| AASHTO | T 265   | Determinación del contenido de humedad de suelos en laboratorio | Este método se usa para determinar el total contenido de humedad de un suelo.                                                                                 |

---

Fuente: Elaboración propia

---

### 3.4 Método empírico

Los métodos empíricos involucran la observación directa y la obtención de datos reales mediante trabajo de campo y ensayos de laboratorio. (Hernández-Rodríguez et al., 2021). Partiendo de esta premisa, en el presente trabajo de titulación se llevarán a cabo distintas etapas que abarcarán el reconocimiento del área de estudio, la recolección de datos en campo, el análisis de la situación actual, la propuesta de rediseño geométrico, la modelación digital del proyecto y el análisis comparativo de los resultados.

#### *3.4.1. Reconocimiento del área de estudio*

Se procederá con la identificación del tramo objeto de estudio, correspondiente a la vía rural Al Quemado, ubicada en el cantón Santa Rosa. Se realizará una inspección visual preliminar para observar el estado funcional de la vía, su geometría general y su entorno físico. Esta etapa permitirá planificar adecuadamente la ejecución de las actividades de campo y seleccionar los puntos clave para la toma de datos.

#### *3.4.2. Levantamiento topográfico*

Para el levantamiento topográfico del tramo vial en estudio se empleará una estación total marca Sokkia modelo CX-105, complementada con un GPS. El objetivo será registrar con precisión las coordenadas, cotas, radios de curvatura, pendientes longitudinales y transversales, así como los anchos de calzada a lo largo del eje vial y sus márgenes. Los datos registrados se anotarán en una ficha técnica (Anexo 1)

#### *3.4.3. Estudio del tránsito vehicular*

Se llevará a cabo un aforo vehicular manual durante siete días consecutivos, en tres rangos horarios considerados como horas pico: de 06:00 a 09:00, de 11:00 a 14:00 y de 15:00 a 18:00. Se registrará el tipo y la cantidad de vehículos que circulan por el tramo, lo que permitirá calcular el Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS), proyectar el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) y estimar los Ejes Equivalentes (ESALS), necesarios para el diseño estructural del pavimento. Los datos registrados se anotarán en una ficha técnica. (Anexo 2)

#### *3.4.4. Estudio de suelos*

Se ejecutarán cuatro calicatas distribuidas estratégicamente a lo largo del tramo vial, priorizando los sectores donde se evidencien cambios significativos en la estratigrafía del suelo. En cada calicata se extraerán muestras a profundidades de 0.00 m, 0.50 m, 1.00 m y 1.50 m. Las muestras serán analizadas en laboratorio mediante ensayos estandarizados conforme a las normas AASHTO. entre ellos: contenido de humedad, análisis granulométrico, límites de Atterberg, ensayo Proctor modificado y CBR. Con estos resultados se clasificará el suelo bajo los sistemas SUCS y AASHTO y se determinará su capacidad de soporte. El registro de los datos de los ensayos se llevará a cabo en las distintas fichas presentadas en el Anexo 3.

#### *3.4.5. Análisis de la situación actual*

Con la información recolectada se procederá a evaluar las condiciones geométricas y estructurales existentes del tramo vial. Se identificarán deficiencias en alineaciones, pendientes, radios de curva y anchos de vía, comparándolos con los parámetros establecidos por la normativa NEVI-12. Así mismo, se interpretarán los resultados de los ensayos de laboratorio para detectar debilidades del suelo que puedan comprometer la durabilidad de la vía.

#### *3.4.6. Propuesta de trazado geométrico*

Sobre la base del análisis anterior, se elaborará una propuesta técnica que ajuste los elementos geométricos a los lineamientos establecidos por la normativa vigente. Se planteará el rediseño de curvas horizontales y verticales, se optimizarán pendientes y se redefinirán los anchos de calzada. Además, en función de los resultados del TPDA, CBR y ESALS, se calcularán los espesores necesarios para la capa de rodadura, la base y la subbase, seleccionando los materiales adecuados para cada caso.

#### *3.4.7. Modelación y diseño digital*

La propuesta será modelada mediante el software Autodesk Civil 3D. Se generarán perfiles longitudinales, secciones transversales, y se representarán las curvas horizontales y verticales del trazado proyectado. Este modelo servirá para validar geométricamente el diseño propuesto comparándolo con normativas vigentes y visualizar su comportamiento técnico ante las condiciones de tráfico y terreno.

#### *3.4.8. Análisis de resultados y conclusiones*

Finalmente, se realizará una comparación entre el estado actual de la vía y la propuesta de rediseño. Se evaluarán las mejoras logradas en términos de funcionalidad, seguridad, durabilidad y cumplimiento normativo. Este análisis permitirá fundamentar las conclusiones del estudio y formular recomendaciones.

## 4. CAPITULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1 Clasificación preliminar de la vía

A partir del reconocimiento en campo realizado y del análisis de las condiciones actuales de la vía, se establece preliminarmente que el tramo objeto de estudio corresponde a un *camino vecinal*, según lo definido en la Norma Ecuatoriana Vial (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013) Esta clasificación se fundamenta en que la vía conecta zonas de producción agrícola con la cabecera cantonal, presenta una superficie no pavimentada (lastre o afirmado), y carece de diseño geométrico formal. Además, su trazo actual fue abierto por los propios moradores de la comunidad para atender necesidades locales de movilidad. La NEVI-12 describe a los caminos vecinales como “carreteras convencionales básicas que incluyen a todos los caminos rurales no incluidos en las denominaciones anteriores, destinados a recibir el tráfico doméstico de poblaciones rurales, zonas de producción agrícola, accesos a sitios turísticos” (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013). Esta categorización permitirá orientar el diseño geométrico y estructural de manera coherente con su jerarquía funcional y contexto rural.

Ilustración 4. Estado actual de la vía en el tramo evaluado



Fuente: Elaboración propia.

### 4.2 Levantamiento topográfico y análisis preliminar del trazado

Se ejecutó el levantamiento topográfico del tramo en estudio, utilizando coordenadas georreferenciadas (Norte, Este y elevación) siguiendo con el alineamiento tomando puntos cada 20m longitudinalmente y tomando puntos transversales en cada uno de estos con el fin de obtener una faja topográfica. El tramo evaluado corresponde a una vía de

topografía predominantemente llana, con mínimas variaciones altimétricas. Se identificó un alineamiento mayoritariamente recto, interrumpido por cinco curvas distribuidas a lo largo del trayecto. Debido a que la vía fue abierta de manera empírica por los habitantes de la zona, se observa que dichas curvas no fueron diseñadas con base en criterios técnicos, por lo que preliminarmente se presume que los radios de curvatura no cumplen con los valores mínimos exigidos por la NEVI-12 para caminos vecinales. El registro completo de los datos se evidencia en el antes mencionado anexo 1.

#### **4.3 Aforo vehicular**

Con el objetivo de caracterizar el flujo vehicular en el tramo rural de la vía Al Quemado, se realizó un aforo manual durante siete días consecutivos, del 31 de marzo al 6 de abril del 2025. El conteo se efectuó en intervalos horarios de 60 minutos, entre las 06:00 y las 18:00, abarcando las horas con mayor actividad vehicular, según observaciones preliminares. Los datos tomados en campo fueron registrados en fichas técnicas, estas se encuentran en el anexo 2.

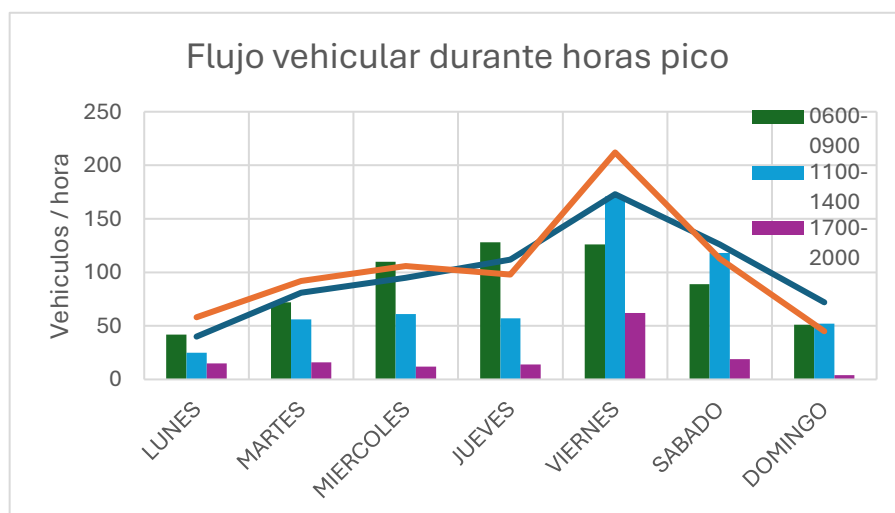
Durante la jornada de aforo, se contabilizó un total de 1.739 vehículos, lo que representa un Tránsito Promedio Diario (TPD) de aproximadamente 249 vehículos/día. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos del conteo vehicular realizado en la vía de estudio.

**Tabla 8. Registro del conteo semanal**

| CONTEO SEMANAL               |            |            |            |            |            |            |             |
|------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| Tiempo                       | LUNES      | MARTES     | MIERCOLES  | JUEVES     | VIERNES    | SABADO     | DOMINGO     |
| Hora                         | 31/03/2025 | 01/04/2025 | 02/04/2025 | 03/04/2025 | 04/04/2025 | 05/04/2025 | 06/04/2025  |
| 00 - 01                      | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           |
| 01 - 02                      | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           |
| 02 - 03                      | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           |
| 03 - 04                      | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           |
| 04 - 05                      | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           |
| 05 - 06                      | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           |
| 06 - 07                      | 26         | 29         | 59         | 51         | 74         | 59         | 18          |
| 07 - 08                      | 8          | 31         | 37         | 46         | 26         | 17         | 18          |
| 08 - 09                      | 8          | 12         | 14         | 31         | 26         | 13         | 15          |
| 09 - 10                      | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           |
| 10 - 11                      | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           |
| 11 - 12                      | 10         | 22         | 22         | 19         | 64         | 77         | 26          |
| 12 - 13                      | 14         | 16         | 22         | 16         | 57         | 19         | 13          |
| 13 - 14                      | 1          | 18         | 17         | 22         | 50         | 22         | 13          |
| 14 - 15                      | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           |
| 15 - 16                      | 16         | 25         | 21         | 36         | 42         | 42         | 13          |
| 16 - 17                      | 26         | 33         | 56         | 26         | 58         | 30         | 15          |
| 17 - 18                      | 15         | 16         | 12         | 14         | 62         | 19         | 4           |
| 18 - 19                      | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           |
| 19 - 20                      | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           |
| 20 - 21                      | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           |
| 21 - 22                      | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           |
| 22 - 23                      | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           |
| 23 - 24                      | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           |
| <b>TOTALES</b>               | 124        | 202        | 260        | 261        | 459        | 298        | 135         |
| <b>TOTAL DE 7 DIAS AFORO</b> |            |            |            |            |            |            | <b>1739</b> |

Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 5. Flujo vehicular diario por intervalos de tiempo.**



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.1. Clasificación vehicular

Para el análisis del tipo de tránsito que circula por la vía de estudio, se realizó una clasificación vehicular conforme a lo establecido por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (2013) (Anexo 4). Esta clasificación permitió agrupar los vehículos registrados durante el aforo semanal según sus características físicas y su impacto estructural sobre la vía.

En la tabla se muestra la distribución diaria del total de vehículos registrados, organizados por clases vehiculares, desde motocicletas y automóviles hasta camiones livianos y pesados con distintas configuraciones de ejes.

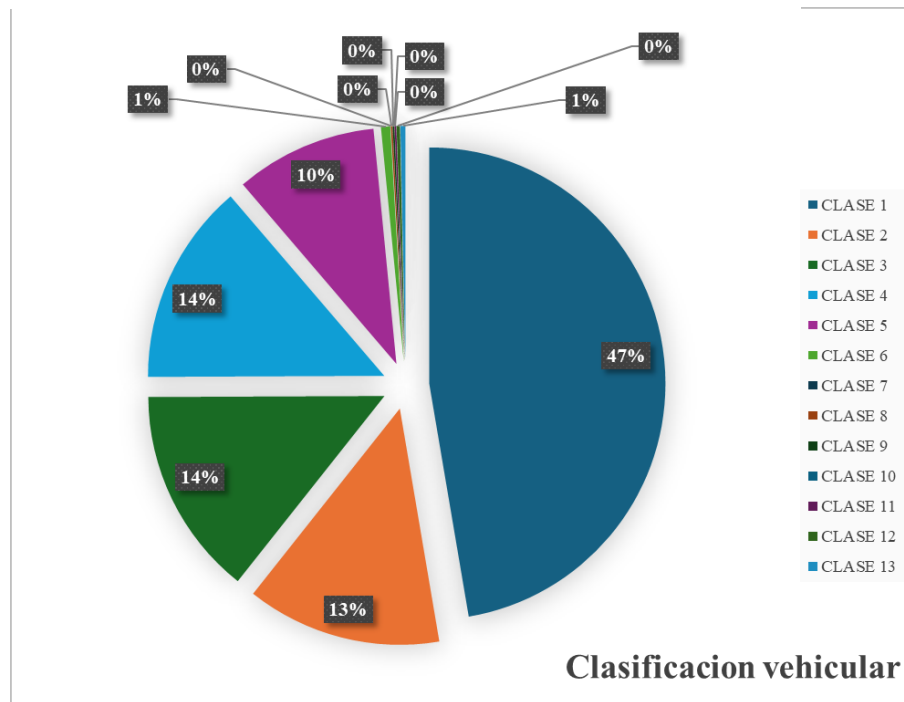
**Tabla 9. Clasificación diaria vehicular**

| CLASIFICACION DIARIA VEHICULAR |          |         |                   |         |                  |         |         |         |         |          |          |          |          |             |
|--------------------------------|----------|---------|-------------------|---------|------------------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|-------------|
| DIA DE LA SEMANA               | LIVIANOS |         | CAMIONES LIVIANOS |         | CAMIONES PESADOS |         |         |         |         |          |          |          |          | TOTAL       |
|                                | CLASE 1  | CLASE 2 | CLASE 3           | CLASE 4 | CLASE 5          | CLASE 6 | CLASE 7 | CLASE 8 | CLASE 9 | CLASE 10 | CLASE 11 | CLASE 12 | CLASE 13 |             |
|                                | MOTO     | AUTO    | 2DA               | 2DB     | 3-A              | 4-C     | 4_0     | 2S1     | 2S2     | 2S3      | 3S1      | 3S2      | 3S3      |             |
| Lunes                          | 70       | 12      | 17                | 9       | 8                | 4       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0        | 4        | 0        | 124         |
| Martes                         | 100      | 33      | 31                | 30      | 1                | 1       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0        | 0        | 6        | 202         |
| Miércoles                      | 134      | 44      | 34                | 36      | 2                | 6       | 0       | 0       | 2       | 0        | 2        | 0        | 0        | 260         |
| Jueves                         | 149      | 32      | 38                | 12      | 28               | 0       | 0       | 2       | 0       | 0        | 0        | 0        | 0        | 261         |
| Viernes                        | 185      | 63      | 64                | 68      | 79               | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0        | 0        | 0        | 459         |
| Sábado                         | 152      | 26      | 37                | 53      | 30               | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0        | 0        | 0        | 298         |
| Domingo                        | 33       | 22      | 27                | 32      | 21               | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0        | 0        | 0        | 135         |
| <b>TOTAL</b>                   | 823      | 232     | 248               | 240     | 169              | 11      | 0       | 2       | 2       | 0        | 2        | 4        | 6        | <b>1739</b> |

Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente gráfico ilustrativo se puede apreciar de mejor manera las proporciones de la composición del tráfico según la clasificación del tipo de vehículo:

Ilustración 6. Clasificación vehicular



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4 Tráfico Promedio Diario Anual

El Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) es un indicador fundamental en el análisis vial, ya que representa el volumen promedio de vehículos que circulan diariamente por una carretera a lo largo de un año. Se obtiene dividiendo el tránsito total registrado en un año entre 365 días, permitiendo así estimar de forma estandarizada el uso continuo de una vía. Este valor es fundamental para el diseño estructural y funcional de la carretera. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013)

##### 4.4.1. Tráfico promedio diario semanal

El TPDS es el promedio de vehículos que circulan diariamente por una vía durante una semana de observación, este se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$TPDS = \frac{5}{7} \times \sum \frac{Dn}{m_n} + \frac{2}{7} \times \sum \frac{De}{m_e}$$

Donde:

$Dn$  = Número de vehículos en días normales (lunes a viernes)

$De$  = Número de vehículos en días feriados (sábados y domingos)

$m_n$  = Número de días normales

$m_e$  = Número de días feriado

#### 4.4.2. Tráfico promedio diario anual actual

**El Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)** es una medida del flujo vehicular promedio diario durante todo un año, este se lo calculó empleando la siguiente ecuación:

$$TPDA (actual) = TPDS \times F_m \times F_d$$

Donde:

$F_m$  = Factor mensual

$F_d$  = Factor diario

##### a) Factor mensual

Para determinar el factor mensual se emplea la siguiente tabla elaborada por la MTOP, al haber realizado el aforo vehicular en el mes de abril, el factor mensual es de 1.093.

**Tabla 10. Factores mensuales**

| MES        | FACTOR |
|------------|--------|
| Enero      | 1.07   |
| Febrero    | 1.132  |
| Marzo      | 1.085  |
| Abril      | 1.093  |
| Mayo       | 1.012  |
| Junio      | 1.034  |
| Julio      | 1.982  |
| Agosto     | 0.974  |
| Septiembre | 0.923  |
| Octubre    | 0.931  |
| Noviembre  | 0.953  |
| Diciembre  | 0.878  |

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

##### b) Factor diario

$$F_d = \sum \frac{TPDS}{TD}$$

Donde:

$TD$  = Tránsito diario

El resumen de los resultados se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 11. Factor diario por día**

| FECHA DE CONTEO | DIA DE LA SEMANA | Trafico diario | Trafico promedio diario semanal | Factor estacionalidad mensual | Factor diario |
|-----------------|------------------|----------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------|
|                 |                  | TD (veh/dia)   | TPDS                            | Fm (abril)                    | Fd            |
| 31/03/2025      | Lunes            | 124            | 248                             | 1.093                         | 2             |
| 01/04/2025      | Martes           | 202            |                                 |                               | 1.228         |
| 02/04/2025      | Miércoles        | 260            |                                 |                               | 0.954         |
| 03/04/2025      | Jueves           | 261            |                                 |                               | 0.95          |
| 04/04/2025      | Viernes          | 459            |                                 |                               | 0.54          |
| 05/04/2025      | Sábado           | 298            |                                 |                               | 0.832         |
| 06/04/2025      | Domingo          | 135            |                                 |                               | 1.837         |
|                 | <b>TOTAL</b>     | <b>1739</b>    |                                 |                               | <b>1.192</b>  |

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.3. Tráfico promedio diario anual asignado

El TPDA asignado es un cálculo previo al tráfico futuro, obtenido a partir del TPDA actual, al cual se le suman incrementos por tráfico generado y desarrollado, con el fin de anticipar la demanda vehicular proyectada. (Barreto et al., 2018)

$$TPDA (asignado) = TPDA (actual) + Tráf. generado + Tráf. desarrollado$$

Donde:

Tráfico generado = Corresponde al incremento de vehículos que no utilizaban anteriormente la vía, e incluye viajes que antes no existían, que se hacían mediante transporte público o que tenían otros destinos, pero que ahora se efectúan por la facilidad que ofrece la infraestructura vial mejorada. Es una tasa de incremento que va desde el 5% hasta el 25% del TPDA. (Barreto et al., 2018)

$$Tráf. generado = 25\% TPDA(actual)$$

Tráfico desarrollado = Representa un crecimiento progresivo del tránsito que no habría ocurrido sin la construcción o mejora del camino. Tráfico desarrollado que genera el 5% de incremento del TPDA. (Barreto et al., 2018)

$$\text{Tráf. desarrollado} = 5\% \text{ TPDA(actual)}$$

#### 4.4.4. Tráfico promedio diario anual proyectado al 2045

Según el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (2013) en su normativa para estudios y diseños viales, el período de diseño estructural recomendado para pavimentos nuevos debe ser de 20 años, pudiendo variar entre 10 y 20 años según la categoría funcional de la vía y las condiciones del proyecto. De acuerdo con la clasificación preliminar de nuestra vía como camino vecinal, se escoge un período de vida útil de 20 años. La ecuación se muestra a continuación:

$$TPDA \text{ (proyectado)} = TPDA \text{ (asignado)} \times (1 + r)^n$$

Donde:

$r$  = Tasa de crecimiento según el tipo de vehículo

$n$  = número de años

##### a) Tasa de crecimiento anual

La tasa de crecimiento anual se ha determinado de la siguiente tabla:

**Tabla 12. Tasa de crecimiento según tipo de vehículo**

| Periodo   | Liviano | Bus  | Camión |
|-----------|---------|------|--------|
| 2010-2015 | 4.49    | 2.12 | 3.41   |
| 2016-2020 | 3.99    | 1.89 | 3.03   |
| 2021-2025 | 3.60    | 1.70 | 2.72   |
| 2026-2045 | 3.27    | 1.54 | 2.48   |

Fuente: Coordinación de factibilidad MTOP

El resumen de los resultados obtenidos del cálculo del Tráfico promedio diario anual proyectado se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 13. Resumen de los cálculos del TPDA proyectado**

| CLASIFICACION DIARIA VEHICULAR |                  |          |         |                   |         |                  |         |         |         |         |          |          |          |          |         |
|--------------------------------|------------------|----------|---------|-------------------|---------|------------------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|---------|
| FECHA DE CONTEO                | DÍA DE LA SEMANA | LIVIANOS |         | CAMIONES LIVIANOS |         | CAMIONES PESADOS |         |         |         |         |          |          |          |          | TOTAL   |
|                                |                  | CLASE 1  | CLASE 2 | CLASE 3           | CLASE 4 | CLASE 5          | CLASE 6 | CLASE 7 | CLASE 8 | CLASE 9 | CLASE 10 | CLASE 11 | CLASE 12 | CLASE 13 |         |
|                                |                  | MOTO     | AUTO    | 2DA               | 2DB     | 3-A              | 4-C     | 4_0     | 2S1     | 2S2     | 2S3      | 3S1      | 3S2      | 3S3      |         |
| 31/03/2025                     | Lunes            | 70       | 12      | 17                | 9       | 8                | 4       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0        | 4        | 0        | 124     |
| 01/04/2025                     | Martes           | 100      | 33      | 31                | 30      | 1                | 1       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0        | 0        | 6        | 202     |
| 02/04/2025                     | Miércoles        | 134      | 44      | 34                | 36      | 2                | 6       | 0       | 0       | 2       | 0        | 2        | 0        | 0        | 260     |
| 03/04/2025                     | Jueves           | 149      | 32      | 38                | 12      | 28               | 0       | 0       | 2       | 0       | 0        | 0        | 0        | 0        | 261     |
| 04/04/2025                     | Viernes          | 185      | 63      | 64                | 68      | 79               | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0        | 0        | 0        | 459     |
| 05/04/2025                     | Sábado           | 152      | 26      | 37                | 53      | 30               | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0        | 0        | 0        | 298     |
| 06/04/2025                     | Domingo          | 33       | 22      | 27                | 32      | 21               | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0        | 0        | 0        | 135     |
| TOTAL                          |                  | 823      | 232     | 248               | 240     | 169              | 11      | 0       | 2       | 2       | 0        | 2        | 4        | 6        | 1739    |
| TPDS                           |                  | 118      | 33      | 35                | 34      | 24               | 2       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0        | 1        | 1        | 248     |
| % TPDS                         |                  | 48%      | 13%     | 14%               | 14%     | 10%              | 1%      | 0%      | 0%      | 0%      | 0%       | 0%       | 0%       | 0%       | 100.00% |
| TPDA actual 2025               |                  | 154      | 43      | 46                | 44      | 31               | 3       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0        | 1        | 1        | 323     |
| % TPDA actual                  |                  | 48%      | 13%     | 14%               | 14%     | 10%              | 1%      | 0%      | 0%      | 0%      | 0%       | 0%       | 0%       | 0%       | 100.00% |
| TPDA asignado 2025             |                  | 200      | 56      | 60                | 57      | 40               | 4       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0        | 1        | 1        | 419     |
| % TPDA asignado                |                  | 48%      | 13%     | 14%               | 14%     | 10%              | 1%      | 0%      | 0%      | 0%      | 0%       | 0%       | 0%       | 0%       | 100.00% |
| TPDA FUTURO 2045               |                  | 381      | 107     | 81                | 77      | 65               | 7       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0        | 2        | 2        | 722     |
| COMPOSICION                    |                  | 53%      | 15%     | 11%               | 11%     | 9%               | 1%      | 0%      | 0%      | 0%      | 0%       | 0%       | 0%       | 0%       | 100.00% |

Fuente: Elaboración propia.

TPDA = 722 veh/día      Número de vehículos pesados al final del periodo de diseño = 234 veh/día

#### 4.4.5. *Clasificación de la vía de acuerdo con el tráfico proyectado*

En el marco de la planificación vial nacional, la infraestructura de transporte terrestre se organiza jerárquicamente según la función que cumple cada vía dentro del sistema. El Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (2013) establece que la red vial ecuatoriana se clasifica en tres niveles: **corredor arterial**, **colectora** y **vecinal**.

- El **corredor arterial** constituye la columna vertebral del sistema, permitiendo la conexión de ciudades principales, puertos, aeropuertos y pasos fronterizos. Son vías de alto volumen de tránsito, estratégicas a nivel nacional.
- Las **colectoras** actúan como intermediarias, enlazando a las vías vecinales con los corredores viales. Facilitan el acceso a centros poblados de menor jerarquía y zonas de producción.
- Finalmente, las **vías vecinales** o rurales permiten la accesibilidad directa a comunidades pequeñas, áreas agrícolas y zonas de difícil acceso. Se caracterizan por tener menor jerarquía funcional, menor volumen de tráfico y condiciones estructurales más simples.

Esta clasificación permite definir los criterios de diseño, mantenimiento y jerarquización de inversiones públicas, y es particularmente relevante en proyectos de intervención vial rural. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013)

Una vez realizada la proyección del tráfico para el periodo de diseño seleccionado según normativa (20 años), obtenemos un número de vehículos pesados para el final del periodo de diseño de 234 veh/día y un TPDA de 722 vehículos/día para el año 2045. Según este valor se puede clasificar a la vía por su clase y por su función de acuerdo con las tablas establecidas por la normativa de diseño geométrico del MOP 2003:

**Tabla 14. Clasificación del tipo de vía en base a su función y su relación con el TPDA**

| <b>Función</b>                               | <b>Clase de carretera (según MTOP)</b> | <b>TPDA (1) (año final de diseño)</b> |
|----------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|
| Corredor arterial                            | RI - RII (2)                           | > 8000                                |
|                                              | I                                      | 3000 – 8000                           |
|                                              | II                                     | 1000 – 3000                           |
| Colectora                                    | I                                      | 3000 – 8000                           |
|                                              | II                                     | 1000 – 3000                           |
|                                              | III                                    | 300 – 1000                            |
|                                              | IV                                     | 100 – 300                             |
| Vecinal                                      | IV                                     | 100 – 300                             |
|                                              | V                                      | < 100                                 |
| Fuente: Normas de diseño geométrico MOP-2003 |                                        |                                       |

Se obtiene una clasificación para la vía como una Colectora clase III.

A su vez también se puede hacer uso de la clasificación dispuesta en la NEVI-12 Volumen 2A para otorgar la siguiente jerarquía:

**Tabla 15. Clasificación funcional de las vías en base al TPDA.**

| <b>Descripción</b>                                | <b>Clasificación Funcional</b> | <b>Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) al año de horizonte</b> |                        |
|---------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------|
|                                                   |                                | <b>Límite Inferior</b>                                          | <b>Límite Superior</b> |
| Autopista                                         | AP2                            | 80,000                                                          | 120,000                |
|                                                   | AP1                            | 50,000                                                          | 80,000                 |
| Autovía o Carretera Multicarril                   | AV2                            | 26,000                                                          | 50,000                 |
|                                                   | AV1                            | 8,000                                                           | 26,000                 |
| Carretera de 2 carriles                           | C1                             | 1,000                                                           | 8,000                  |
|                                                   | C2                             | 500                                                             | 1,000                  |
|                                                   | C3                             | 0                                                               | 500                    |
| Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas |                                |                                                                 |                        |

En donde:

- C1 = Equivale a carreteras de mediana capacidad
- C2 = Equivale a carreteras convencionales básicas y camino básico
- C3 = Camino agrícola / forestal

Obteniéndose una clasificación C2

#### 4.5 Estudios de suelos

Para evaluar las condiciones del terreno en el tramo vial Al Quemado, se llevaron a cabo cuatro calicatas distribuidas estratégicamente a lo largo del eje de la vía. Estas excavaciones permitieron obtener muestras representativas del suelo natural, con el propósito de realizar los ensayos de laboratorio necesarios para determinar las propiedades físicas, mecánicas y capacidad de la subrasante. En el anexo 3 se encuentran los valores registrados en la elaboración de los ensayos y los resultados de cada uno de ellos.

La Calicata 1, ubicada en la abscisa 0+200 km, presenta un perfil con variación de materiales finos en toda su profundidad. En el estrato superficial se encontró grava con finos de color café, seguida por un material fino arcilloso de tonalidad café oscuro. En los últimos estratos se encontró un material fino arenoso arcilloso color café rojizo

**Tabla 16. Resumen del material de la calicata 1**

| <b>Profundidad (m)</b>     | <b>Material</b>                    |
|----------------------------|------------------------------------|
| 0.00-0.50                  | Grava con finos color café         |
| 0.50-1.00                  | Fino arcilloso café oscuro         |
| 1.00-1.50                  | Fino arenoso arcilloso café rojizo |
| 1.50-2.00                  | Fino arenoso arcilloso café rojizo |
| Fuente: Elaboración propia |                                    |

Con respecto a la Calicata 2, ubicada en la abscisa 1+200 km, esta presenta un perfil con predominio de materiales finos de carácter limo-arcilloso. En el primer estrato se

identificó grava con finos de color café claro. A continuación, entre 0.50 y 1.00 m, se encuentra un material fino arcilloso de tonalidad café oscuro, seguido por dos estratos consecutivos compuestos por limo arcilloso café rojizo.

**Tabla 17. Resumen del material de la calicata 2**

| <b>Profundidad (m)</b>     | <b>Material</b>                  |
|----------------------------|----------------------------------|
| 0.00-0.50                  | Grava con finos color café claro |
| 0.50-1.00                  | Fino arcilloso café oscuro       |
| 1.00-1.50                  | Limo arcilloso café rojizo       |
| 1.50-2.00                  | Limo arcilloso café rojizo       |
| Fuente: Elaboración propia |                                  |

La Calicata 3, ubicada en la abscisa 2+500 km, presenta un perfil con materiales de textura fina y características relativamente homogéneas en profundidad. En la capa superficial se identificó grava con finos color café, seguida por un estrato de material arcilloso rojizo entre los 0.50 y 1.00 m. En los niveles más profundos se observó un suelo fino limoso arcilloso de color café oscuro a gris.

**Tabla 18. Resumen del material de la calicata 3**

| <b>Profundidad (m)</b>     | <b>Material</b>                        |
|----------------------------|----------------------------------------|
| 0.00-0.50                  | Grava con finos color café             |
| 0.50-1.00                  | Fino arcilloso rojizo                  |
| 1.00-1.50                  | Fino limoso arcilloso café oscuro/gris |
| 1.50-2.00                  | Fino limoso arcilloso café oscuro/gris |
| Fuente: Elaboración propia |                                        |

Por último, la Calicata 4, ubicada en la abscisa 3+100 km, presenta un perfil conformado por materiales de textura mixta. En el estrato superficial se identificó grava con finos color café claro, lo que podría favorecer el drenaje inicial. A continuación, entre 0.50 y 1.00 m, se observó un suelo fino arcilloso arenoso de tonalidad café, seguido por dos estratos con material fino arenoso arcilloso café oscuro.

**Tabla 19. Resumen del material de la calicata 4**

| <b>Profundidad (m)</b> | <b>Material</b>                    |
|------------------------|------------------------------------|
| 0.00-0.50              | Grava con finos color café claro   |
| 0.50-1.00              | Fino arcilloso arenoso color café  |
| 1.00-1.50              | Fino arenoso arcilloso café oscuro |
| 1.50-2.00              | Fino arenoso arcilloso café oscuro |

Fuente: Elaboración propia

Una vez recolectadas las muestras, se procedió a la realización de ensayos de laboratorio con el fin de determinar las propiedades físicas y mecánicas más relevantes del material. Estos estudios permiten conocer el comportamiento del suelo frente a las solicitaciones del tránsito, y son esenciales para definir el diseño estructural del pavimento.

Entre los parámetros analizados se encuentra el contenido de humedad natural, que refleja el estado de saturación del suelo al momento del muestreo; así como los límites de Atterberg, específicamente el límite líquido (LL), límite plástico (LP) y el índice de plasticidad (IP), que permiten clasificar la plasticidad y la cohesión del material. Este último se obtiene con la siguiente ecuación:

$$IP = LL - LP$$

También se evaluó la granulometría, a través del porcentaje de material que pasa por los tamices N.º 4, N.º 40 y N.º 200, lo cual brinda una idea del grado de finura del suelo y su comportamiento en estado natural o compactado.

Así mismo, se realizó el ensayo Proctor modificado, con el cual se determinó la humedad óptima de compactación y la densidad seca máxima, parámetros claves para la construcción de capas de suelo adecuadamente compactadas. Finalmente, se ejecutó el ensayo CBR (California Bearing Ratio), que mide la capacidad de soporte del suelo en condiciones controladas y sirve como base para calcular el espesor de las capas del pavimento. Los resultados de todos estos ensayos se recopilan a continuación en una serie de tablas resumen.

**Tabla 20. Resumen de resultados de ensayos en la calicata 1**

| Calicata 1      |       |                      |       |      |                                      |       |       |               |      |        |               |       |
|-----------------|-------|----------------------|-------|------|--------------------------------------|-------|-------|---------------|------|--------|---------------|-------|
| Profundidad (m) | W%    | Límites de Atterberg |       |      | Granulometría (% Pasante acumulado ) |       |       | Clasificación |      | D.S.M. |               | CBR % |
|                 |       | LL%                  | LP%   | IP%  | #4                                   | #40   | #200  | AASHTO        | SUCS | Kg/m3  | Hum. Óptima % |       |
| 0.00-0.50       | 12.4  | N.P.                 | N.P.  | N.P. | 64.4                                 | 38.38 | 15.12 | A-1-b         | SM   |        |               |       |
| 0.50-1.00       | 23.52 | 39.23                | 30.91 | 8.32 | 100                                  | 97.41 | 83.96 | A-4           | ML   |        |               |       |
| 1.00-1.50       | 20.81 | 24.59                | 21.2  | 3.39 | 100                                  | 97.33 | 72.05 | A-4           | ML   |        |               |       |
| 1.50-2.00       | 27.98 | N.P.                 | N.P.  | N.P. | 100                                  | 67.92 | 19.89 | A-2-4         | SM   | 1928.7 | 9.66          | 32    |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 21. Resumen de resultados de ensayos en la calicata 2**

| Calicata 2      |       |                      |       |       |                                      |       |       |               |      |        |               |       |
|-----------------|-------|----------------------|-------|-------|--------------------------------------|-------|-------|---------------|------|--------|---------------|-------|
| Profundidad (m) | W%    | Límites de Atterberg |       |       | Granulometría (% Pasante acumulado ) |       |       | Clasificación |      | D.S.M. |               | CBR % |
|                 |       | LL%                  | LP%   | IP%   | #4                                   | #40   | #200  | AASHTO        | SUCS | Kg/m3  | Hum. Óptima % |       |
| 0.00-0.50       | 5.44  | N.P.                 | N.P.  | N.P.  | 64.7                                 | 41.76 | 16.9  | A-1-b         | SM   |        |               |       |
| 0.50-1.00       | 26.62 | 37.66                | 30.24 | 7.43  | 100                                  | 86.8  | 70.27 | A-4           | ML   |        |               |       |
| 1.00-1.50       | 40.24 | 55.24                | 40.17 | 15.06 | 100                                  | 99.01 | 96.33 | A-7-5         | MH   |        |               |       |
| 1.50-2.00       | 42.44 | 38.97                | 26.95 | 12.02 | 100                                  | 84.59 | 66.41 | A-6           | ML   | 1614.5 | 19.65         | 3.15  |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 22. Resumen de resultados de ensayos en la calicata 3**

| Calicata 3      |       |                      |       |       |                                      |       |       |               |      |        |               |       |
|-----------------|-------|----------------------|-------|-------|--------------------------------------|-------|-------|---------------|------|--------|---------------|-------|
| Profundidad (m) | W%    | Límites de Atterberg |       |       | Granulometría (% Pasante acumulado ) |       |       | Clasificación |      | D.S.M. |               | CBR % |
|                 |       | LL%                  | LP%   | IP%   | #4                                   | #40   | #200  | AASHTO        | SUCS | Kg/m3  | Hum. Óptima % |       |
| 0.00-0.50       | 8.17  | N.P.                 | N.P.  | N.P.  | 60.5                                 | 32.07 | 13.34 | A-1-b         | SM   |        |               |       |
| 0.50-1.00       | 29.9  | 37.56                | 27.45 | 10.11 | 100                                  | 97.05 | 87.69 | A-4           | ML   |        |               |       |
| 1.00-1.50       | 34.66 | 41.44                | 29.7  | 12.27 | 100                                  | 97.02 | 83.38 | A-7-6         | ML   |        |               |       |
| 1.50-2.00       | 18.22 | 35.43                | 24.52 | 10.91 | 100                                  | 98.47 | 79.94 | A-6           | ML   | 1836.6 | 13.35         | 5     |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 23. Resumen de resultados de ensayos en la calicata 4**

| Calicata 4      |       |                      |       |      |                                      |       |       |               |       |        |               |       |
|-----------------|-------|----------------------|-------|------|--------------------------------------|-------|-------|---------------|-------|--------|---------------|-------|
| Profundidad (m) | W%    | Límites de Atterberg |       |      | Granulometría (% Pasante acumulado ) |       |       | Clasificación |       | D.S.M. |               | CBR % |
|                 |       | LL%                  | LP%   | IP%  | #4                                   | #40   | #200  | AASHTO        | SUCS  | Kg/m3  | Hum. Óptima % |       |
| 0.00-0.50       | 5.62  | N.P.                 | N.P.  | N.P. | 56.7                                 | 26.37 | 11.09 | A-1-a         | SP-SM |        |               |       |
| 0.50-1.00       | 20.81 | 28.63                | 23.33 | 5.3  | 100                                  | 90.35 | 60.85 | A-4           | ML    |        |               |       |
| 1.00-1.50       | 32.25 | N.P.                 | N.P.  | N.P. | 100                                  | 92.6  | 13.56 | A-2-4         | SM    |        |               |       |
| 1.50-2.00       | 33.55 | N.P.                 | N.P.  | N.P. | 100                                  | 76.35 | 3.33  | A-3           | SP    | 1688.4 | 9.28          | 27    |

Fuente: Elaboración propia.

## 4.6 ESALs

El cálculo de los ejes equivalentes acumulados (ESALs) constituye una etapa fundamental en el diseño estructural de pavimentos. Según Barreto et al., los ESALs representan la suma ponderada de las cargas de todos los vehículos que circularán por la vía, expresadas en función del daño equivalente que produce un eje estándar de 8.2 toneladas.

### 4.6.1. Carga estimada por eje

Para la determinación de la carga estimada por eje, se recurrió a la clasificación vehicular establecida en la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12 la cual proporciona una tabla técnica (Anexo 4), con los tipos de vehículos y sus configuraciones de ejes, contemplando desde unidades livianas como motocicletas y automóviles, hasta camiones tipo 3S3, que corresponde a un tracto camión de 3 ejes y semirremolque de 3 ejes. Esta clasificación permite asociar a cada tipo vehicular una carga típica por eje, información esencial para el posterior cálculo de los ejes equivalentes, ya que define el impacto relativo que cada vehículo genera sobre la estructura del pavimento durante su vida útil.

### 4.6.2. Factor equivalencia de carga

Una vez establecida la carga estimada por eje, se procede al cálculo del factor de equivalencia de carga, el cual permite expresar el daño que cada tipo de eje produce sobre el pavimento en relación con un eje estándar de 8.2 toneladas. Para ello, se hace uso de la Tabla 15, extraída de la guía para el diseño de estructuras de pavimento de la AASHTO 1993, que recoge las fórmulas correspondientes para distintos tipos de configuración de

ejes, considerando tanto el número de ruedas como el tipo de distribución de carga (simple, doble, tandem o tridem).

**Tabla 24. Relación de cargas por eje para determinar el Eje Equivalente para pavimentos flexibles**

| Tipo de Eje                                                                  | Eje Equivalente (EE8.2 tn)                       |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Eje Simple de ruedas simples (EE <sub>S1</sub> )                             | $EE_{S1} = \left[ \frac{P}{6.6} \right]^4$       |
| Eje Simple de ruedas dobles (EE <sub>S2</sub> )                              | $EE_{S2} = \left[ \frac{P}{8.2} \right]^4$       |
| Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TA1</sub> )   | $EE_{TA1} = \left[ \frac{P}{14.8} \right]^4$     |
| Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TA2</sub> )                    | $EE_{TA2} = \left[ \frac{P}{15.1} \right]^4$     |
| Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TR1</sub> ) | $EE_{TR1} = \left[ \frac{P}{20.7} \right]^{3.9}$ |
| Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TR2</sub> )                   | $EE_{TR2} = \left[ \frac{P}{21.8} \right]^{3.9}$ |
| Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 93            |                                                  |

#### 4.6.3. Porcentaje de vehículos

Para efectos del dimensionamiento estructural del pavimento, se ha considerado únicamente el porcentaje correspondiente a vehículos pesados, excluyendo a los vehículos livianos, debido a que estos no generan esfuerzos significativos que comprometan la capacidad estructural de la vía. Esta exclusión es coherente con los lineamientos de diseño establecidos por la AASHTO 1993 y por la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12, donde se reconoce que el aporte al deterioro del pavimento por parte de vehículos livianos es marginal en comparación con el impacto acumulado de vehículos pesados (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013). En este sentido, se ha calculado el porcentaje relativo de cada tipo de vehículo de carga con base en el TPDA asignado para el año 2025, tal como se muestra en la tabla 16.

**Tabla 25. Porcentaje de vehículos sin livianos**

| <b>TIPO DE VEHICULO</b>             | <b>TPDA<br/>Asignado<br/>(2025)</b> | <b>Porcentaje de<br/>vehículos con<br/>livianos</b> | <b>Porcentaje<br/>de vehículos<br/>sin livianos</b> |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>Moto</b>                         | 200                                 | 0.477327                                            |                                                     |
| <b>Auto</b>                         | 56                                  | 0.133652                                            |                                                     |
| <b>2DA</b>                          | 60                                  | 0.143198                                            | 0.368098                                            |
| <b>2DB</b>                          | 57                                  | 0.136038                                            | 0.349693                                            |
| <b>3-A</b>                          | 40                                  | 0.095465                                            | 0.245399                                            |
| <b>4-C</b>                          | 4                                   | 0.009547                                            | 0.024540                                            |
| <b>4-O</b>                          | 0                                   | 0.000000                                            | 0.000000                                            |
| <b>2S1</b>                          | 0                                   | 0.000000                                            | 0.000000                                            |
| <b>2S2</b>                          | 0                                   | 0.000000                                            | 0.000000                                            |
| <b>2S3</b>                          | 0                                   | 0.000000                                            | 0.000000                                            |
| <b>3S1</b>                          | 0                                   | 0.000000                                            | 0.000000                                            |
| <b>3S2</b>                          | 1                                   | 0.002387                                            | 0.006135                                            |
| <b>3S3</b>                          | 1                                   | 0.002387                                            | 0.006135                                            |
| <b>Total sin vehículos livianos</b> | 163                                 |                                                     |                                                     |
| <b>Total</b>                        | 419                                 | 1                                                   | 1                                                   |

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.4. Factor camión

El cálculo del factor camión se obtiene multiplicando el factor de equivalencia de carga, determinado a partir de la (Tabla 15), por el porcentaje relativo de cada tipo de vehículo de carga en el tráfico total (Tabla 16). Matemáticamente, se expresa así:

$$\text{Factor camión} = \text{Factor de equivalencia de carga} * \% \text{ de vehículos}$$

$$Tf = pi * fi$$

Este procedimiento permite convertir cada tipo de vehículo en una contribución ponderada al desgaste del pavimento, considerando tanto su impacto individual como su frecuencia en el flujo vehicular.

#### 4.6.5. Número de ESALs

A continuación, se presenta una tabla resumen en la que se consolidan los principales resultados del análisis del tránsito para efectos del diseño estructural del pavimento donde, finalmente, se calcula el número de ejes equivalentes (ESALs), calculado como el producto del TPDA por el respectivo factor camión.

**Tabla 26. Resumen de cálculos previos al ESALs proyectado**

| Tipo de vehículo | DIAGRAMA | TPDA Asignado | CARGA ESTIMADA POR EJE |                |             | PESO (Ton)           | Factor de equivalencia de carga | Porcentaje vehículos | Factor Camión | Nro. ESAL's (8.2 Ton) |
|------------------|----------|---------------|------------------------|----------------|-------------|----------------------|---------------------------------|----------------------|---------------|-----------------------|
|                  |          |               | EJE DELANTERO          | EJE INTERMEDIO | EJE TRASERO |                      |                                 |                      |               |                       |
| Moto             |          | 200           | 0.5                    |                | 0.5         | 1                    | 6.3535E-05                      |                      |               |                       |
| Auto             |          | 56            | 1                      |                | 2.5         | 3.5                  | 0.02036297                      |                      |               |                       |
| 2DA              |          | 60            | 3                      |                | 7           | 10                   | 0.57222232                      | 0.368098             | 0.21063       | 12.638039             |
| 2DB              |          | 57            | 6                      |                | 11          | 17                   | 3.89701793                      | 0.349693             | 1.36276       | 77.677370             |
| 3-A              |          | 40            | 6                      |                | 20          | 26                   | 3.73633112                      | 0.245399             | 0.91689       | 36.675643             |
| 4-C              |          | 4             | 6                      |                | 24          | 30                   | 1.8651635                       | 0.024540             | 0.04577       | 0.183084              |
| 4-O              |          | 0             | 12                     |                | 20          | 32                   | 7.66397528                      | 0.000000             | 0             | 0.000000              |
| 2S1              |          | 0             | 6                      | 11             | 11          | 28                   | 7.1353049                       | 0.000000             | 0             | 0.000000              |
| 2S2              |          | 0             | 6                      | 11             | 20          | 37                   | 6.97461808                      | 0.000000             | 0             | 0.000000              |
| 2S3              |          | 0             | 6                      | 11             | 24          | 41                   | 5.10345046                      | 0.000000             | 0             | 0.000000              |
| 3S1              |          | 0             | 6                      | 20             | 11          | 37                   | 6.97461808                      | 0.000000             | 0             | 0.000000              |
| 3S2              |          | 1             | 6                      | 20             | 20          | 46                   | 6.81393126                      | 0.006135             | 0.0418        | 0.041803              |
| 3S3              |          | 1             | 6                      | 20             | 24          | 50                   | 4.94276364                      | 0.006135             | 0.03032       | 0.030324              |
| TOTAL            |          | 419           |                        |                |             | $T_f = \sum p_i F_i$ |                                 | 2.6081838            | TOTAL         | 127.25                |

Fuente: Elaboración propia.

Según los factores de equivalencia de carga por cada tipo de ejes planteados por la AASHTO se establece que el número de ejes equivalentes de 8.2 ton o N° de ESALs es de 127.25 los cuales sirven para la proyección para el periodo de diseño que son 20 años.

#### 4.6.6. ESALs para el periodo de diseño

Para determinar número de ejes equivalentes para el periodo de diseño se empleó la siguiente ecuación que sigue la Metodología AASTHO 93 y NEVI-12:

$$ESAL's = ESAL's_0 \times 365 \times Fd \times Fc \times \left( \frac{(1+i)^n - 1}{i} \right)$$

Donde:

$ESAL's_0$  = Número ESALs inicial

$Fd$  = Factor de distribución direccional

$Fc$  = Factor carril

$i$  = Tasa de crecimiento

$n$  = número de años

En este caso, se adoptó un factor de distribución direccional ( $Fd$ ) de 0.5, ya que la vía evaluada corresponde a una carretera de doble sentido de circulación, lo cual implica que se asume una distribución simétrica del tránsito entre ambos sentidos. Así mismo, se utilizó un factor de carril ( $Fc$ ) de 1.0, al tratarse de una vía rural con un solo carril por sentido, donde se espera que el 100 % del tránsito pesado circule por dicho carril. Estos valores se encuentran recogidos en la Tabla 18.

**Tabla 27. Factores para el cálculo del ESALs**

| Número de calzadas | Número de sentidos | Número de carriles por sentido | Factor Direccional (Fd) | Factor Carril (Fc) | Factor Ponderado (Fd x Fc) |
|--------------------|--------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------|----------------------------|
| 1 calzada          | 1 sentido          | 1                              | 1.00                    | 1.00               | 1.00                       |
|                    | 1 sentido          | 2                              | 1.00                    | 0.80               | 0.80                       |
|                    | 1 sentido          | 3                              | 1.00                    | 0.60               | 0.60                       |
|                    | 1 sentido          | 4                              | 1.00                    | 0.50               | 0.50                       |
|                    | 2 sentidos         | 1                              | 0.50                    | 1.00               | 0.50                       |
|                    | 2 sentidos         | 2                              | 0.50                    | 0.80               | 0.40                       |
|                    | 2 sentidos         | 3                              | 0.50                    | 0.60               | 0.30                       |
| 2 calzadas         | 2 sentidos         | 1                              | 0.50                    | 1.00               | 0.50                       |
|                    | 2 sentidos         | 2                              | 0.50                    | 0.80               | 0.40                       |
|                    | 2 sentidos         | 3                              | 0.50                    | 0.60               | 0.30                       |
|                    | 2 sentidos         | 4                              | 0.50                    | 0.50               | 0.25                       |

Aplicando la formula se tiene:

$$ESAL's = 127.25 \times 365 \times 0.5 \times 1 \times \left( \frac{(1 + 0.05)^{20} - 1}{0.05} \right)$$

$$ESAL's = 7.68 \times 10^5$$

De manera análoga también podemos seguir el procedimiento descrito en la NEVI-12 volumen 2B para la transformación del tráfico a un eje equivalente de 120 kN (12 ton), encontrando un número de ejes equivalente a  $5.68 \times 10^5$ , valor que guarda concordancia con la categorización establecida en la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12, específicamente en la tabla 19. De acuerdo con dicha tabla, este valor ubica la vía dentro de la categoría T3 - Tráfico Medio Bajo. Este procedimiento se puede observar en el Anexo 6.

**Tabla 28. Clasificación de tráfico por número acumulado de ejes equivalentes de 12 toneladas (120 kN)**

| <b>Categorías de tráfico</b> | <b>Designación</b> | <b>Np</b> | <b>Número acumulado de ejes equivalentes de 12t (120kN) en el carril y periodo de proyecto</b> |
|------------------------------|--------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| T0                           | Muy pesado         | > 4000    | >10 <sup>7</sup>                                                                               |
| T1                           | Pesado             | 2000-4000 | 4.10 <sup>6</sup> - 10 <sup>7</sup>                                                            |
| T2                           | Medio Alto         | 800-2000  | 8.10 <sup>5</sup> - 4.10 <sup>6</sup>                                                          |
| T3                           | Medio Bajo         | 200-800   | 8.10 <sup>4</sup> - 8.10 <sup>5</sup>                                                          |
| T4                           | Ligero             | 100-200   | 10 <sup>4</sup> - 8.10 <sup>4</sup>                                                            |

Fuente: NEVI 12- Volumen 2B

---

Np = número de vehículos pesados al final del período de diseño = 234 veh/día

#### 4.7 CBR de diseño

El ensayo de C.B.R mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. La elección del valor del C.B.R. para el diseño de la estructura

depende del volumen de tráfico que soportara la vía durante su vida útil el mismo que debe ser cuidadosamente calculado y proyectado.

En este proyecto de titulación los métodos empleados para comparar los valores de diseño de CBR fueron los recomendados por el Instituto del Asfalto. Mora L. et al. (2020) menciona que el 60, 75 u 87,5% de los valores individuales de CBR sean iguales o superiores al valor de diseño de CBR, dependiendo del tráfico previsto que circulará sobre el pavimento. Los percentiles para determinar el valor del CBR de diseño según el criterio del Instituto de Asfalto se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 29. Percentiles para la selección del valor de CBR de diseño**

| ESALs           | Percentil |
|-----------------|-----------|
| $\leq 10^4$     | 60.00     |
| $10^4$ - $10^6$ | 75.00     |
| $\geq 10^6$     | 87.50     |

Fuente: Instituto de Asfalto – Método de diseño para Pavimentos

En el presente trabajo de titulación se ha determinado un ESALs de  $7.68 \times 10^5$  por lo tanto el percentil corresponde al 75%

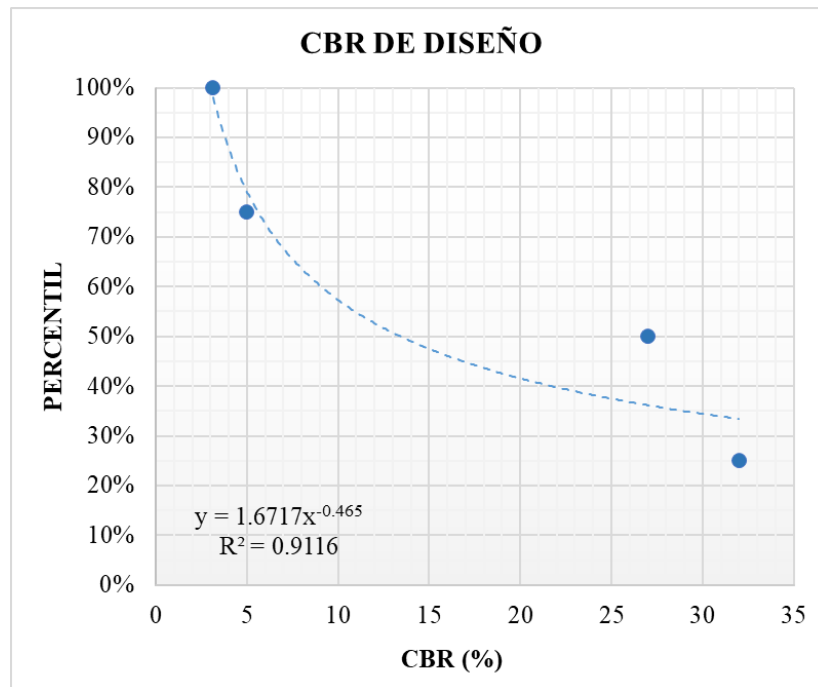
**Tabla 30. Percentiles del trabajo de titulación**

| ENSAYO | CRB (%) | Mayor a menor | Valores mayores o iguales | Percentil |
|--------|---------|---------------|---------------------------|-----------|
|        |         | CRB (%)       |                           |           |
| 1      | 32      | 32            | 1                         | 25%       |
| 2      | 3.15    | 27            | 2                         | 50%       |
| 3      | 5       | 5             | 3                         | 75%       |
| 4      | 27      | 3.15          | 4                         | 100%      |

Fuente: Elaboración propia

Con estos los valores mostrados en la tabla 23 se construye una gráfica con la cual se podrá obtener la ecuación característica que permitirá la determinación del CBR de diseño.

Ilustración 7. Curvas de frecuencias



Fuente: Elaboración propia.

A la hora de establecer la curva de frecuencias hay que tener en cuenta el valor de  $R^2$ , ya que un valor más alto de este representa un menor error y mayor grado de confianza (en este trabajo se seleccionó una curva de interpolación potencial)

A partir de la ecuación característica de la curva de frecuencia es posible determinar el valor del CBR de diseño:

$$y = 1.6717x^{-0.465}$$

$$0.75 = 1.6717x^{-0.465}$$

$$x = 5.61$$

Como resultado de los ensayos de laboratorio realizados se obtuvo un valor de **CBR de diseño igual a 5.61%**. Este valor permite clasificar a la subrasante como "**subrasante pobre**", de acuerdo con la clasificación técnica presentada en la Tabla 31, que categoriza el comportamiento mecánico del suelo en función del rango de CBR. Esta clasificación implica que el suelo natural posee una baja capacidad portante, por lo que requiere un

diseño estructural que considere dicha debilidad, ya sea mediante el aumento del espesor del paquete estructural o a través de procesos de mejoramiento

**Tabla 31. Categorización de la subrasante en base a su CBR.**

| <b>Categoría de subrasante</b>                                      | <b>CBR</b>                                      |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Subrasante inadecuada                                               | $\text{CBR} < 3\%$                              |
| Subrasante pobre                                                    | De $\text{CBR} \geq 3\%$ a $\text{CBR} < 6\%$   |
| Subrasante regular                                                  | De $\text{CBR} \geq 6\%$ a $\text{CBR} < 10\%$  |
| Subrasante buena                                                    | De $\text{CBR} \geq 10\%$ a $\text{CBR} < 20\%$ |
| Subrasante muy buena                                                | De $\text{CBR} \geq 20\%$ a $\text{CBR} < 30\%$ |
| Subrasante excelente                                                | $\text{CBR} \geq 30\%$                          |
| Fuente: AASHTO 93 - Guía para el diseño de estructuras de pavimento |                                                 |

Esta condición también influye directamente en la selección del tipo de pavimento, siendo el pavimento flexible la alternativa más adecuada para este tipo de subrasantes.

#### **4.8 Diseño de pavimento flexible**

Para el dimensionamiento estructural del pavimento flexible en el tramo de estudio, se ha aplicado el método propuesto por la AASHTO en la Guía para el Diseño Estructural de Pavimentos para Carreteras (1993), este método tiene un enfoque racional por considerar variables clave como el tránsito proyectado, las propiedades del suelo de subrasante, las condiciones climáticas y el nivel de servicio deseado. Este método permite determinar los espesores adecuados de cada capa del pavimento: subbase, base y carpeta de rodadura.

A continuación, se muestra el cálculo de las diversas variables que intervienen en esta etapa del diseño

##### *4.8.1. Determinación de parámetros de confiabilidad*

El nivel de confiabilidad representa el grado de seguridad incorporado en el proceso de diseño, con el objetivo de asegurar que la estructura del pavimento cumpla con su desempeño esperado durante todo el período de análisis. (AASHTO, 1993)

A partir del análisis del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), se determinó que la vía objeto de estudio corresponde a una vía colectora. En función de esta clasificación y

siguiendo los lineamientos establecidos en la Tabla 24, se adoptó un nivel de confiabilidad del 90 %, valor recomendado para vías interurbanas.

**Tabla 32. Niveles de confiabilidad sugeridos según el tipo de carretera**

| Tipo de carreteras                                                  | Nivel de confiabilidad recomendado R% |             |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------|
|                                                                     | Urbana                                | Interurbana |
| Autopistas y carreteras importantes                                 | 85.0 - 99.9                           | 85.0-99.9   |
| Arterias principales                                                | 80.0 - 99.9                           | 75.0-95.9   |
| Colectoras                                                          | 80.0 - 95.0                           | 75.0-95.0   |
| Locales                                                             | 50.0 - 80.0                           | 50.0-80.0   |
| Fuente: AASHTO 93 - Guía para el diseño de estructuras de pavimento |                                       |             |

Con el valor de confiabilidad adoptado en el diseño se procedió a determinar el valor del factor de desviación normal estándar ( $Z_R$ ), necesario para representar estadísticamente el nivel de certeza asociado al desempeño estructural esperado del pavimento. De acuerdo con la Tabla 25, para un nivel de confiabilidad del 90 % le corresponde un  $Z_R$  de  $-1.282$ .

**Tabla 33. Desviación estándar ( $Z_R$ )**

| Confiabilidad                                                       | Desviación normal estándar |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 50                                                                  | 0.000                      |
| 60                                                                  | -0.253                     |
| 70                                                                  | -0.524                     |
| 75                                                                  | -0.674                     |
| 80                                                                  | -0.841                     |
| 85                                                                  | -1.037                     |
| 90                                                                  | -1.282                     |
| 91                                                                  | -1.340                     |
| 92                                                                  | -1.405                     |
| 93                                                                  | -1.476                     |
| 94                                                                  | -1.555                     |
| 95                                                                  | -1.645                     |
| Fuente: AASHTO 93 - Guía para el diseño de estructuras de pavimento |                            |

Se procede a establecer el valor del error estándar combinado ( $S_o$ ), el autor Higuera (2011) menciona que esta variable refleja la dispersión total esperada en el diseño estructural, considerando las incertidumbres asociadas a las condiciones del suelo, el tránsito y los procesos constructivos. Para proyectos de pavimento flexible en construcciones nuevas, se recomienda un rango de  $S_o$  entre 0.40 y 0.50. En este caso, se seleccionó un valor de 0.45, al considerar un nivel de variabilidad intermedio, propio de entornos rurales donde los materiales y condiciones de ejecución presentan cierto grado de incertidumbre.

**Tabla 34. Error combinado ( $S_o$ )**

| Proyecto de pavimento                                                | $S_o$     |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
|                                                                      | Flexible  | Rígido    |
|                                                                      | 0.40-0.50 | 0.30-0.40 |
| Construcción nueva                                                   | 0.45      | 0.35      |
| Sobrecapas                                                           | 0.5       | 0.4       |
| Fuente: AASHTO 93 - Guía para el diseño de estructuras de pavimento. |           |           |

#### 4.8.2. Determinación del índice de servicio

El índice de serviciabilidad (Serviceability Index) es un parámetro utilizado en el método AASHTO 1993 para representar el nivel funcional o la calidad de servicio que ofrece una vía al usuario, en términos de confort, seguridad y condiciones de rodadura. Este índice se expresa en una escala del 0 al 5, donde 5 representa una condición excelente (pavimento nuevo) y 0 un estado completamente deteriorado e intransitable.

El diseño estructural del pavimento se basa en la pérdida de serviciabilidad admisible a lo largo de su vida útil, la cual se define como la diferencia entre dos valores:

- *Serviciabilidad inicial ( $P_o$ )*: corresponde al estado del pavimento recién construido. El método AASHTO 1993 recomienda un valor típico de  $P_o = 4.2$  para pavimentos flexibles y  $P_o = 4.5$  para pavimentos rígidos, aunque este puede variar según la calidad de construcción.

- *Serviciabilidad final (Pt)*: representa el límite inferior aceptable de condiciones funcionales antes de requerir una rehabilitación o reconstrucción. Este valor depende del tipo de vía; para carreteras rurales o colectoras, suele adoptarse un **Pt entre 2.0 y 2.5**.

**Tabla 35. Valor de serviciabilidad final**

| Tipo de vía                                                         | Serviciabilidad final |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Autopista                                                           | 2.5-3.0               |
| Carreteras                                                          | 2.0-2.5               |
| Zonas industriales                                                  |                       |
| Pavimento urbano industrial                                         | 1.5-2.0               |
| Pavimento urbano secundario                                         | 1.5-2.0               |
| Fuente: AASHTO 93 - Guía para el diseño de estructuras de pavimento |                       |

La diferencia entre estos valores define la pérdida de serviciabilidad admisible:

$$\Delta PSI = P_0 - P_f$$

$$\Delta PSI = 4.2 - 2 = 2.2$$

Este valor es un componente fundamental de la ecuación de diseño AASHTO 93 y condiciona la capacidad estructural requerida para que el pavimento conserve un nivel de servicio aceptable durante todo su período de diseño.

#### 4.8.3. Módulo resiliente de la subrasante

El módulo resiliente de la subrasante puede ser determinado a partir de correlaciones que han establecido varios autores y con la práctica y el tiempo han sido aceptadas como validas y usadas también en la metodología ASSHTO 93:

Ilustración 8. Correlaciones CBR-Módulo resiliente de la subrasante.

|                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fórmula de Heukelomn y Foster (1960), AASHTO-93</b>                                        |
| $Mr_{(Lb/pulg^2)} = 1500(CBR\%) \quad \text{Para } CBR < 7.2\%$                               |
| <b>Concilio Sur Africano de Investigaciones Científicas e Industriales – CSIR – AASHTO-93</b> |
| $Mr_{(Lb/pulg^2)} = 3000(CBR\%)^{0.65} \quad \text{Para } 7.2\% < CBR < 20\%$                 |
| <b>Fórmula referenciada en la AASHTO ROAD TEST y en la Guía AASHTO-93</b>                     |
| $Mr_{(Lb/pulg^2)} = 4326Ln(CBR\%) + 241$ <p>Para material granular CBR &gt; 20%</p>           |

Fuente: AASHTO 93 - Guía para el diseño de estructuras de pavimento.

Para el cálculo del módulo resiliente de la subrasante se empleó la formula elaborada por Heukelomn y Foster en 1960, esta fórmula es empleada cuando se cumple la siguiente condición:

$$CBR < 7.2\%$$

$$Mr_{(Lb/pulg^2)} = 1500 (CBR\%) = 1500 * 5.61 = 8408 \text{ psi}$$

#### 4.8.4. Material para base y sub-base granular

Conforme a lo establecido por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (2002) en el documento “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras”, donde se menciona que los materiales destinados a la conformación de la sub-base y base granular deben cumplir con ciertos criterios técnicos que aseguren un adecuado comportamiento estructural dentro del paquete del pavimento, se establece los siguientes requerimientos mínimos para los materiales con los que se estructurará el pavimento de este trabajo.

En el caso de la sub-base, el documento establece que los agregados empleados deberán tener un coeficiente de desgaste máximo del 50%, determinado mediante el ensayo de abrasión de Los Ángeles. Así mismo, la fracción que pasa el tamiz N° 40 debe presentar un índice de plasticidad inferior a 6 y un límite líquido menor de 25. Finalmente, se

especifica que la capacidad de soporte de este estrato debe ser igual o superior a un CBR del 30%.

Respecto a la capa de base, las especificaciones técnicas exigen que el límite líquido de la fracción que pasa el tamiz N° 40 no supere el 25% y que el índice de plasticidad no exceda el 6%. Además, el porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados debe ser menor al 40%, y el CBR mínimo permitido corresponde al 80%.

En coherencia con estas exigencias, por cuestiones de distancia al proyecto y con el fin de minimizar costos de transporte de materiales, en este proyecto se ha optado por recurrir al material extraído de la cantera Beltrán la cual se ubica en el sector La Avanzada en el cantón Santa Rosa provincia de El Oro para su uso como base y sub-base. Las características de estos materiales se muestran a continuación.

**Tabla 36. Resumen de los resultados de los ensayos en la Cantera "Beltrán"**

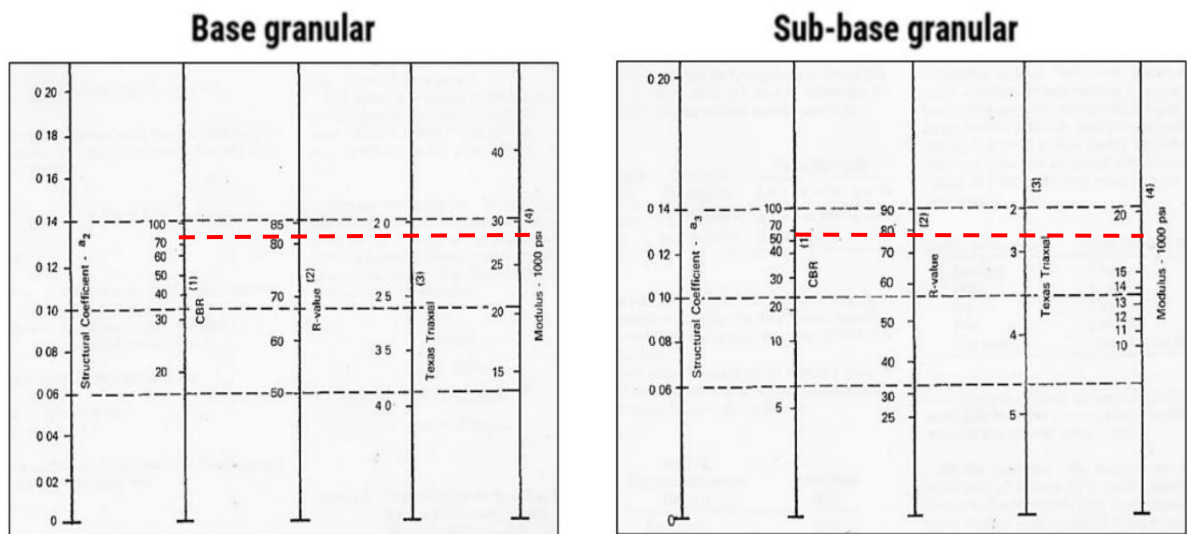
|          | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                             | CLASIFICACIÓN AASHTO | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | LÍMITE LÍQUIDO (%) | LÍMITE PLÁSTICO (%) | ÍNDICE PLÁSTICO | PASANTE TAMIZ #4 (%) | PASANTE TAMIZ #40 (%) | PASANTE TAMIZ #200 (%) | DENSIDAD SECA MÁXIMA DEL SUELO (kg/m³) | CBR (%) |
|----------|-------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------|---------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------------------------|---------|
| BASE     | Material color café, con el 8.69% de humedad natural. | A-2-4                | 8.69                     | 18.6               | 17.35               | 2.87            | 41.25                | 22.97                 | 5.97                   | 2210                                   | 81.6    |
| SUB-BASE | Material color café, con el 7.25% de humedad natural. | A-2-4                | 7.25                     | 23.7               | 19.21               | 4.49            | 48.13                | 22.63                 | 10.57                  | 2131                                   | 67.58   |

Fuente: Artículo “Diseño Y Trazado Geométrico De La Calle Benalcázar En La Ciudad De Huaquillas”.

#### 4.8.5. Módulo resiliente MR y el coeficiente estructural a la base y la sub-base

Con los valores de CBR = 81.6% para la base y CBR = 67.58% para la Base, hacemos uso de los monogramas dispuestos por la guía para el diseño de estructuras de pavimento de la AASHTO 1993 para obtener el MR respectivo y luego calcular el coeficiente estructural.

Ilustración 9. Ábacos para determinar el módulo resiliente de la base y sub-base



Fuente: AASHTO 93 - Guía para el diseño de estructuras de pavimento.

Los coeficientes se calculan con las siguientes ecuaciones:

- Para la base

$$a_2 = 0.249 * \log(E_2) - 0.977$$

Siendo E2 el módulo resiliente respectivo.

- Para la sub-base

$$a_3 = 0.227 * \log(E_3) - 0.839$$

Siendo E3 el módulo resiliente respectivo.

Una vez aplicadas las ecuaciones se procede a mostrar el resumen los resultados en la tabla 36:

**Tabla 37. Módulos resilientes y coeficientes estructurales de la base y sub-base**

|                            | CBR (%) | MR (PSI) | a     |
|----------------------------|---------|----------|-------|
| Base                       | 100     | 28500    | 0.132 |
| Sub-base                   | 40      | 18500    | 0.130 |
| Fuente: Elaboración propia |         |          |       |

#### 4.8.6. Módulo resiliente de la mezcla asfáltica ( $E_1$ ) y coeficiente de la capa asfáltica ( $a_1$ )

Para la estimación del módulo resiliente de la mezcla asfáltica ( $E_1$ ), se recurrió a un gráfico que relaciona dicho parámetro con la temperatura del pavimento y la frecuencia de carga aplicada, conforme a lo establecido en la metodología AASHTO 93.

La temperatura de la capa asfáltica se calculó mediante esta ecuación:

$$T_s = (-0.0093 * T_a^2 + 1.569 * T_a - 1.578)(-0.084 * \ln h_s + 1.55)$$

Donde:

$T_a \rightarrow$  Temperatura media del aire

$h_s \rightarrow$  Espesor de la capa asfáltica

La temperatura media del aire se asumió de 23.5 C° y el espesor de la capa asfáltica se tomará de 75 mm, este último es el espesor mínimo basados en los requerimientos de la normativa en base al ESALs calculado previamente (Tabla 37). Aplicando la fórmula se tiene lo siguiente:

$$T_s = (-0.0093 * 23.5^2 + 1.569 * 23.5 - 1.578)(-0.084 * \ln 75 + 1.55)$$

$$T_s = 36 \text{ } ^\circ\text{C}$$

**Tabla 38. Espesores mínimos de capa asfáltica y base granular**

| Número de ESALs                    | Capa asfáltica | Base Granular |
|------------------------------------|----------------|---------------|
| Menos de $5 \times 10^4$           | 2.5 cm         | 10.0 cm       |
| $5 \times 10^4$ - $15 \times 10^4$ | 5.0 cm         | 10.0 cm       |
| $15 \times 10^4$ - $5 \times 10^5$ | 6.5 cm         | 10.0 cm       |
| $5 \times 10^5$ - $2 \times 10^6$  | 7.5 cm         | 15.0 cm       |
| $2 \times 10^6$ - $7 \times 10^6$  | 9.0 cm         | 15.0 cm       |
| Más de $7 \times 10^6$             | 10.0 cm        | 15.0 cm       |

Fuente: AASHTO 93 - Guía para el diseño de estructuras de pavimento

La frecuencia se calcula según la ecuación:

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

donde:

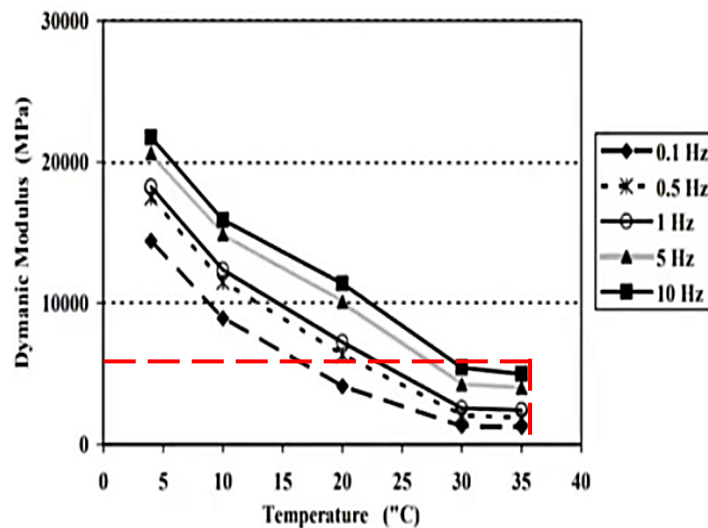
$f \rightarrow$  frecuencia (Hz)

$v \rightarrow$  velocidad media de circulación

Se utilizó una velocidad de circulación de 78 km/h, que equivale a aproximadamente 21.67 m/s. Al aplicar la fórmula, se obtuvo una frecuencia de aproximadamente **12 Hz**, la cual excede los valores representados en el gráfico (máximo 10 Hz), pero permite realizar una estimación por extrapolación en la curva correspondiente a 10 Hz para una temperatura determinada, normalmente cercana a 35 °C.

Una vez obtenida la frecuencia de carga aplicada y la temperatura efectiva de la capa asfáltica, ingresamos al gráfico para obtener el módulo resiliente de la capa asfáltica:

Ilustración 10. Gráfico del módulo resiliente de la capa asfáltica.



Fuente: AASHTO 93 - Guía para el diseño de estructuras de pavimento.

Trazando las líneas correspondientes en el gráfico proporcionado por la AASHTO 93 se tiene que:

$$E1 = 6000 \text{ MPa} = 870227 \text{ psi}$$

Con este valor aplicamos la ecuación para el cálculo del coeficiente de esta misma capa:

$$a_1 = 0.184 * \ln(E_1) - 1.9547$$

$$a_1 = 0.184 * \ln(870227) - 1.9547$$

$$a_1 = 0.5618$$

#### 4.8.7. Determinación del coeficiente de drenaje

Con el propósito de estimar de forma adecuada el coeficiente de drenaje para las capas granulares del pavimento, se llevó a cabo un análisis climático basado en los anuarios proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). A partir del mapa de estaciones meteorológicas, se seleccionaron cuatro estaciones cercanas al área de estudio: M0292, M040, M0185 y M0481. Para cada estación se identificó el año con mayor registro de precipitaciones, del cual se obtuvo el número total de días con lluvia. Con esta información, se calculó el porcentaje de días lluviosos en el año dividiendo dicho número para 365.

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 37, donde se observa que el porcentaje promedio de días de lluvia al año asciende al 58%, con un total promedio de 213 días lluviosos anuales.

**Tabla 39. Resumen de datos de las estaciones meteorológicas**

|                             | ESTACIONES |      |       |       |                 |
|-----------------------------|------------|------|-------|-------|-----------------|
|                             | M0292      | M040 | M0185 | M0481 |                 |
| Año de mayor precipitación  | 2010       | 2010 | 2010  | 2013  | <b>PROMEDIO</b> |
| % días de lluvia al año     | 42%        | 75%  | 63%   | 52%   | 58%             |
| Nº de días de lluvia al año | 154        | 274  | 231   | 191   | 213             |
| Fuente: Elaboración propia. |            |      |       |       |                 |

El porcentaje de días de lluvia nos indica que la estructura del pavimento estará expuesta a condiciones de humedad próxima a la saturación durante más del 25% del tiempo. En este contexto, y según lo dispuesto en la Tabla 38 de coeficientes de drenaje, se considera que el sistema presenta una condición de drenaje regular, lo que corresponde a un coeficiente de drenaje de 0.80 para el caso de exposición prolongada a la humedad.

De esta manera se obtienen los coeficientes de drenaje:

- $m_1 = 1$  (recomendado para concreto asfáltico)
- $m_2 = m_3 = 0.8$  (tabla)

**Tabla 40. Coeficientes de drenaje**

| Característica del drenaje | Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a saturación |                    |                    |             |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|-------------|
|                            | Menos del 1%                                                                                                 | 1 - 5%             | 5 - 25%            | Más del 25% |
| Excelente                  | 1.40 - 1.35                                                                                                  | 1.35 - 1.30        | 1.30 - 1.20        | 1.20        |
| Bueno                      | 1.35 - 1.25                                                                                                  | 1.25 - 1.15        | 1.15 - 1.00        | 1.00        |
| <b>Regular</b>             | <b>1.25 - 1.15</b>                                                                                           | <b>1.15 - 1.05</b> | <b>1.00 - 0.80</b> | <b>0.80</b> |
| Pobre                      | 1.15 - 1.05                                                                                                  | 1.05 - 0.95        | 0.80 - 0.60        | 0.60        |
| Muy malo                   | 1.05 - 0.95                                                                                                  | 0.95 - 0.75        | 0.75 - 0.4         | 0.40        |

Fuente: AASHTO 93 - Guía para el diseño de estructuras de pavimento.

En la siguiente tabla podemos observar un resumen de las variables usadas para el diseño de la estructura del pavimento de este proyecto:

**Tabla 41. Resumen de las variables para el diseño de pavimentos.**

| Datos             |            |
|-------------------|------------|
| W18               | 767872     |
| R                 | 90%        |
| Zr                | -1.282     |
| So                | 0.45       |
| $\Delta$ PSI      | 2.2        |
| MR capa asfáltica | 870227 psi |

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| MR base                     | 28500 psi |
| MR sub-base                 | 18500 psi |
| a1                          | 0.5618    |
| a2                          | 0.132     |
| a3                          | 0.13      |
| m1                          | 1         |
| m2                          | 0.8       |
| m3                          | 0.8       |
| Fuente: Elaboración propia. |           |

#### 4.8.8. Número estructural requerido por la capa asfáltica

$$\log(W_{18}) = Z_r * S_0 + 9,36 * \log(SN_1 + 1) - 0,20 + \left[ \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,50}\right)}{0,40 + \left(\frac{1094}{(SN_1 + 1)^{5,19}}\right)} \right] + 2,32$$

\*  $\log(M_r) - 8,07$

 BASE

$$SN_1 = 1.965$$

#### 4.8.9. Espesor de la capa asfáltica

$$h_1 = \frac{SN_1}{a_1} = \frac{1.965}{0.5618} = 3.5 \text{ pulg}$$

$$h_1 = 3.5 \text{ pulg}$$

$$SN_1^* = a_1 * h_1 = 0.5618 * 3.5 = 1.966$$

#### 4.8.10. Número estructural requerido por la base granular

$$\log(W_{18}) = Z_r * S_0 + 9,36 * \log(SN_2 + 1) - 0,20 + \left[ \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,50}\right)}{0,40 + \left(\frac{1094}{(SN_2 + 1)^{5,19}}\right)} \right] + 2,32$$

\*  $\log(M_r) - 8,07$

 SUB-BASE

$$SN_2 = 2.311$$

#### 4.8.11. Espesor de la base granular

$$h_2 = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 * m_2} = \frac{2.311 - 1.966}{0.13 * 0.8} = 3.3 \text{ } pulg$$

Se adopta el espesor mínimo recomendado en la tabla 38  $\rightarrow h_2 = 6 \text{ pulg}$

$$SN_2^* = a_2 * m_2 * h_2 + SN_1^* = 0.13 * 0.8 * 3.5 + 1.966 = 2.6$$

#### 4.8.12. Número estructural requerido por la sub-base granular

$$\log(W_{18}) = Z_r * S_0 + 9,36 * \log(SN_2 + 1) - 0,20 + \left[ \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,50}\right)}{0,40 + \left(\frac{1094}{(SN_1 + 1)^{5,19}}\right)} \right] + 2,32 * \log(M_r) - 8,07$$

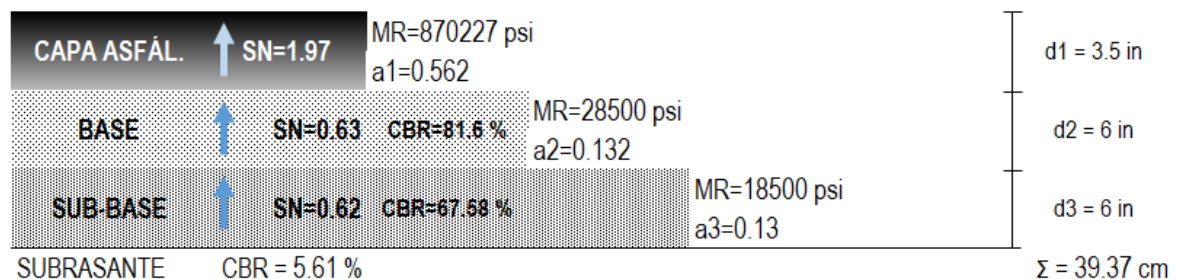
$$SN_3 = 3.068$$

#### 4.8.13. Espesor de la sub-base granular

$$h_3 = \frac{SN_3 - SN_2^*}{a_3 * m_3} = \frac{3.068 - 2.6}{0.13 * 0.8} = 4.5 \text{ pulg}$$

Se adopta el espesor mínimo recomendado en la tabla 38  $\rightarrow h_3 = 6 \text{ pulg}$

Ilustración 11. Resumen del diseño de la estructura del pavimento.



Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados obtenidos se puede realizar la siguiente comprobación:

Ilustración 12. Verificación SN requerido vs SN dispuesto.

|                                                                  |   |          |               |
|------------------------------------------------------------------|---|----------|---------------|
| $SN_{\text{final dispuesto}} \geq SN_{\text{requerido}}$         |   |          |               |
| $a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3 \geq SN_{\text{requerido}}$ |   |          |               |
| 3.22                                                             | ≥ | 3.07     | <b>CUMPLE</b> |
| Tráfico real soportado por la estructura dispuesta               |   | 1.07E+06 | → ESALs       |

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.8.14. Comprobación de los números estructurales mediante software

Como método de verificación para el cálculo de los números estructurales y los espesores de capa se ha hecho uso del software denominado “Ecuación AASHTO 93”:

Ilustración 13. Comprobación SN capa asfáltica.

Fuente: Software “Ecuación de la ASSHTO 93”.

Ilustración 14. Comprobación SN base.

**Ecuación AASHTO 93**

Tipo de Pavimento  
☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)  
 90 %  $Z_r = -1.282$  So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final  
 PSI inicial = 4.2 PSI final = 2

Módulo resiliente de la subrasante  
 Mr = 18500 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 - (Cd)

Tipo de Análisis  
☒ Calcular SN **W18 = 767872**  
☐ Calcular W18

Número Estructural  
**SN = 2.32**

Calcular Salir

Fuente: Software “Ecuación de la ASSHTO 93”.

Ilustración 15. Comprobación SN sub-base.

**Ecuación AASHTO 93**

Tipo de Pavimento  
☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)  
 90 %  $Z_r = -1.282$  So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final  
 PSI inicial = 4.2 PSI final = 2

Módulo resiliente de la subrasante  
 Mr = 8408 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 - (Cd)

Tipo de Análisis  
☒ Calcular SN **W18 = 767872**  
☐ Calcular W18

Número Estructural  
**SN = 3.07**

Calcular Salir

Fuente: Software “Ecuación de la ASSHTO 93”.

Ilustración 16. Resumen de la comprobación del diseño de pavimentos

Método AASHTO para el diseño de pavimentos (1993) por Luis R. Vásquez

---

**Método AASHTO para el diseño de pavimentos (1993)**

Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2006.

Tipo de pavimento: ☒ Flexible ☐ Rígido

Confiabilidad (R) y desviación estándar (So): 90 % Zr = - 1.282 So = 0.45 Ayuda

Serviciabilidades inicial y final: PSI inicial = 4.2 PSI final = 2 Ayuda

Tránsito de diseño: W18 = 767872

Pavimento flexible

| Capa | Módulo de elasticidad (psi) | Coefficiente de capa (ai) | Coefficiente de drenaje (mi) | SN necesario | Esesor D (plg.) | Esesor D* (plg.) | SN* dispuesto |
|------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|--------------|-----------------|------------------|---------------|
| 1    | 870227                      | ¿E/a?                     | 0.5629                       | 1.00         | ¿m?             | 1.97             | 3.50          |
| 2    | 28500                       | ¿E/a?                     | 0.132                        | 0.80         | ¿m?             | 2.32             | 3.31          |
| 3    | 18500                       | ¿E/a?                     | 0.13                         | 0.80         | ¿m?             | 3.07             | 4.48          |
| 4    | 8408                        | MR                        |                              |              |                 |                  | 3.23          |

W18 real: 1.07E+006

Cálculo de W18 para un SN

SN: W18:

☐ Quitar el control de variables

Salir

Fuente: Software “Método AASHTO para el diseño de pavimentos (1993) por Luis R Vásquez.

Ilustración 17. Resumen del informe obtenido del software

GUÍA AASHTO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS (1993)  
 Por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, Colombia. 2005.

PAVIMENTO FLEXIBLE

Confiabilidad : 90 % Zr = - 1.282  
 Desviación estándar (So) : 0.45  
 PSI inicial : 4.20  
 PSI final : 2.00  
 Tránsito de diseño (W18) : 7.679E+005  
 Módulo resiliente de la subrasante (Mr)-psi- : 8.408E+003

=====

| Capa | Módulo (psi) | a ( ) | m ( ) |
|------|--------------|-------|-------|
| 1    | 8.702e+005   | 0.56  | 1.00  |
| 2    | 2.850e+004   | 0.13  | 0.80  |
| 3    | 1.850e+004   | 0.13  | 0.80  |

=====

SN necesario: 3.07. SN dispuesto: 3.23

=====

| SN   | D (plg)  | D redon (plg) | D* (plg) | SN*  |
|------|----------|---------------|----------|------|
| 1.97 | 3.50E+00 | 3.50E+00      | 3.50E+00 | 1.97 |
| 2.32 | 3.31E+00 | 3.50E+00      | 6.00E+00 | 0.63 |
| 3.07 | 4.48E+00 | 4.50E+00      | 6.00E+00 | 0.62 |

=====

Tránsito real para la estructura dispuesta : 1.075E+006

Fuente: Software “Método AASHTO para el diseño de pavimentos (1993) por Luis R Vásquez.

#### **4.9 Diseño geométrico**

Para la definición de los parámetros geométricos de la vía rural objeto de estudio, se aplicaron los lineamientos establecidos por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP), específicamente los contenidos en la Tabla 42 de clasificación de vías según el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA). Esta normativa establece los rangos recomendables y absolutos para el diseño vial, abarcando tanto aspectos del alineamiento horizontal como vertical. Entre los parámetros considerados se encuentran: la velocidad de diseño, la velocidad de circulación, la distancia de visibilidad de parada y de rebase, el coeficiente de fricción lateral, el radio mínimo de curva, el grado de curvatura, el peralte, la tangente intermedia mínima, el sobreancho, las curvas verticales cóncavas y convexas, el gradiente máximo y mínimo, el ancho de carril, la pendiente transversal o bombeo, la inclinación de taludes, así como los anchos mínimos y recomendables de calzada. Todos estos elementos fueron definidos en concordancia con la categoría funcional de la vía, determinada a partir del TPDA proyectado.

Tabla 42. Valores de diseño recomendados para carreteras de dos carriles y caminos vecinales de construcción

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

Fuente: Ministerio de Transporte y obras Públicas

Según los cálculos de tránsito previamente realizados, el TPDA proyectado para la vía es de 722 vehículos/día, valor que la ubica dentro de la Clase III, correspondiente a vías con flujos entre 300-1000 vehículos por día. Para esta clase, la normativa establece una velocidad de diseño recomendable de 90 km/h, sin embargo, se decidió adoptar una velocidad más conservadora de 60 km/h. Esta decisión se fundamenta en las condiciones particulares de la vía, la cual es de una calzada con solo un carril por sentido, lo que incrementa los riesgos de operación a velocidades elevadas. Además, dado el uso agrícola predominante en la zona, es común la circulación de vehículos pesados y maquinaria de gran tamaño, lo que justifica aún más la necesidad de reducir la velocidad de diseño para garantizar maniobrabilidad, seguridad y adecuación al entorno funcional. En caso de requerirse una velocidad de diseño de 90 km/h, lo óptimo sería considerar el aumento del número de carriles y, por consiguiente, una modificación en la sección tipo, a fin de mejorar las condiciones de maniobrabilidad, seguridad y fluidez vehicular que permitan operar de forma segura a mayores velocidades.

Tras la implementación de la metodología de diseño geométrico, establecida en las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2003), se obtuvieron los siguientes resultados:

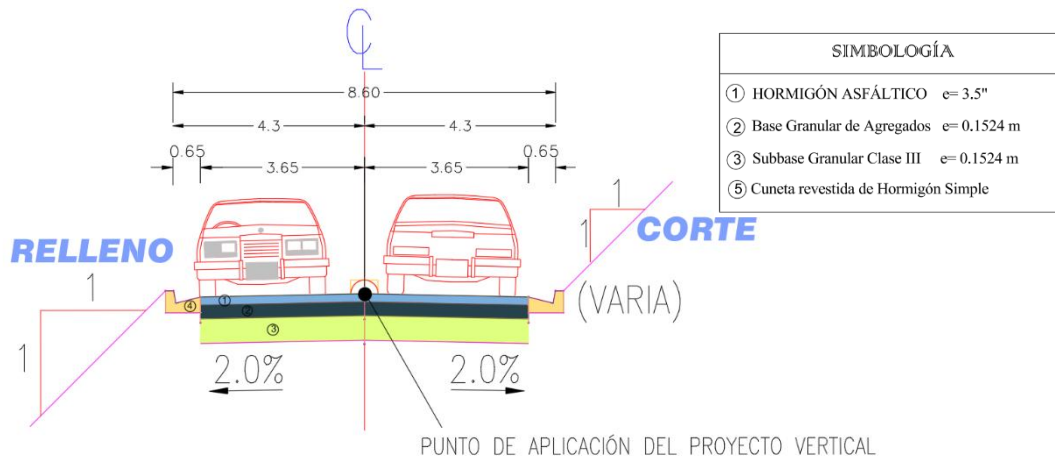
**Tabla 43. Resumen de las variables usadas en el diseño.**

| Diseño Geométrico Horizontal       |             | Diseño Geométrico vertical |             |
|------------------------------------|-------------|----------------------------|-------------|
| Velocidad de Diseño                | 60 km/h     |                            | <b>k</b>    |
| Velocidad de Circulación           | 55 km/h     | Curvas verticales convexas | 28          |
| Distancia de visibilidad de parada | 70 m        | Curvas verticales cóncavas | 24          |
| Distancia de rebasamiento          | 415 m (290) | Gradiente máxima           | 6%          |
| Coeficiente de fricción lateral    | 0.15        | Gradiente mínima           | 0.50%       |
| Radio mínimo                       | 135 m       | <b>Sección Transversal</b> |             |
| Grado de curvatura                 | 8°29'       | Ancho carril               | 7m          |
| Peralte                            | 6%          | Bombeo                     | 2%          |
| Tangente intermedia mínima         | 70          | Taludes                    | Corte 1:1   |
| Sobreechancho                      | 0.3 m       |                            | Relleno 1:1 |

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la ilustración 18 La sección transversal propuesta considera una calzada de 8.60 metros de ancho, que incluye dos carriles de 3.65 m cada uno (uno en cada sentido) y cunetas laterales de 0.65 m, configurados con una pendiente transversal (bombeo) de 2% hacia ambos lados del eje, lo cual asegura un adecuado drenaje superficial y seguridad en la operación del camino, incluso en zonas de visibilidad limitada o en curvas.

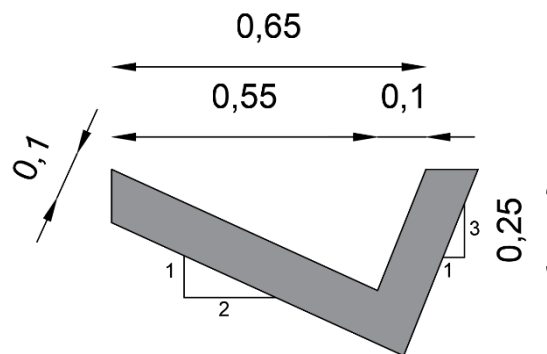
Ilustración 18. Sección transversal de la vía



Fuente: Elaboración propia.

Se ha seleccionado una cuneta de sección triangular con revestimiento de hormigón. Esta tipología ha sido elegida por su eficiencia hidráulica, ya que permite el escurrimiento de caudales con velocidades relativamente altas sin comprometer la estabilidad del cauce, minimizando así el riesgo de erosión del lecho y los taludes. El uso de revestimiento rígido, como el hormigón, garantiza durabilidad, reduce los requerimientos de mantenimiento y mejora el comportamiento estructural ante solicitaciones hidráulicas variables. A continuación, se detalla la geometría de la cuneta diseñada para el sistema de drenaje longitudinal del proyecto vial.

Ilustración 19. Diseño de cuneta



Fuente: Elaboración propia.

La elaboración de los planos y el trazado geométrico de la vía en el software AutoCAD Civil 3D se realizó a partir de los datos obtenidos en el levantamiento topográfico del terreno. Esta información, compuesta por coordenadas, cotas y detalles del relieve, fue procesada para generar un modelo digital del terreno (MDT), que permitió definir con

precisión el alineamiento horizontal y vertical de la vía. A partir de este modelo, se desarrollaron perfiles longitudinales, secciones transversales y el diseño de la rasante, los cuales sirvieron como base para la elaboración de los planos constructivos y la obtención de las cantidades de obra.

A continuación, se presentan los planos técnicos elaborados, en los cuales se refleja la aplicación detallada de los parámetros geométricos definidos, cumpliendo con los criterios de funcionalidad, seguridad y adaptabilidad para una vía rural de doble sentido con un volumen de tránsito moderado, además, también se presenta los volúmenes de movimiento de tierras correspondientes en el Anexo 7.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- La revisión bibliográfica y normativa permitió identificar los parámetros técnicos más relevantes para el diseño geométrico de vías rurales, tomando como referencia principal los lineamientos establecidos por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) y la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12. Así mismo, este análisis permitió determinar que la metodología más adecuada para el diseño estructural del pavimento en este tipo de proyectos corresponde al método AASHTO 93, dado su enfoque integral en la evaluación del tránsito, características del suelo y niveles de serviciabilidad esperados
- A través de los estudios técnicos realizados, entre ellos el levantamiento topográfico, los ensayos de laboratorio del suelo y los aforos vehiculares, se diagnosticó de manera integral el estado actual del tramo Al Quemado (0+000 a 3+187). El levantamiento permitió identificar deficiencias geométricas, como pendientes inadecuadas y curvas con radios menores a los mínimos establecidos por la normativa, lo cual compromete la funcionalidad y seguridad vial, especialmente en temporada invernal.

Mediante el aforo vehicular se determinó un TPDA de 722 vehículos/día, proyectado a 20 años, obteniendo una carga acumulada de  $7.68 \times 10^5$  ESALs, que representa la demanda estructural que la vía deberá soportar. Por su parte, los ensayos de laboratorio evidenciaron que la subrasante está compuesta principalmente por suelos de tipo arcilloso (ML) y arenoso (SM-SP), con una capacidad portante limitada, reflejada en un CBR promedio de 5.61 %, clasificándola como “muy mala” según los criterios de la NEVI-12. Esta descompensación entre la demanda futura y la resistencia actual del suelo justifica la necesidad de una estructura de pavimento que garantice un comportamiento funcional y duradero a lo largo del periodo de diseño.

- En respuesta a las deficiencias identificadas durante la evaluación técnica, se planteó una solución integral que abarca tanto el diseño estructural como el geométrico del tramo vial. En lo estructural, se optó por un pavimento flexible, en función de las características del terreno y del tránsito proyectado. Esta elección se sustenta en el bajo comportamiento mecánico de la subrasante, con un CBR promedio de 5.61 %,

lo que hace más recomendable el uso de estructuras flexibles por su capacidad de adaptación a suelos débiles. Además, el volumen de tránsito identificado no justifica una inversión en pavimentos rígidos. Dado que se trata de una vía rural de bajo volumen con restricciones presupuestarias y necesidad de mantenimiento progresivo, el pavimento flexible constituye una alternativa eficiente, alineada con las recomendaciones de la Norma NEVI-12.

El paquete estructural propuesto está conformado por 3.5 pulgadas (8.89 cm) de carpeta asfáltica, 15.24 cm de base granular y 15.24 cm de subbase, asegurando la capacidad portante requerida y una vida útil acorde al horizonte de diseño. Desde el punto de vista geométrico, el nuevo trazado considera una velocidad de diseño de 60 km/h, coherente con la clasificación funcional de la vía y las condiciones topográficas del entorno. Se corrigieron las pendientes excesivas y se rediseñaron las curvas horizontales, incorporando radios mínimos de hasta 135 m, lo que mejora significativamente la seguridad vial y la comodidad de circulación para los usuarios.

- Se logró integrar adecuadamente los resultados de campo con herramientas tecnológicas como Autocad Civil 3D, lo cual facilitó la obtención precisa de perfiles, secciones y cubicaciones. Esta sinergia entre lo técnico y lo digital permitió desarrollar una propuesta integral de trazado geométrico que mejora significativamente las condiciones de transitabilidad y promueve el desarrollo productivo del sector rural.
- Finalmente, el proyecto no solo responde a necesidades técnicas, sino también sociales y económicas. Al mejorar las condiciones de la vía Al Quemado, se favorece la conectividad rural, se optimiza el transporte de productos agrícolas y se fortalece el vínculo entre la zona productiva y la cabecera cantonal de Santa Rosa.

## **Recomendaciones**

- Complementar el diseño con un estudio hidrológico detallado, debido a la presencia de pequeños cauces que, en temporada invernal, generan escorrentías que han afectado históricamente la vía. Este análisis permitirá definir obras de drenaje adecuadas que prevengan erosiones y socavamientos.
- Realizar una evaluación de la señalización vertical y horizontal existente, así como una propuesta de señalización completa acorde con la NEVI-12, a fin de garantizar la seguridad vial en condiciones de visibilidad adversa y durante el tránsito nocturno.
- Incorporar estudios ambientales y simulaciones de tráfico en futuras investigaciones, con el fin de evaluar los posibles impactos sobre el entorno y validar los escenarios de crecimiento vehicular mediante modelos de simulación, lo que reforzaría la planificación a largo plazo.
- Elaborar un presupuesto referencial y un cronograma de ejecución de obra, con base en los volúmenes de movimiento de tierra y las cantidades de obra obtenidas, para facilitar la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes en caso de implementación del proyecto.
- Diseñar un sistema de monitoreo y evaluación del desempeño vial, basado en indicadores clave como deterioro superficial, tiempos de viaje y nivel de servicio, que permita realizar ajustes técnicos futuros y planificar mantenimientos preventivos de manera oportuna.
- Gestionar un mayor respaldo institucional para trabajos futuros, especialmente en zonas rurales, donde el levantamiento de información en campo puede verse limitado por la falta de autorización de propietarios privados. La participación de autoridades locales facilitaría el acceso a predios y permitiría obtener fajas topográficas más amplias y precisas para posibles ampliaciones de vía.

## BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO. (1993). *Guía para el diseño de estructuras de pavimento* (2nd ed.).
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica* (6th ed.).
- Barreto, S., Banguera, J., & Córdova, J. (2018). Análisis comparativo de Ejes Equivalentes obtenidos mediante método Aashto 93 y los proporcionados por pesaje en balanza fija de vehículos. *Universidad y Sociedad*, 10(1). <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>
- Cantisani, G., & Del Serrone, G. (2020). Procedure for the Identification of Existing Roads Alignment from Georeferenced Points Database. *Infrastructures*, 6(1), 2. <https://doi.org/10.3390/infrastructures6010002>
- Caro, S., & Caicedo, B. (2017). Tecnologías para vías terciarias: perspectivas y experiencias desde la academia. *Revista de Ingeniería*, 45(45), 12–21. <https://doi.org/10.16924/revinge.45.3>
- Castro, G., & Castro, L. (2020). Aplicación práctica del método AASHTO-93 para el diseño de pavimento rígido. *Polo Del Conocimiento*, 5(09), 640–663. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i9.1717>
- Galarza, G., Gaona, C., Romero, E., & Sánchez, C. (2024). Procedure for the evaluation of the geometric design of mountain roads, with a focus on safety. *Revista Ciencia y Construcción*, 5(2). <https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/view/233>
- García-Ramírez, Y. D., & Alverca, F. (2019). Calibración de ecuaciones de velocidades de operación en carreteras rurales montañosas de dos carriles: caso de estudio ecuatoriano. *Revista Politécnica*, 43(2), 37–44. <https://doi.org/10.33333/rp.vol43n2.1012>
- García-Ramírez, Y., Zárate, B., Segarra, S., & Gonzalez, J. (2017). Variación diaria y horaria de la velocidad de operación en carreteras rurales de dos carriles en el cantón Loja. *Revista Politécnica*, 40(1).

- Garnaik, M. M., Giri, J. P., & Panda, A. (2023). Impact of highway design on traffic safety: How geometric elements affect accident risk. *Ecocycles*, 9(1), 83–92. <https://doi.org/10.19040/ecocycles.v9i1.263>
- Gil-Mora, J. E., & Sosa-Aguirre, B. (2021). Medidas correctivas a los impactos ambientales en la carretera Cusco Quillabamba: Tramo Abra de Málaga-Alfamayo. *Ambiente, Comportamiento y Sociedad*, 4(2), 31–73. <https://doi.org/10.51343/racs.v4i2.831>
- Gobierno Autónomo descentralizado. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Santa Rosa 2019-2023*.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de El Oro. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de El Oro*. <https://www.eloro.gob.ec/>
- González, J., León, B., Sánchez, C., & Medina, Y. (2023). Methodology for the sustainable geometric design Of road axes in inter-cantonal roads. *Revista Ciencia y Construcción*, 4(3), 30–44.
- Hernández-Rodríguez, A. A., Argüelles-Pascual, V., & Palacios, R. H. (2021). Métodos empíricos de la investigación. *Publicación Semestral*, 9(17), 33–34. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/huejutla/issue/archive>
- Higuera, C. (2011). *Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras* (1st ed., Vol. 2). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Lopes, E., Menezes, R., & Silva, T. (2019). Comparative study of software for road geometric design. *Acta Scientiarum*, 41. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v41i1.36959>
- Maghrour Zefreh, M., & Török, Á. (2020). Distribution of traffic speed in different traffic conditions: An empirical study in budapest. *Transport*, 35(1), 68–86. <https://doi.org/10.3846/transport.2019.11725>
- Maher, J., & Ebrahimi, S. (2019). Experimental and theoretical study of pavements in the base and sub-base course in single-layer and multi-layer. *International Journal of*

- Engineering and Technology*, 11(1), 102–109.  
<https://doi.org/10.21817/ijet/2019/v11i1/191101060>
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2002). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes*.
- Ministerio de Transporte y Obras públicas del Ecuador. (2013). *Norma Ecuatoriana Vial (NEVI-12): Norma para estudios y diseños viales*. (Vol. 2A).
- Montaño De León, J. A., Zúñiga De León, D., & Rodriguez Esparza, A. (2015). Consideraciones, procedimientos y conceptos para la realización de un proyecto geométrico de carreteras. *CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica*, 12(57), 42–52. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7137425>
- Mora L., O., Murillo A., M., Rosania A., T., Castañeda A., A., Pinto C., R., & Padilla M., A. (2020). Analysis of CBR design value selection methods on flexible pavement design: Colombia case study. *International Journal of Engineering & Technology*, 9(2), 509–514. <https://doi.org/10.14419/ijet.v9i2.30628>
- Muhammed, A. Y., Sulaiman, S., Bello, S., Abdulkadir, H., & Baba, S. U. (2023). Resilient infrastructure: Impacts of roads on population and economic growth in Kaduna metropolis, Kaduna state, Nigeria. *Fudma Journal of Sciences*, 7(3), 127–132. <https://doi.org/10.33003/fjs-2023-0703-1856>
- Narvaez, L. (2017). Vías terciarias: Motor del desarrollo económico rural. *Revista de Ingeniería*, 47(45), 80–87. <https://doi.org/10.16924/revinge.45.11>
- Navarro, E. (2023). *Diseño geométrico de la vía Arenillas-Intersección Ingreso La Cuca, cantón Arenillas* [Trabajo de titulación]. Universidad Técnica de Machala.
- Oñate-Bastidas, C. E., & Calero-Valenzuela, C. A. (2023). Parámetros que definen la velocidad de diseño de carreteras en terreno ondulado. *Respuestas*, 28(2). <https://doi.org/10.22463/0122820x.2792>
- Paikun, P., Andriani SP, R. W., Destaman, F., & Winardi, D. (2021). Road geometric feasibility in road Sagaranten-Tegalbuleud Km.BDG 175 + 100. *ASTONJADRO*, 10(1), 117–134. <https://doi.org/10.32832/astonjadro.v10i1>

- Paladines, B., Oyola, E., Carrión, L., & Romero, E. (2022). Design and geometric layout of Benalcázar street in the city of Huaquillas. *Revista Ciencia y Construcción*, 3(4), 55–64.
- Peñafiel, J., Pavón, P., & Medina, Y. (2022). Análisis de la capacidad vial y nivel de servicio de las vías de ingreso De la ciudad de Machala. *Revista Ciencia y Construcción*, 3(4), 65–76.
- Reyes, P., Oyola, E., Carrión, L., & Romero, E. (2022). Diseño y trazado geométrico delacalle Benalcázar en la ciudad de Huaquillas. *Revista Ciencia y Construcción*, 3(4), 55–64.
- Rodriguez, Y., García, R., & Gálvez, L. E. (2023). Procedimiento para determinar la velocidad promedio de viaje en carreteras rurales de dos carriles, Cuba. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 17(1).  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8977779>
- Rogel, B., Oyola, E., Carrión, L., & Romero, E. (2023). Ampliación y diseño geométrico de la vía alterna S/N, que comprende desde el sitio El Corral Viejo hasta la parroquia El Retiro. *Revista Ciencia y Construcción*, 4(2).  
<https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/view/148>
- Surichaqui, F., Manrique, A., Ore, M., & Quichca, W. (2023). Estudio comparativo del diseño geométrico de carretera con levantamiento topográfico (estación total, modelo digital Google-earth), en la provincia de Angaraes. *Revista Científica Ciencias Ingenieriles*, 3(1), 01–10. <https://doi.org/10.54943/ricci.v3i1.220>
- Vásquez, J., Sánchez, Y., Mendieta, C., & Carrion, L. (2023). Modelo De Optimización De Estructuras Viales. *Revista Ciencia y Construcción*, 4(2), 6–15.
- Virsis, E., Paeglitis, A., & Zarins, A. (2020). Road design on low bearing capacity soils. *Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 15(3), 19–33.  
<https://doi.org/10.7250/bjrbe.2020-15.481>
- Vivek Gajanan Sukalkar, Kunal Pawar, & Dr. P. L. Naktode. (2022). A Study and Design of Two Lane with Paved Shoulder in Green Filed Corridor, By Using Civil 3D.

- International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology*, 202–211. <https://doi.org/10.32628/ijrsrset229347>
- Wang, C., Quddus, M. A., & Ison, S. G. (2013). The effect of traffic and road characteristics on road safety: A review and future research direction. *Safety Science*, 57, 264–275. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.02.012>
- Yu, L., Peifeng, S., Miaomiao, L., Zhanping, Y., & Mohan, Z. (2020). Review on evolution and evaluation of asphalt pavement structures and materials. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 7(5), 573–599. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2020.05.003>
- Zhangallimbay, D., & Ordoñez, M. (2022). Eficiencia en la producción agrícola: un análisis del efecto de la construcción de carreteras en zonas productivas del Ecuador. *Revista Cuestiones Económicas*, 32(1), 60–78. <https://doi.org/10.47550/RCE/32.1.3>

## ANEXOS

**Anexo 1: Tabla de registro de puntos topográficos**

| PUNTO | NORTE       | ESTE       | ELEVACIÓN | DESCRIPCIÓN |
|-------|-------------|------------|-----------|-------------|
| 1     | 9617450.19  | 617565.306 | 20        | NO          |
| 2     | 9617465.689 | 617555.613 | 20        | REF 1       |
| 3     | 9617467.532 | 617554.46  | 20.018    | REF 2       |
| 4     | 9617467.538 | 617554.456 | 20.018    | TOPO        |
| 5     | 9617422.965 | 617571.916 | 20.487    | ASFALTO     |
| 6     | 9617412.361 | 617576.707 | 20.315    | ASFALTO     |
| 7     | 9617413.035 | 617577.641 | 20.497    | LIND        |
| 8     | 9617416.938 | 617583.107 | 20.364    | LIND POSTE  |
| 9     | 9617417.778 | 617585.083 | 20.23     | TOPO        |
| 10    | 9617429.627 | 617578.395 | 19.907    | ASFALTO     |
| 11    | 9617428.77  | 617576.826 | 19.948    | ASFALTO     |
| 12    | 9617428.581 | 617576.268 | 20.228    | TOPO        |
| 13    | 9617425.84  | 617570.276 | 20.448    | TOPO        |
| 14    | 9617424.872 | 617568.88  | 20.288    | ASFALTO     |
| 15    | 9617435.339 | 617562.885 | 20.198    | ASFALTO     |
| 16    | 9617436.419 | 617564.193 | 20.336    | TOPO        |
| 17    | 9617439.839 | 617569.828 | 20.152    | LIND        |
| 18    | 9617440.113 | 617570.291 | 20.001    | TOPO        |
| 19    | 9617440.796 | 617571.949 | 19.897    | ASFALTO     |
| 20    | 9617451.622 | 617553.635 | 19.922    | ASFALTO     |
| 21    | 9617452.416 | 617555.121 | 20.167    | LIND        |
| 22    | 9617456.085 | 617560.99  | 20.024    | LIND        |

|    |             |            |        |         |
|----|-------------|------------|--------|---------|
| 23 | 9617458.463 | 617564.1   | 19.442 | TOPO    |
| 24 | 9617474.752 | 617556.544 | 19.114 | ASFALTO |
| 25 | 9617473.848 | 617554.136 | 19.579 | ASFALTO |
| 26 | 9617472.766 | 617552.042 | 20.007 | TOPO    |
| 27 | 9617469.751 | 617546.09  | 20.168 | VIA     |
| 28 | 9617469.089 | 617544.336 | 19.924 | VIA     |
| 29 | 9617457.997 | 617559.912 | 20.002 | VIA     |
| 30 | 9617456.169 | 617562.683 | 19.883 | LIND    |
| 31 | 9617454.549 | 617566.978 | 19.791 | LIND    |
| 32 | 9617456.739 | 617566.963 | 19.445 | VIA     |
| 33 | 9617457.355 | 617573.138 | 19.556 | VIA     |
| 34 | 9617455.057 | 617573.33  | 19.653 | LIND    |
| 35 | 9617449.772 | 617575.298 | 19.528 | LIND    |
| 36 | 9617448.59  | 617575.959 | 19.411 | VIA     |
| 37 | 9617446.906 | 617571.837 | 19.59  | VIA     |
| 38 | 9617448.108 | 617570.353 | 19.796 | ASFALTO |
| 39 | 9617446.437 | 617568.352 | 19.923 | LIND    |
| 40 | 9617443.848 | 617567.508 | 20.122 | VIA     |
| 41 | 9617460.357 | 617586.466 | 19.51  | VIA     |
| 42 | 9617458.243 | 617586.921 | 19.496 | LIND    |
| 43 | 9617453.97  | 617588.643 | 19.533 | LIND    |
| 44 | 9617452.535 | 617589.584 | 19.443 | VIA     |
| 45 | 9617455.96  | 617603.6   | 19.489 | VIA     |
| 46 | 9617457.676 | 617603.274 | 19.498 | LIND    |
| 47 | 9617461.916 | 617603.267 | 19.494 | LIND    |
| 48 | 9617463.845 | 617602.767 | 19.659 | VIA     |

|    |             |            |        |        |
|----|-------------|------------|--------|--------|
| 49 | 9617467.926 | 617620.021 | 19.447 | VIA    |
| 50 | 9617465.955 | 617620.531 | 19.39  | LIND   |
| 51 | 9617462.019 | 617621.318 | 19.423 | PI 2   |
| 52 | 9617460.387 | 617621.37  | 19.259 | PI 1AT |
| 53 | 9617470.777 | 617646.646 | 19.415 | LIND   |
| 54 | 9617450.189 | 617565.304 | 20.003 | VIA    |
| 55 | 9617471.365 | 617635.796 | 19.399 | VIA    |
| 56 | 9617469.243 | 617636.456 | 19.376 | LIND   |
| 57 | 9617465.331 | 617637.578 | 19.342 | LIND   |
| 58 | 9617464.022 | 617637.705 | 19.315 | VIA    |
| 59 | 9617476.601 | 617654.852 | 19.491 | VIA    |
| 60 | 9617474.018 | 617655.683 | 19.35  | LIND   |
| 61 | 9617469.592 | 617656.608 | 19.323 | LIND   |
| 62 | 9617468.591 | 617656.913 | 19.372 | VIA    |
| 63 | 9617479.968 | 617670.924 | 19.376 | VIA    |
| 64 | 9617478.03  | 617671.125 | 19.405 | LIND   |
| 65 | 9617473.609 | 617672.163 | 19.389 | POSTE  |
| 66 | 9617472.516 | 617672.621 | 19.391 | VIA    |
| 67 | 9617483.354 | 617685.716 | 19.524 | VIA    |
| 68 | 9617481.273 | 617686.022 | 19.488 | LIND   |
| 69 | 9617477.329 | 617686.887 | 19.413 | LIND   |
| 70 | 9617476.293 | 617687.102 | 19.454 | VIA    |
| 71 | 9617486.856 | 617701.027 | 19.507 | VIA    |
| 72 | 9617485.162 | 617701.512 | 19.53  | LIND   |
| 73 | 9617480.84  | 617702.428 | 19.491 | LIND   |
| 74 | 9617479.806 | 617702.707 | 19.509 | VIA    |

|     |             |            |        |        |
|-----|-------------|------------|--------|--------|
| 75  | 9617490.53  | 617716.124 | 19.544 | VIA    |
| 76  | 9617488.598 | 617716.692 | 19.587 | VIA    |
| 77  | 9617483.939 | 617717.498 | 19.505 | LIND   |
| 78  | 9617482.788 | 617717.873 | 19.516 | VIA    |
| 79  | 9617493.962 | 617731.444 | 19.498 | VIA    |
| 80  | 9617491.953 | 617731.654 | 19.571 | LIND   |
| 81  | 9617487.663 | 617732.824 | 19.527 | PI 3   |
| 82  | 9617486.338 | 617732.575 | 19.522 | PI 2AT |
| 83  | 9617504.09  | 617784.374 | 19.848 | LIND   |
| 84  | 9617470.777 | 617646.651 | 19.414 | VIA    |
| 85  | 9617500.245 | 617758.105 | 19.596 | VIA    |
| 86  | 9617498.448 | 617758.768 | 19.616 | LIND   |
| 87  | 9617494.341 | 617760.207 | 19.66  | LIND   |
| 88  | 9617493.091 | 617760.453 | 19.736 | VIA    |
| 89  | 9617504.361 | 617776.036 | 19.671 | VIA    |
| 90  | 9617502.444 | 617776.77  | 19.758 | LIND   |
| 91  | 9617498.371 | 617777.443 | 19.74  | LIND   |
| 92  | 9617496.862 | 617777.524 | 19.794 | VIA    |
| 93  | 9617507.874 | 617790.841 | 19.811 | VIA    |
| 94  | 9617506.253 | 617791.234 | 19.874 | LIND   |
| 95  | 9617502.053 | 617792.17  | 19.877 | LIND   |
| 96  | 9617500.584 | 617792.612 | 19.752 | VIA    |
| 97  | 9617504.584 | 617807.942 | 19.598 | VIA    |
| 98  | 9617505.691 | 617807.343 | 19.839 | LIND   |
| 99  | 9617509.666 | 617806.5   | 19.777 | LIND   |
| 100 | 9617511.069 | 617806.058 | 19.804 | VIA    |

|     |             |            |        |        |
|-----|-------------|------------|--------|--------|
| 101 | 9617508.717 | 617823.928 | 19.73  | VIA    |
| 102 | 9617509.636 | 617823.546 | 19.884 | LIND   |
| 103 | 9617513.379 | 617822.572 | 19.903 | LIND   |
| 104 | 9617514.943 | 617821.616 | 20.113 | VIA    |
| 105 | 9617511.646 | 617838.115 | 19.541 | VIA    |
| 106 | 9617512.718 | 617837.869 | 19.75  | LIND   |
| 107 | 9617516.79  | 617836.909 | 19.852 | VIA    |
| 108 | 9617518.534 | 617836.015 | 19.925 | VIA    |
| 109 | 9617515.452 | 617852.059 | 19.779 | LIND   |
| 110 | 9617519.997 | 617850.568 | 19.868 | PI 4   |
| 111 | 9617522.173 | 617850.163 | 20.306 | PI 3AT |
| 112 | 9617527.011 | 617884.484 | 19.628 | LIND   |
| 113 | 9617504.093 | 617784.37  | 19.847 | VIA    |
| 114 | 9617518.155 | 617865.938 | 19.664 | VIA    |
| 115 | 9617519.263 | 617865.533 | 19.796 | LIND   |
| 116 | 9617523.201 | 617864.81  | 19.867 | LIND   |
| 117 | 9617525.314 | 617864.642 | 19.953 | VIA    |
| 118 | 9617521.675 | 617880.133 | 19.778 | VIA    |
| 119 | 9617522.954 | 617879.619 | 19.659 | LIND   |
| 120 | 9617525.896 | 617879.175 | 19.633 | POSTE  |
| 121 | 9617528.053 | 617879.208 | 19.972 | LIND   |
| 122 | 9617528.752 | 617880.625 | 19.801 | VIA    |
| 123 | 9617526.74  | 617900.307 | 19.469 | VIA    |
| 124 | 9617527.573 | 617899.826 | 19.638 | TOPO   |
| 125 | 9617531.037 | 617900.111 | 19.698 | LIND   |
| 126 | 9617532.341 | 617899.753 | 19.582 | LIND   |

|     |             |            |        |        |
|-----|-------------|------------|--------|--------|
| 127 | 9617533.353 | 617899.105 | 20.071 | VIA    |
| 128 | 9617530.549 | 617917.017 | 20.463 | VIA    |
| 129 | 9617531.273 | 617916.39  | 19.651 | TOPO   |
| 130 | 9617534.974 | 617915.878 | 19.713 | LIND   |
| 131 | 9617535.956 | 617915.835 | 19.393 | LIND   |
| 132 | 9617537.229 | 617915.486 | 19.947 | VIA    |
| 133 | 9617532.132 | 617925.788 | 19.43  | VIA    |
| 134 | 9617533.472 | 617925.299 | 19.663 | TOPO   |
| 135 | 9617537.104 | 617924.132 | 19.663 | LIND   |
| 136 | 9617537.932 | 617924.179 | 19.413 | VIA    |
| 137 | 9617538.881 | 617923.551 | 19.971 | VIA    |
| 138 | 9617540.941 | 617941.979 | 19.632 | PI 5   |
| 139 | 9617537.418 | 617943.179 | 19.6   | PI 6   |
| 140 | 9617549.447 | 617978.835 | 19.626 | PI 6AD |
| 141 | 9617569.008 | 618077.785 | 19.101 | LIND   |
| 142 | 9617569.009 | 618077.787 | 19.103 | VIA    |
| 143 | 9617546.93  | 617957.95  | 19.614 | VIA    |
| 144 | 9617545.078 | 617958.545 | 19.661 | LIND   |
| 145 | 9617541.223 | 617959.338 | 19.65  | LIND   |
| 146 | 9617540.128 | 617959.762 | 19.615 | VIA    |
| 147 | 9617543.454 | 617976.922 | 19.601 | VIA    |
| 148 | 9617544.989 | 617976.9   | 19.631 | LIND   |
| 149 | 9617549.365 | 617976.019 | 19.596 | POSTE  |
| 150 | 9617550.929 | 617975.51  | 19.803 | LIND   |
| 151 | 9617551.407 | 617978.263 | 19.684 | VIA    |
| 152 | 9617549.786 | 617999.113 | 19.477 | VIA    |

|     |             |            |        |        |
|-----|-------------|------------|--------|--------|
| 153 | 9617550.541 | 617998.958 | 19.536 | TOPO   |
| 154 | 9617553.501 | 617998.697 | 19.524 | LIND   |
| 155 | 9617555.259 | 617998.326 | 20.17  | LIND   |
| 156 | 9617556.01  | 617997.977 | 20.351 | VIA    |
| 157 | 9617555.864 | 618030.1   | 19.358 | LIND   |
| 158 | 9617557.289 | 618030.121 | 19.319 | VIA    |
| 159 | 9617561.719 | 618055.91  | 19.349 | PI 5AT |
| 160 | 9617563.849 | 618055.117 | 19.3   | VIA    |
| 161 | 9617549.445 | 617978.832 | 19.629 | TOPO   |
| 162 | 9617561.439 | 618029.46  | 19.286 | LIND   |
| 163 | 9617562.183 | 618027.76  | 19.267 | LIND   |
| 164 | 9617562.841 | 618027.169 | 19.719 | VIA    |
| 165 | 9617569.795 | 618054.915 | 19.425 | VIA    |
| 166 | 9617567.679 | 618054.877 | 19.266 | LIND   |
| 167 | 9617564.126 | 618055.434 | 19.319 | LIND   |
| 168 | 9617564.089 | 618063.778 | 19.245 | LIND   |
| 169 | 9617572.305 | 618066.231 | 19.284 | POSTE  |
| 170 | 9617574.703 | 618075.879 | 19.275 | VIA    |
| 171 | 9617574.403 | 618075.808 | 19.261 | VIA    |
| 172 | 9617573.888 | 618076.52  | 19.035 | LIND   |
| 173 | 9617568.516 | 618076.866 | 19.083 | LIND   |
| 174 | 9617567.77  | 618077.126 | 19.268 | VIA    |
| 175 | 9617572.538 | 618094.387 | 19.176 | VIA    |
| 176 | 9617573.334 | 618094.178 | 19.049 | LIND   |
| 177 | 9617577.298 | 618093.006 | 19.105 | LIND   |
| 178 | 9617578.807 | 618092.804 | 19.132 | VIA    |

|     |             |            |        |        |
|-----|-------------|------------|--------|--------|
| 179 | 9617577.228 | 618111.571 | 19.083 | VIA    |
| 180 | 9617578.257 | 618111.247 | 18.992 | LIND   |
| 181 | 9617581.951 | 618110.263 | 18.972 | LIND   |
| 182 | 9617583.06  | 618110.197 | 19.297 | VIA    |
| 183 | 9617586.889 | 618125.167 | 19.203 | VIA    |
| 184 | 9617586.053 | 618125.215 | 18.925 | LIND   |
| 185 | 9617581.697 | 618126.315 | 19.064 | LIND   |
| 186 | 9617581.243 | 618126.439 | 19.087 | TOPO   |
| 187 | 9617590.818 | 618160.632 | 19.22  | VIA    |
| 188 | 9617592.664 | 618160.052 | 18.81  | LIND   |
| 189 | 9617593.185 | 618159.527 | 18.96  | VIA    |
| 190 | 9617591.053 | 618138.703 | 19.037 | VIA    |
| 191 | 9617590.372 | 618138.892 | 18.846 | LIND   |
| 192 | 9617585.757 | 618140.254 | 19.102 | LIND   |
| 193 | 9617585.096 | 618140.476 | 19.169 | VIA    |
| 194 | 9617587.272 | 618148.23  | 19.193 | VIA    |
| 195 | 9617588.141 | 618147.94  | 19.051 | LIND   |
| 196 | 9617593.18  | 618146.362 | 18.847 | PI 7   |
| 197 | 9617594.042 | 618145.95  | 19.109 | PI 6AT |
| 198 | 9617591.588 | 618159.333 | 18.915 | VIA    |
| 199 | 9617569.009 | 618077.785 | 19.101 | LIND   |
| 200 | 9617597.737 | 618155.094 | 18.917 | LIND   |
| 201 | 9617599.118 | 618154.297 | 19.104 | VIA    |
| 202 | 9617609.063 | 618166.994 | 19.209 | VIA    |
| 203 | 9617607.753 | 618167.972 | 18.733 | POSTE  |
| 204 | 9617601.947 | 618172.201 | 18.907 | LIND   |

|     |             |            |        |       |
|-----|-------------|------------|--------|-------|
| 205 | 9617601.011 | 618172.923 | 18.974 | LIND  |
| 206 | 9617600.771 | 618173.026 | 19.002 | VIA   |
| 207 | 9617611.852 | 618186.32  | 18.851 | VIA   |
| 208 | 9617612.494 | 618185.678 | 18.821 | LIND  |
| 209 | 9617617.878 | 618181.51  | 18.813 | LIND  |
| 210 | 9617619.64  | 618180.159 | 19.158 | VIA   |
| 211 | 9617632.099 | 618195.718 | 18.816 | VIA   |
| 212 | 9617630.467 | 618197.156 | 18.749 | LIND  |
| 213 | 9617625.49  | 618200.993 | 18.756 | LIND  |
| 214 | 9617624.711 | 618201.669 | 18.777 | VIA   |
| 215 | 9617636.22  | 618215.506 | 18.814 | VIA   |
| 216 | 9617637.103 | 618214.781 | 18.771 | LIND  |
| 217 | 9617641.925 | 618211.031 | 18.768 | LIND  |
| 218 | 9617643.662 | 618209.847 | 18.93  | VIA   |
| 219 | 9617656.249 | 618225.262 | 19.046 | VIA   |
| 220 | 9617654.796 | 618226.394 | 18.799 | LIND  |
| 221 | 9617649.65  | 618230.257 | 18.861 | LIND  |
| 222 | 9617648.965 | 618230.797 | 18.891 | VIA   |
| 223 | 9617662.867 | 618247.437 | 18.816 | VIA   |
| 224 | 9617663.858 | 618246.755 | 18.816 | LIND  |
| 225 | 9617668.915 | 618243.276 | 18.842 | POSTE |
| 226 | 9617670.113 | 618242.268 | 18.967 | LIND  |
| 227 | 9617671.17  | 618244.373 | 19.012 | VIA   |
| 228 | 9617682.641 | 618257.543 | 19.049 | VIA   |
| 229 | 9617681.241 | 618258.675 | 18.814 | LIND  |
| 230 | 9617676.664 | 618262.059 | 18.712 | LIND  |

|     |             |            |        |       |
|-----|-------------|------------|--------|-------|
| 231 | 9617675.71  | 618262.915 | 18.834 | VIA   |
| 232 | 9617687.761 | 618277.379 | 18.827 | VIA   |
| 233 | 9617688.583 | 618276.513 | 18.785 | LIND  |
| 234 | 9617693.034 | 618273.138 | 18.887 | LIND  |
| 235 | 9617694.536 | 618272.136 | 19.053 | TOPO  |
| 236 | 9617706.364 | 618286.599 | 18.94  | VIA   |
| 237 | 9617705.264 | 618287.114 | 18.881 | VIA   |
| 238 | 9617704.291 | 618287.95  | 18.931 | LIND  |
| 239 | 9617700.236 | 618291.138 | 18.74  | LIND  |
| 240 | 9617699.689 | 618291.631 | 18.808 | VIA   |
| 241 | 9617711.455 | 618305.894 | 18.811 | VIA   |
| 242 | 9617712.245 | 618305.318 | 18.731 | TOPO  |
| 243 | 9617716.346 | 618302.265 | 18.875 | LIND  |
| 244 | 9617717.117 | 618301.794 | 19.149 | LIND  |
| 245 | 9617718.116 | 618301.021 | 19.045 | TOPO  |
| 246 | 9617729.895 | 618315.46  | 19.161 | VIA   |
| 247 | 9617728.975 | 618316.207 | 19.218 | VIA   |
| 248 | 9617728.305 | 618316.602 | 18.695 | LIND  |
| 249 | 9617724.151 | 618319.939 | 18.677 | POSTE |
| 250 | 9617723.572 | 618320.459 | 18.799 | PI 8  |
| 251 | 9617735.174 | 618322.985 | 18.835 | A8    |
| 252 | 9617758.839 | 618361.775 | 18.826 | A8AT  |
| 253 | 9617732.888 | 618323.325 | 18.724 | REF 2 |
| 254 | 9617732.88  | 618323.313 | 18.727 | REF 1 |
| 255 | 9617745.422 | 618334.656 | 18.788 | LIND  |
| 256 | 9617759.535 | 618364.869 | 18.851 | VIA   |

|     |             |            |        |      |
|-----|-------------|------------|--------|------|
| 257 | 9617742.888 | 618331.274 | 19.074 | VIA  |
| 258 | 9617742.155 | 618332.143 | 18.825 | LIND |
| 259 | 9617737.685 | 618336.104 | 18.78  | ALC  |
| 260 | 9617736.982 | 618336.54  | 18.925 | ALC  |
| 261 | 9617738.163 | 618339.122 | 19.269 | ALC  |
| 262 | 9617738.99  | 618340.118 | 19.247 | ALC  |
| 263 | 9617744.537 | 618333.658 | 18.893 | LIND |
| 264 | 9617745.437 | 618334.844 | 18.903 | VIA  |
| 265 | 9617753.285 | 618344.003 | 18.988 | VIA  |
| 266 | 9617752.597 | 618344.78  | 18.856 | LIND |
| 267 | 9617748.158 | 618348.342 | 18.779 | LIND |
| 268 | 9617747.314 | 618349.007 | 19.022 | VIA  |
| 269 | 9617758.054 | 618361.89  | 18.886 | VIA  |
| 270 | 9617758.497 | 618361.236 | 18.837 | LIND |
| 271 | 9617762.939 | 618357.366 | 18.931 | PI 9 |
| 272 | 9617763.785 | 618356.688 | 19.113 | FONI |
| 273 | 9617836.256 | 618453.003 | 19.568 | LIND |
| 274 | 9617811.524 | 618426.131 | 18.604 | VIA  |
| 275 | 9617810.863 | 618425.316 | 18.552 | VIA  |
| 276 | 9617811.37  | 618424.415 | 18.705 | FONI |
| 277 | 9617814.633 | 618421.332 | 18.729 | FONI |
| 278 | 9617815.068 | 618421.411 | 18.726 | LIND |
| 279 | 9617815.861 | 618422.492 | 18.777 | LIND |
| 280 | 9617816.515 | 618420.283 | 18.634 | VIA  |
| 281 | 9617817.448 | 618421.343 | 18.714 | VIA  |
| 282 | 9617805.001 | 618406.504 | 18.526 | VIA  |

|     |             |            |        |            |
|-----|-------------|------------|--------|------------|
| 283 | 9617803.51  | 618407.206 | 18.708 | LIND       |
| 284 | 9617799.944 | 618410.523 | 18.724 | LIND       |
| 285 | 9617799.186 | 618411.317 | 18.926 | VIA        |
| 286 | 9617786.39  | 618395.959 | 18.835 | VIA        |
| 287 | 9617786.755 | 618395.163 | 18.721 | VIA        |
| 288 | 9617791.424 | 618392.063 | 18.731 | LIND       |
| 289 | 9617792.279 | 618391.245 | 18.604 | VIA        |
| 290 | 9617780.199 | 618376.653 | 18.762 | VIA        |
| 291 | 9617779.104 | 618377.124 | 18.788 | LIND       |
| 292 | 9617774.861 | 618380.658 | 18.735 | LIND       |
| 293 | 9617774.086 | 618381.186 | 18.896 | VIA        |
| 294 | 9617765.941 | 618371.419 | 18.865 | VIA        |
| 295 | 9617766.439 | 618370.337 | 18.73  | HORMIGON   |
| 296 | 9617770.535 | 618366.723 | 18.89  | HORMIGON   |
| 297 | 9617764.477 | 618371.811 | 18.629 | HORMIGON   |
| 298 | 9617760.602 | 618374.938 | 18.653 | HORMIGON   |
| 299 | 9617755.311 | 618368.66  | 18.62  | PI 8AT     |
| 300 | 9617759.564 | 618365.204 | 18.721 | LIND POSTE |
| 301 | 9617758.84  | 618361.777 | 18.83  | VIA        |
| 302 | 9617832.253 | 618438.962 | 19.283 | VIA        |
| 303 | 9617831.578 | 618439.58  | 19.052 | LIND       |
| 304 | 9617827.786 | 618443.189 | 19.101 | MURO       |
| 305 | 9617827.024 | 618443.851 | 19.253 | VIA        |
| 306 | 9617832.591 | 618450.156 | 19.6   | VIA        |
| 307 | 9617832.99  | 618449.821 | 19.517 | MURO       |
| 308 | 9617837.521 | 618446.474 | 19.508 | LIND       |

|     |             |            |        |          |
|-----|-------------|------------|--------|----------|
| 309 | 9617838.025 | 618446.611 | 19.57  | HORMIGON |
| 310 | 9617838.248 | 618445.865 | 19.635 | HORMIGON |
| 311 | 9617840.335 | 618449.46  | 19.583 | MURO     |
| 312 | 9617843.166 | 618452.642 | 19.143 | PUENTE   |
| 313 | 9617842.952 | 618452.231 | 19.627 | PUENTE   |
| 314 | 9617838.887 | 618456.628 | 19.125 | PUENTE   |
| 315 | 9617849.181 | 618468.202 | 19.231 | ACERA    |
| 316 | 9617853.476 | 618464.162 | 19.225 | ACERA    |
| 317 | 9617853.583 | 618464.121 | 19.352 | ACERA    |
| 318 | 9617854.203 | 618463.75  | 19.361 | ACERA    |
| 319 | 9617849.004 | 618468.256 | 19.343 | ACERA    |
| 320 | 9617848.621 | 618468.802 | 19.319 | ACERA    |
| 321 | 9617838.743 | 618456.743 | 19.307 | ACERA    |
| 322 | 9617838.279 | 618457.124 | 19.54  | ACERA    |
| 323 | 9617843.403 | 618452.581 | 19.347 | MURO     |
| 324 | 9617843.883 | 618452.095 | 19.552 | HORMIGON |
| 325 | 9617838.476 | 618456.892 | 19.626 | HORMIGON |
| 326 | 9617838.532 | 618456.709 | 19.138 | LIND     |
| 327 | 9617835.757 | 618453.47  | 19.566 | VIA      |
| 328 | 9617857.019 | 618477.925 | 19.263 | VIA      |
| 329 | 9617857.443 | 618477.376 | 19.249 | TOPO     |
| 330 | 9617861.885 | 618473.683 | 19.182 | TOPO     |
| 331 | 9617863.75  | 618472.056 | 19.61  | VIA      |
| 332 | 9617874.972 | 618487.154 | 19.005 | VIA      |
| 333 | 9617874.221 | 618487.952 | 18.944 | LIND     |
| 334 | 9617870.004 | 618491.413 | 19.06  | LIND     |

|     |             |            |        |       |
|-----|-------------|------------|--------|-------|
| 335 | 9617869.43  | 618491.982 | 19.198 | VIA   |
| 336 | 9617882.578 | 618506.863 | 18.926 | VIA   |
| 337 | 9617883     | 618506.033 | 18.928 | FILO  |
| 338 | 9617887.393 | 618503.051 | 18.827 | POSTE |
| 339 | 9617889.004 | 618501.839 | 19.117 | LIND  |
| 340 | 9617891.891 | 618505.45  | 19.062 | VIA   |
| 341 | 9617901.877 | 618514.985 | 18.994 | VIA   |
| 342 | 9617899.988 | 618516.495 | 18.698 | LIND  |
| 343 | 9617895.65  | 618520.622 | 18.823 | LIND  |
| 344 | 9617895.149 | 618521.161 | 18.867 | VIA   |
| 345 | 9617906.578 | 618534.134 | 18.821 | VIA   |
| 346 | 9617906.918 | 618533.689 | 18.749 | FILO  |
| 347 | 9617911.635 | 618529.662 | 18.588 | LIND  |
| 348 | 9617913.306 | 618528.099 | 18.637 | VIA   |
| 349 | 9617918.582 | 618547.763 | 18.767 | VIA   |
| 350 | 9617919.332 | 618546.945 | 18.671 | FILO  |
| 351 | 9617923.624 | 618543.238 | 18.616 | FILO  |
| 352 | 9617925.621 | 618541.321 | 18.516 | VIA   |
| 353 | 9617937.22  | 618555.102 | 18.777 | VIA   |
| 354 | 9617935.739 | 618556.344 | 18.63  | LIND  |
| 355 | 9617930.794 | 618560.601 | 18.658 | LIND  |
| 356 | 9617930.233 | 618561.175 | 18.735 | VIA   |
| 357 | 9617942.75  | 618575.318 | 18.637 | VIA   |
| 358 | 9617943.248 | 618574.738 | 18.64  | FILO  |
| 359 | 9617948.252 | 618570.329 | 18.64  | POSTE |
| 360 | 9617949.399 | 618569.301 | 18.47  | LIND  |

|     |             |            |        |       |
|-----|-------------|------------|--------|-------|
| 361 | 9617951.466 | 618572.666 | 18.626 | LIND  |
| 362 | 9617956.148 | 618590.739 | 18.484 | VIA   |
| 363 | 9617956.194 | 618590.769 | 18.63  | VIA   |
| 364 | 9617956.96  | 618590.198 | 18.544 | FILO  |
| 365 | 9617961.807 | 618585.821 | 18.607 | FILO  |
| 366 | 9617963.961 | 618584.018 | 18.491 | VIA   |
| 367 | 9617977.972 | 618599.097 | 18.724 | VIA   |
| 368 | 9617975.841 | 618601.365 | 18.468 | LIND  |
| 369 | 9617970.973 | 618606.719 | 18.592 | LIND  |
| 370 | 9617970.52  | 618607.242 | 18.625 | VIA   |
| 371 | 9617986.761 | 618625.936 | 18.663 | VIA   |
| 372 | 9617987.436 | 618625.015 | 18.61  | LIND  |
| 373 | 9617992.619 | 618621.074 | 18.603 | LIND  |
| 374 | 9617994.792 | 618618.978 | 18.742 | VIA   |
| 375 | 9618010.733 | 618636.794 | 18.668 | POSTE |
| 376 | 9618008.676 | 618638.973 | 18.52  | VIA   |
| 377 | 9618011.233 | 618640.162 | 18.653 | LIND  |
| 378 | 9618003.731 | 618643.398 | 18.498 | LIND  |
| 379 | 9618002.752 | 618644.103 | 18.645 | VIA   |
| 380 | 9618019.052 | 618662.89  | 18.627 | VIA   |
| 381 | 9618019.832 | 618662.393 | 18.61  | FILO  |
| 382 | 9618024.834 | 618657.803 | 18.688 | LIND  |
| 383 | 9618027.023 | 618656.569 | 18.681 | VIA   |
| 384 | 9618044.603 | 618676.94  | 18.714 | VIA   |
| 385 | 9618042.1   | 618677.61  | 18.646 | LIND  |
| 386 | 9618037.263 | 618682.733 | 18.591 | VIA   |

|     |             |            |        |        |
|-----|-------------|------------|--------|--------|
| 387 | 9618036.758 | 618683.307 | 18.665 | VIA    |
| 388 | 9618052.354 | 618701.253 | 18.609 | VIA    |
| 389 | 9618052.86  | 618700.203 | 18.534 | LIND   |
| 390 | 9618057.995 | 618695.367 | 18.711 | VIA    |
| 391 | 9618059.397 | 618694.45  | 18.741 | VIA    |
| 392 | 9618065.554 | 618704.537 | 18.693 | LIND   |
| 393 | 9618060.518 | 618709.311 | 18.629 | PI 10  |
| 394 | 9618059.96  | 618709.968 | 18.66  | A 10   |
| 395 | 9618080.345 | 618733.14  | 18.622 | A 10AT |
| 396 | 9618046.363 | 618680.159 | 18.722 | LIND   |
| 397 | 9618046.358 | 618680.151 | 18.721 | LIND   |
| 398 | 9618059.75  | 618693.707 | 18.825 | LIND   |
| 399 | 9618067.009 | 618703.48  | 18.752 | POSTE  |
| 400 | 9618059.928 | 618710.011 | 18.671 | FILO   |
| 401 | 9618071.478 | 618708.151 | 18.535 | VIA    |
| 402 | 9618078.272 | 618715.637 | 18.827 | VIA    |
| 403 | 9618076.292 | 618716.924 | 18.719 | LIND   |
| 404 | 9618071.288 | 618721.413 | 18.627 | LIND   |
| 405 | 9618070.256 | 618721.989 | 18.701 | VIA    |
| 406 | 9618078.973 | 618733.404 | 18.755 | VIA    |
| 407 | 9618079.636 | 618732.605 | 18.645 | FILO   |
| 408 | 9618084.576 | 618729.273 | 18.67  | LIND   |
| 409 | 9618086.845 | 618728.032 | 18.734 | VIA    |
| 410 | 9618083.642 | 618742.253 | 18.811 | VIA    |
| 411 | 9618084.43  | 618741.788 | 18.643 | TOPO   |
| 412 | 9618089.889 | 618738.722 | 18.706 | FILO   |

|     |             |            |        |             |
|-----|-------------|------------|--------|-------------|
| 413 | 9618091.54  | 618737.775 | 18.997 | FILO        |
| 414 | 9618092.146 | 618737.547 | 18.978 | TOPO        |
| 415 | 9618099.7   | 618752.363 | 18.914 | VIA         |
| 416 | 9618099.35  | 618752.579 | 19.039 | VIA         |
| 417 | 9618097.64  | 618753.625 | 18.741 | LIND        |
| 418 | 9618092.186 | 618756.665 | 18.637 | LIND        |
| 419 | 9618091.309 | 618757.236 | 18.816 | VIA         |
| 420 | 9618098.693 | 618771.527 | 18.686 | VIA         |
| 421 | 9618099.35  | 618770.89  | 18.653 | LIND        |
| 422 | 9618105.479 | 618767.854 | 18.704 | ENTRADA VIA |
| 423 | 9618107.421 | 618767.135 | 18.588 | ENTRADA VIA |
| 424 | 9618106.889 | 618766.044 | 18.789 | ENTRADA VIA |
| 425 | 9618103.241 | 618761.018 | 18.713 | ENTRADA VIA |
| 426 | 9618107.445 | 618760.802 | 18.891 | LIND        |
| 427 | 9618108.48  | 618763.94  | 19.186 | VIA         |
| 428 | 9618113.933 | 618780.898 | 18.663 | VIA         |
| 429 | 9618112.398 | 618781.695 | 18.847 | LIND        |
| 430 | 9618107.189 | 618784.109 | 18.692 | LIND        |
| 431 | 9618105.721 | 618785.187 | 18.853 | VIA         |
| 432 | 9618113.144 | 618799.718 | 18.83  | VIA         |
| 433 | 9618114.028 | 618798.926 | 18.901 | LIND        |
| 434 | 9618119.246 | 618796.3   | 18.918 | LIND        |
| 435 | 9618120.893 | 618795.563 | 18.941 | VIA         |
| 436 | 9618120.108 | 618813.275 | 19.159 | VIA         |
| 437 | 9618121.242 | 618812.367 | 19.036 | LIND        |
| 438 | 9618125.492 | 618809.921 | 19.042 | LIND        |

|     |             |            |        |       |
|-----|-------------|------------|--------|-------|
| 439 | 9618127.01  | 618807.928 | 19.295 | VIA   |
| 440 | 9618133.77  | 618822.123 | 19.075 | VIA   |
| 441 | 9618132.653 | 618823.255 | 18.931 | LIND  |
| 442 | 9618127.718 | 618825.433 | 18.945 | LIND  |
| 443 | 9618126.641 | 618826.103 | 19.111 | VIA   |
| 444 | 9618136.786 | 618845.209 | 19.058 | VIA   |
| 445 | 9618137.815 | 618844.467 | 19.055 | LIND  |
| 446 | 9618141.414 | 618841.346 | 19.057 | LIND  |
| 447 | 9618142.665 | 618838.859 | 19.182 | VIA   |
| 448 | 9618141.844 | 618854.216 | 19.149 | VIA   |
| 449 | 9618142.79  | 618853.576 | 19.076 | TOPO  |
| 450 | 9618145.34  | 618850.202 | 19.11  | LIND  |
| 451 | 9618147.031 | 618848.538 | 19.054 | VIA   |
| 452 | 9618148.94  | 618866.508 | 19.125 | VIA   |
| 453 | 9618149.625 | 618866.113 | 19.064 | TOPO  |
| 454 | 9618152.908 | 618863.922 | 19.076 | LIND  |
| 455 | 9618154.619 | 618862.343 | 18.978 | VIA   |
| 456 | 9618156.853 | 618880.364 | 19.156 | PI 11 |
| 457 | 9618157.623 | 618879.796 | 19.046 | A11   |
| 458 | 9618216.74  | 618982.284 | 19.204 | A11AT |
| 459 | 9618191.842 | 618939.518 | 19.063 | LIND  |
| 460 | 9618191.839 | 618939.514 | 19.065 | VIA   |
| 461 | 9618163.008 | 618891.375 | 19.003 | VIA   |
| 462 | 9618163.882 | 618891.176 | 19.056 | TOPO  |
| 463 | 9618167.632 | 618888.89  | 19.07  | POSTE |
| 464 | 9618169.781 | 618887.675 | 19.158 | LIND  |

|     |             |            |        |       |
|-----|-------------|------------|--------|-------|
| 465 | 9618169.994 | 618902.376 | 19.024 | VIA   |
| 466 | 9618174.14  | 618910.647 | 19.046 | VIA   |
| 467 | 9618174.978 | 618910.543 | 19.027 | TOPO  |
| 468 | 9618178.823 | 618908.226 | 19.054 | TOPO  |
| 469 | 9618180.384 | 618907.18  | 19.174 | VIA   |
| 470 | 9618192.366 | 618928.222 | 19.287 | VIA   |
| 471 | 9618190.992 | 618929.187 | 19.082 | LIND  |
| 472 | 9618187.102 | 618931.411 | 19.047 | LIND  |
| 473 | 9618186.5   | 618931.697 | 18.947 | VIA   |
| 474 | 9618199.261 | 618953.689 | 18.99  | VIA   |
| 475 | 9618199.892 | 618953.426 | 19.083 | TOPO  |
| 476 | 9618204.384 | 618950.815 | 19.175 | TOPO  |
| 477 | 9618205.515 | 618949.942 | 19.215 | VIA   |
| 478 | 9618216.835 | 618969.067 | 19.373 | VIA   |
| 479 | 9618215.64  | 618970.109 | 19.284 | LIND  |
| 480 | 9618210.941 | 618971.954 | 19.193 | LIND  |
| 481 | 9618210.11  | 618972.631 | 19.123 | TOPO  |
| 482 | 9618219.271 | 618989.231 | 18.865 | VIA   |
| 483 | 9618219.79  | 618989.274 | 19.148 | VIA   |
| 484 | 9618220.373 | 618988.755 | 19.212 | TOPO  |
| 485 | 9618224.151 | 618985.667 | 19.243 | POSTE |
| 486 | 9618225.376 | 618984.097 | 19.249 | TOPO  |
| 487 | 9618224.859 | 618997.52  | 19.083 | VIA   |
| 488 | 9618235.1   | 619000.826 | 19.172 | VIA   |
| 489 | 9618233.935 | 619001.366 | 19.131 | LIND  |
| 490 | 9618230.659 | 619004.394 | 19.171 | TOPO  |

|     |             |            |        |             |
|-----|-------------|------------|--------|-------------|
| 491 | 9618228.758 | 619004.539 | 19.092 | VIA         |
| 492 | 9618248.498 | 619022.998 | 19.22  | VIA         |
| 493 | 9618247.055 | 619023.832 | 19.175 | LIND        |
| 494 | 9618242.991 | 619024.935 | 19.163 | PI 12       |
| 495 | 9618240.453 | 619025.325 | 19.192 | REF 1       |
| 496 | 9618289.399 | 619091.041 | 19.262 | REF 2       |
| 497 | 9618197.223 | 618970.434 | 18.888 | PI 11AT     |
| 498 | 9618201.297 | 618961.922 | 18.783 | LIND        |
| 501 | 9618216.74  | 618982.289 | 19.208 | VIA         |
| 502 | 9618243.065 | 619030.236 | 18.9   | LIND        |
| 503 | 9618244.948 | 619029.399 | 19.12  | VIA         |
| 504 | 9618254.659 | 619048.815 | 18.916 | VIA         |
| 505 | 9618255.968 | 619048.153 | 19.114 | LIND        |
| 506 | 9618260.124 | 619045.965 | 19.174 | LIND        |
| 507 | 9618261.488 | 619045.325 | 19.118 | VIA         |
| 508 | 9618263.821 | 619063.581 | 18.897 | VIA         |
| 509 | 9618265.311 | 619063.022 | 19.108 | TOPO        |
| 510 | 9618270.379 | 619061.451 | 19.192 | LIND        |
| 511 | 9618271.672 | 619061.773 | 19.191 | VIA         |
| 512 | 9618274.899 | 619081.008 | 19.121 | VIA         |
| 513 | 9618276.028 | 619080.116 | 19.307 | TOPO        |
| 514 | 9618280.542 | 619077.656 | 19.354 | ENTRADA VIA |
| 515 | 9618281.792 | 619076.97  | 19.354 | ENTRADA VIA |
| 516 | 9618285.154 | 619081.008 | 19.423 | ENTRADA VIA |
| 517 | 9618289.796 | 619081.009 | 19.751 | ENTRADA VIA |
| 518 | 9618293.685 | 619079.225 | 19.846 | ENTRADA VIA |

|     |             |            |        |             |
|-----|-------------|------------|--------|-------------|
| 519 | 9618296.476 | 619076.36  | 19.867 | ENTRADA VIA |
| 520 | 9618299.154 | 619079.778 | 19.998 | ENTRADA VIA |
| 521 | 9618293.334 | 619085.045 | 19.797 | LIND        |
| 522 | 9618289.306 | 619089.003 | 19.373 | VIA         |
| 523 | 9618284.935 | 619097.132 | 19.086 | VIA         |
| 524 | 9618286.178 | 619096.175 | 19.009 | TOPO        |
| 525 | 9618290.521 | 619093.409 | 19.177 | LIND        |
| 526 | 9618291.283 | 619093.048 | 19.485 | TOPO        |
| 527 | 9618294.57  | 619112.743 | 19.288 | VIA         |
| 528 | 9618294.849 | 619112.238 | 19.071 | VIA         |
| 529 | 9618295.721 | 619111.659 | 19.072 | TOPO        |
| 530 | 9618300.222 | 619108.858 | 19.215 | TOPO        |
| 531 | 9618301.087 | 619108.368 | 19.418 | VIA         |
| 532 | 9618312.015 | 619125.394 | 19.308 | VIA         |
| 533 | 9618311.105 | 619125.923 | 19.158 | LIND        |
| 534 | 9618307.168 | 619128.337 | 19.129 | LIND        |
| 535 | 9618305.266 | 619129.105 | 19.195 | TOPO        |
| 536 | 9618315.803 | 619145.358 | 19.348 | VIA         |
| 537 | 9618316.414 | 619144.846 | 19.11  | VIA         |
| 538 | 9618317.143 | 619144.503 | 19.133 | TOPO        |
| 539 | 9618321.296 | 619141.499 | 19.24  | LIND        |
| 540 | 9618322.17  | 619140.973 | 19.333 | TOPO        |
| 541 | 9618325.646 | 619160.816 | 19.352 | VIA         |
| 542 | 9618326.355 | 619160.38  | 19.238 | VIA         |
| 543 | 9618327.135 | 619159.888 | 19.257 | TOPO        |
| 544 | 9618331.174 | 619157.298 | 19.337 | TOPO        |

|     |             |            |        |       |
|-----|-------------|------------|--------|-------|
| 545 | 9618332.255 | 619156.666 | 19.434 | VIA   |
| 546 | 9618342.941 | 619172.942 | 19.292 | VIA   |
| 547 | 9618341.826 | 619173.335 | 19.329 | TOPO  |
| 548 | 9618338.08  | 619175.515 | 19.249 | LIND  |
| 549 | 9618336.629 | 619176.229 | 19.146 | ALC   |
| 550 | 9618335.55  | 619176.995 | 18.763 | ALC   |
| 551 | 9618347.592 | 619191.317 | 19.468 | TOPO  |
| 552 | 9618348.341 | 619192.339 | 19.471 | TOPO  |
| 553 | 9618347.41  | 619192.123 | 19.081 | VIA   |
| 554 | 9618346.783 | 619192.551 | 19.274 | VIA   |
| 555 | 9618348.056 | 619191.73  | 19.472 | ALC   |
| 556 | 9618351.154 | 619189.171 | 19.444 | ALC   |
| 557 | 9618352.035 | 619189.036 | 19.435 | TOPO  |
| 558 | 9618351.356 | 619188.109 | 19.425 | TOPO  |
| 559 | 9618352.032 | 619188.364 | 19.289 | TOPO  |
| 560 | 9618352.62  | 619187.903 | 19.584 | VIA   |
| 561 | 9618362.358 | 619203.633 | 19.42  | VIA   |
| 562 | 9618361.483 | 619204.098 | 19.275 | TOPO  |
| 563 | 9618357.955 | 619206.329 | 19.172 | LIND  |
| 564 | 9618357.05  | 619206.757 | 19.051 | LIND  |
| 565 | 9618355.8   | 619207.547 | 19.447 | TOPO  |
| 566 | 9618365.691 | 619222.662 | 19.323 | VIA   |
| 567 | 9618366.081 | 619222.344 | 19.075 | VIA   |
| 568 | 9618367.127 | 619221.329 | 19.145 | PI 12 |
| 569 | 9618370.946 | 619218.89  | 19.239 | A12   |
| 570 | 9618414.549 | 619289.822 | 19.43  | A12AD |

|     |             |            |        |            |
|-----|-------------|------------|--------|------------|
| 571 | 9618441.205 | 619338.442 | 19.321 | TOPO       |
| 572 | 9618441.21  | 619338.451 | 19.319 | LIND       |
| 573 | 9618372.368 | 619218.758 | 19.455 | TOPO       |
| 574 | 9618377.752 | 619241.801 | 19.248 | VIA        |
| 575 | 9618378.74  | 619242.004 | 19.107 | VIA        |
| 576 | 9618379.984 | 619241.236 | 19.184 | TOPO       |
| 577 | 9618383.945 | 619238.86  | 19.254 | LIND       |
| 578 | 9618384.789 | 619238.468 | 19.282 | TOPO       |
| 579 | 9618391.322 | 619263.13  | 19.282 | VIA        |
| 580 | 9618392.076 | 619262.84  | 19.138 | VIA        |
| 581 | 9618393.244 | 619262.429 | 19.209 | TOPO       |
| 582 | 9618396.834 | 619260.326 | 19.211 | TOPO       |
| 583 | 9618397.532 | 619259.813 | 19.275 | VIA        |
| 584 | 9618406.632 | 619274.532 | 19.386 | VIA        |
| 585 | 9618405.769 | 619274.979 | 19.399 | LIND       |
| 586 | 9618402.069 | 619277.075 | 19.299 | LIND POSTE |
| 587 | 9618400.425 | 619277.727 | 19.346 | VIA        |
| 588 | 9618411.661 | 619296.115 | 19.315 | VIA        |
| 589 | 9618412.639 | 619295.198 | 19.312 | TOPO       |
| 590 | 9618416.451 | 619292.576 | 19.411 | TOPO       |
| 591 | 9618417.34  | 619292.087 | 19.42  | VIA        |
| 592 | 9618429.329 | 619310.792 | 19.281 | VIA        |
| 593 | 9618428.397 | 619311.296 | 19.274 | LIND       |
| 594 | 9618425.08  | 619313.207 | 19.3   | PI 12AT    |
| 595 | 9618423.716 | 619314.426 | 19.3   | LIND       |
| 596 | 9618414.544 | 619289.812 | 19.433 | VIA        |

|     |             |            |        |             |
|-----|-------------|------------|--------|-------------|
| 597 | 9618434.202 | 619330.532 | 19.182 | VIA         |
| 598 | 9618435.689 | 619329.785 | 19.202 | TOPO        |
| 599 | 9618439.225 | 619326.395 | 19.264 | ENTRADA VIA |
| 600 | 9618441.73  | 619324.75  | 19.163 | ENTRADA VIA |
| 601 | 9618444.911 | 619327.139 | 19.185 | ENTRADA VIA |
| 602 | 9618449.325 | 619326.728 | 19.211 | ENTRADA VIA |
| 603 | 9618453.18  | 619325.442 | 19.207 | ENTRADA VIA |
| 604 | 9618455.075 | 619328.748 | 19.297 | ENTRADA VIA |
| 605 | 9618449.847 | 619332.818 | 19.327 | ENTRADA VIA |
| 606 | 9618446.892 | 619336.875 | 19.283 | ENTRADA VIA |
| 607 | 9618438.169 | 619334.646 | 19.196 | ENTRADA VIA |
| 608 | 9618436.951 | 619337.579 | 19.058 | ENTRADA VIA |
| 609 | 9618434.364 | 619342.564 | 19.258 | ENTRADA VIA |
| 610 | 9618436.87  | 619344.254 | 19.231 | ENTRADA VIA |
| 611 | 9618439.022 | 619340.983 | 19.182 | VIA         |
| 612 | 9618441.743 | 619340.199 | 19.314 | VIA         |
| 613 | 9618444.457 | 619343.801 | 19.39  | ALC         |
| 614 | 9618448.314 | 619340.663 | 19.299 | ALC         |
| 615 | 9618448.995 | 619340.465 | 19.081 | ALC         |
| 616 | 9618448.397 | 619339.546 | 19.185 | ALC         |
| 617 | 9618449.909 | 619339.805 | 19.04  | ALC         |
| 618 | 9618442.996 | 619344.369 | 19.134 | POSTE       |
| 619 | 9618443.517 | 619345.22  | 19.151 | REF 1       |
| 620 | 9618442.853 | 619343.885 | 19.332 | LIND        |
| 621 | 9618450.969 | 619339.41  | 19.082 | VIA         |
| 622 | 9618452.115 | 619360.081 | 19.183 | VIA         |

|     |             |            |        |      |
|-----|-------------|------------|--------|------|
| 623 | 9618453.283 | 619359.224 | 19.366 | LIND |
| 624 | 9618457.175 | 619356.677 | 19.343 | LIND |
| 625 | 9618458.184 | 619356.08  | 19.149 | LIND |
| 626 | 9618470.088 | 619374.459 | 19.215 | VIA  |
| 627 | 9618463.896 | 619378.054 | 19.263 | VIA  |
| 628 | 9618464.609 | 619377.429 | 19.408 | VIA  |
| 629 | 9618468.767 | 619375.027 | 19.409 | VIA  |
| 630 | 9618475.087 | 619393.892 | 19.488 | LIND |
| 631 | 9618478.743 | 619391.291 | 19.413 | LIND |
| 632 | 9618480.241 | 619391.168 | 19.313 | LIND |
| 633 | 9618474.297 | 619394.272 | 19.509 | LIND |
| 634 | 9618487.086 | 619414.41  | 19.421 | VIA  |
| 635 | 9618492.145 | 619408.842 | 19.446 | VIA  |
| 636 | 9618490.787 | 619410.103 | 19.502 | LIND |
| 637 | 9618487.432 | 619413.042 | 19.501 | LIND |
| 638 | 9618497.216 | 619429.942 | 19.445 | VIA  |
| 639 | 9618502.697 | 619426.309 | 19.355 | VIA  |
| 640 | 9618501.523 | 619426.846 | 19.435 | LIND |
| 641 | 9618497.8   | 619429.241 | 19.536 | LIND |
| 642 | 9618515.639 | 619445.828 | 19.271 | VIA  |
| 643 | 9618509.472 | 619449.979 | 19.694 | VIA  |
| 644 | 9618510.581 | 619449.472 | 19.478 | LIND |
| 645 | 9618514.701 | 619446.594 | 19.373 | LIND |
| 646 | 9618526.588 | 619462.67  | 19.28  | VIA  |
| 647 | 9618520.261 | 619466.667 | 19.49  | VIA  |
| 648 | 9618521.444 | 619465.947 | 19.455 | LIND |

|     |             |            |        |        |
|-----|-------------|------------|--------|--------|
| 649 | 9618525.374 | 619463.369 | 19.48  | VIA    |
| 650 | 9618534.882 | 619488.198 | 19.502 | VIA    |
| 651 | 9618536.129 | 619487.494 | 19.385 | LIND   |
| 652 | 9618539.884 | 619484.958 | 19.385 | PI 13  |
| 653 | 9618541.088 | 619484.404 | 19.245 | A13    |
| 654 | 9618571.625 | 619535.45  | 19.411 | A13 AD |
| 655 | 9618609.172 | 619593.297 | 19.361 | LIND   |
| 656 | 9618609.173 | 619593.296 | 19.362 | VIA    |
| 657 | 9618548.438 | 619511.079 | 19.143 | VIA    |
| 658 | 9618550.073 | 619510.034 | 19.418 | LIND   |
| 659 | 9618553.998 | 619507.482 | 19.394 | LIND   |
| 660 | 9618555.54  | 619506.764 | 19.14  | VIA    |
| 661 | 9618569.434 | 619528.123 | 19.164 | VIA    |
| 662 | 9618568.236 | 619529.259 | 19.331 | LIND   |
| 663 | 9618565.219 | 619532.993 | 19.33  | LIND   |
| 664 | 9618563.919 | 619534.01  | 19.179 | LIND   |
| 665 | 9618576.651 | 619553.2   | 19.35  | VIA    |
| 666 | 9618583.031 | 619549.066 | 19.367 | VIA    |
| 667 | 9618581.447 | 619549.832 | 19.418 | VIA    |
| 668 | 9618577.832 | 619551.932 | 19.389 | VIA    |
| 669 | 9618593.645 | 619568.495 | 19.343 | LIND   |
| 670 | 9618589.625 | 619571.241 | 19.326 | LIND   |
| 671 | 9618588.464 | 619572.058 | 19.228 | LIND   |
| 672 | 9618594.791 | 619567.231 | 19.071 | LIND   |
| 673 | 9618604.914 | 619583.699 | 19.127 | VIA    |
| 674 | 9618599.103 | 619587.54  | 19.245 | VIA    |

|     |             |            |        |       |
|-----|-------------|------------|--------|-------|
| 675 | 9618600.08  | 619586.894 | 19.329 | F     |
| 676 | 9618603.351 | 619584.604 | 19.331 | F     |
| 677 | 9618603.946 | 619593.838 | 19.027 | VIA   |
| 678 | 9618608.945 | 619589.456 | 18.916 | VIA   |
| 679 | 9618607.311 | 619590.785 | 19.295 | LIND  |
| 680 | 9618604.726 | 619592.941 | 19.189 | LIND  |
| 681 | 9618613.859 | 619609.877 | 19.403 | VIA   |
| 682 | 9618619.822 | 619606.531 | 19.355 | VIA   |
| 683 | 9618618.642 | 619607.345 | 19.457 | VIA   |
| 684 | 9618615.315 | 619609.492 | 19.36  | VIA   |
| 685 | 9618629.971 | 619624.601 | 19.437 | LIND  |
| 686 | 9618626.374 | 619626.821 | 19.436 | LIND  |
| 687 | 9618625.461 | 619627.981 | 19.251 | LIND  |
| 688 | 9618631.53  | 619623.549 | 19.147 | LIND  |
| 689 | 9618642.497 | 619641.236 | 19.216 | VIA   |
| 690 | 9618636.596 | 619644.83  | 19.312 | VIA   |
| 691 | 9618637.51  | 619644.104 | 19.487 | LIND  |
| 692 | 9618641.296 | 619641.839 | 19.445 | LIND  |
| 693 | 9618651.059 | 619654.375 | 19.15  | VIA   |
| 694 | 9618645.13  | 619658.014 | 19.373 | VIA   |
| 695 | 9618645.916 | 619657.117 | 19.448 | POSTE |
| 696 | 9618649.346 | 619654.948 | 19.474 | A14   |
| 697 | 9618566.237 | 619537.038 | 19.077 | PI 14 |
| 698 | 9618671.736 | 619689.248 | 19.432 | A14AT |
| 699 | 9618691.683 | 619722.922 | 19.428 | LIND  |
| 700 | 9618671.731 | 619689.242 | 19.432 | VIA   |

|     |             |            |        |      |
|-----|-------------|------------|--------|------|
| 701 | 9618652.931 | 619668.862 | 19.499 | VIA  |
| 702 | 9618653.599 | 619668.628 | 19.411 | LIND |
| 703 | 9618657.985 | 619666.882 | 19.409 | LIND |
| 704 | 9618658.903 | 619665.302 | 19.337 | VIA  |
| 705 | 9618671.678 | 619685.875 | 19.365 | VIA  |
| 706 | 9618670.615 | 619686.896 | 19.42  | LIND |
| 707 | 9618667.249 | 619690.25  | 19.42  | LIND |
| 708 | 9618664.933 | 619689.291 | 19.158 | VIA  |
| 709 | 9618675.358 | 619704.63  | 19.222 | VIA  |
| 710 | 9618676.545 | 619704.363 | 19.374 | LIND |
| 711 | 9618680.51  | 619701.976 | 19.396 | LIND |
| 712 | 9618681.375 | 619700.988 | 19.425 | VIA  |
| 713 | 9618689.374 | 619711.131 | 19.702 | VIA  |
| 714 | 9618688.077 | 619712.776 | 19.432 | LIND |
| 715 | 9618684.332 | 619716.46  | 19.355 | LIND |
| 716 | 9618683.014 | 619717.291 | 19.23  | VIA  |
| 717 | 9618695.506 | 619719.067 | 19.529 | VIA  |
| 718 | 9618694.537 | 619720.112 | 19.438 | LIND |
| 719 | 9618691.676 | 619724.001 | 19.403 | LIND |
| 720 | 9618690.19  | 619725.329 | 19.256 | LIND |
| 721 | 9618697.18  | 619729.729 | 19.412 | VIA  |
| 722 | 9618700.539 | 619723.763 | 19.661 | VIA  |
| 723 | 9618699.761 | 619724.985 | 19.369 | VIA  |
| 724 | 9618697.203 | 619727.768 | 19.352 | VIA  |
| 725 | 9618712.102 | 619736.678 | 19.395 | LIND |
| 726 | 9618713.714 | 619733.43  | 19.412 | LIND |

|     |             |            |        |       |
|-----|-------------|------------|--------|-------|
| 727 | 9618714.478 | 619732.148 | 19.889 | LIND  |
| 728 | 9618710.803 | 619737.582 | 19.513 | LIND  |
| 729 | 9618726.719 | 619746.741 | 19.598 | VIA   |
| 730 | 9618729.872 | 619741.35  | 19.56  | VIA   |
| 731 | 9618729.289 | 619742.874 | 19.453 | VIA   |
| 732 | 9618727.26  | 619745.803 | 19.405 | VIA   |
| 733 | 9618747.133 | 619757.25  | 19.449 | VIA   |
| 734 | 9618749.115 | 619753.969 | 19.508 | VIA   |
| 735 | 9618766.747 | 619764.972 | 19.594 | PI 15 |
| 736 | 9618765.199 | 619768.105 | 19.582 | PI 14 |
| 737 | 9618774.872 | 619773.119 | 19.715 | LIND  |
| 738 | 9618691.68  | 619722.922 | 19.432 | LIND  |
| 739 | 9618746.291 | 619758.029 | 19.607 | LIND  |
| 740 | 9618749.912 | 619753.773 | 19.816 | LIND  |
| 741 | 9618765.722 | 619769.551 | 19.722 | VIA   |
| 742 | 9618768.382 | 619764.617 | 19.948 | VIA   |
| 743 | 9618768.291 | 619765.881 | 19.595 | VIA   |
| 744 | 9618766.683 | 619769.063 | 19.572 | VIA   |
| 745 | 9618783.158 | 619777.797 | 19.642 | LIND  |
| 746 | 9618784.504 | 619775.319 | 19.686 | LIND  |
| 747 | 9618785.503 | 619774.731 | 20.129 | ALC   |
| 748 | 9618782.609 | 619778.941 | 19.847 | ALC   |
| 749 | 9618783.496 | 619778.645 | 19.546 | FONDO |
| 750 | 9618784.117 | 619779.002 | 19.588 | LIND  |
| 751 | 9618783.798 | 619779.032 | 18.32  | VIA   |
| 752 | 9618806.436 | 619786.956 | 19.237 | VIA   |

|     |             |            |        |         |
|-----|-------------|------------|--------|---------|
| 753 | 9618805.524 | 619787.764 | 19.777 | LIND    |
| 754 | 9618803.565 | 619790.369 | 19.842 | ALC     |
| 755 | 9618803.356 | 619791.027 | 19.757 | ALC     |
| 756 | 9618810.539 | 619789.983 | 19.627 | ALA     |
| 757 | 9618808.008 | 619788.702 | 19.691 | ALC     |
| 758 | 9618807.63  | 619787.617 | 19.313 | ALC     |
| 759 | 9618808.208 | 619788.678 | 19.477 | FONDO   |
| 760 | 9618810.466 | 619789.722 | 19.391 | FONDO   |
| 761 | 9618809.779 | 619789.22  | 17.51  | ALC     |
| 762 | 9618807.973 | 619793.472 | 17.748 | ALC     |
| 763 | 9618806.323 | 619792.781 | 20.023 | ALC     |
| 764 | 9618806.924 | 619792.555 | 20.028 | LIND    |
| 765 | 9618809.363 | 619793.894 | 19.921 | LIND    |
| 766 | 9618809.907 | 619794.864 | 19.88  | LIND    |
| 767 | 9618816.64  | 619792.262 | 19.855 | VIA     |
| 768 | 9618811.267 | 619795.819 | 19.562 | VIA     |
| 769 | 9618812.961 | 619795.607 | 19.726 | PI 16   |
| 770 | 9618815.309 | 619792.94  | 19.749 | PI 15AT |
| 771 | 9618920.414 | 619854.544 | 19.901 | LIND    |
| 772 | 9618774.875 | 619773.124 | 19.716 | LIND    |
| 773 | 9618831.766 | 619800.667 | 19.691 | VIA     |
| 774 | 9618828.414 | 619806.492 | 19.572 | VIA     |
| 775 | 9618828.882 | 619805.669 | 19.664 | VIA     |
| 776 | 9618831.318 | 619801.536 | 19.594 | VIA     |
| 777 | 9618847.392 | 619815.421 | 19.662 | LIND    |
| 778 | 9618849.36  | 619812.422 | 19.69  | LIND    |

|     |             |            |        |            |
|-----|-------------|------------|--------|------------|
| 779 | 9618849.995 | 619811.469 | 19.766 | LIND       |
| 780 | 9618846.911 | 619817.019 | 19.628 | POSTE      |
| 781 | 9618866.992 | 619828.642 | 19.737 | LIND       |
| 782 | 9618880.167 | 619829.388 | 19.892 | VIA        |
| 783 | 9618871.801 | 619824.129 | 19.92  | VIA        |
| 784 | 9618871.472 | 619824.859 | 19.726 | VIA        |
| 785 | 9618869.73  | 619828.946 | 19.684 | VIA        |
| 786 | 9618887.451 | 619834.647 | 19.834 | LIND       |
| 787 | 9618885.482 | 619837.828 | 19.764 | LIND       |
| 788 | 9618884.783 | 619839.277 | 19.716 | LIND       |
| 789 | 9618886.82  | 619832.89  | 19.506 | LIND       |
| 790 | 9618902.472 | 619849.097 | 20.129 | VIA        |
| 791 | 9618906.049 | 619843.989 | 19.969 | VIA        |
| 792 | 9618905.389 | 619845.338 | 19.813 | VIA        |
| 793 | 9618903.898 | 619848.921 | 19.821 | VIA        |
| 794 | 9618922.455 | 619859.616 | 19.813 | LIND       |
| 795 | 9618924.147 | 619856.414 | 19.845 | LIND       |
| 796 | 9618925.318 | 619854.864 | 19.11  | LIND       |
| 797 | 9618921.639 | 619860.602 | 20.011 | LIND       |
| 798 | 9618942.761 | 619865.417 | 19.988 | VIA        |
| 799 | 9618938.776 | 619870.75  | 20.057 | VIA        |
| 800 | 9618939.498 | 619869.491 | 19.878 | VIA        |
| 801 | 9618941.659 | 619866.484 | 19.93  | VIA        |
| 802 | 9618957.303 | 619880.171 | 19.994 | LIND       |
| 803 | 9618959.262 | 619876.777 | 20.004 | LIND       |
| 804 | 9618960.211 | 619875.443 | 19.527 | LIND POSTE |

|     |             |            |        |         |
|-----|-------------|------------|--------|---------|
| 805 | 9618956.61  | 619881.125 | 20.112 | LIND    |
| 806 | 9618981.503 | 619889.04  | 19.803 | VIA     |
| 807 | 9618977.443 | 619893.675 | 20.021 | VIA     |
| 808 | 9618978.29  | 619892.823 | 19.892 | LIND    |
| 809 | 9618980.553 | 619889.82  | 19.969 | VIA     |
| 810 | 9618994.118 | 619895.771 | 19.767 | VIA     |
| 811 | 9618993.329 | 619897.308 | 19.988 | LIND    |
| 812 | 9618991.405 | 619900.37  | 19.946 | PI 17   |
| 813 | 9618989.657 | 619900.932 | 20.268 | PI 18   |
| 814 | 9619061.283 | 619940.95  | 20.314 | PI 16AT |
| 815 | 9619165.092 | 619999.572 | 20.403 | LIND    |
| 816 | 9618920.414 | 619854.544 | 19.905 | VIA     |
| 817 | 9619006.405 | 619910.278 | 20.48  | VIA     |
| 818 | 9619006.98  | 619909.336 | 20.021 | LIND    |
| 819 | 9619009.016 | 619906.058 | 20.039 | LIND    |
| 820 | 9619009.612 | 619904.62  | 19.744 | LIND    |
| 821 | 9619027.126 | 619914.952 | 19.882 | VIA     |
| 822 | 9619024.905 | 619921.048 | 20.269 | VIA     |
| 823 | 9619025.2   | 619920.126 | 20.156 | VIA     |
| 824 | 9619027.229 | 619916.41  | 20.06  | VIA     |
| 825 | 9619042.656 | 619925.606 | 20.076 | LIND    |
| 826 | 9619040.659 | 619928.559 | 20.188 | LIND    |
| 827 | 9619039.83  | 619929.938 | 20.43  | LIND    |
| 828 | 9619043.313 | 619924.205 | 19.993 | LIND    |
| 829 | 9619080.527 | 619946.953 | 20.484 | VIA     |
| 830 | 9619077.401 | 619952.004 | 20.388 | VIA     |

|     |             |            |        |             |
|-----|-------------|------------|--------|-------------|
| 831 | 9619077.95  | 619951.125 | 20.307 | VIA         |
| 832 | 9619079.412 | 619947.564 | 20.323 | VIA         |
| 833 | 9619060.302 | 619936.493 | 20.28  | LIND        |
| 834 | 9619058.339 | 619939.45  | 20.279 | LIND        |
| 835 | 9619057.707 | 619940.442 | 20.538 | LIND        |
| 836 | 9619060.815 | 619935.457 | 20.507 | VIA         |
| 837 | 9619097.176 | 619963.619 | 20.473 | VIA         |
| 838 | 9619097.692 | 619962.632 | 20.219 | LIND        |
| 839 | 9619099.264 | 619959.175 | 20.312 | LIND        |
| 840 | 9619099.84  | 619958.267 | 20.477 | VIA         |
| 841 | 9619112.139 | 619972.297 | 20.475 | VIA         |
| 842 | 9619112.538 | 619971.623 | 20.204 | LIND        |
| 843 | 9619114.717 | 619968.017 | 20.292 | LIND        |
| 844 | 9619115.24  | 619967.392 | 20.434 | VIA         |
| 845 | 9619134.217 | 619978.54  | 20.172 | VIA         |
| 846 | 9619133.449 | 619979.11  | 20.211 | LIND        |
| 847 | 9619131.49  | 619982.613 | 20.205 | LIND        |
| 848 | 9619129.199 | 619982.408 | 20.261 | VIA         |
| 849 | 9619142.65  | 619990.058 | 20.299 | VIA         |
| 850 | 9619143.048 | 619989.497 | 20.149 | LIND        |
| 851 | 9619144.989 | 619985.903 | 20.212 | PI 17AT     |
| 852 | 9619145.408 | 619985.252 | 20.389 | CERRAMIENTO |
| 853 | 9619061.277 | 619940.949 | 20.312 | VIA         |
| 854 | 9619157.807 | 619992.862 | 20.434 | VIA         |
| 855 | 9619157.375 | 619993.595 | 20.43  | TOPO        |
| 856 | 9619154.679 | 619996.763 | 20.19  | LIND        |

|     |             |            |        |             |
|-----|-------------|------------|--------|-------------|
| 857 | 9619154.277 | 619997.268 | 20.16  | LIND        |
| 858 | 9619153.735 | 619998.219 | 20.416 | TOPO        |
| 859 | 9619160.988 | 620005.396 | 20.327 | VIA         |
| 860 | 9619161.756 | 620004.731 | 20.311 | VIA         |
| 861 | 9619162.484 | 620004.084 | 20.259 | CERRAMIENTO |
| 862 | 9619166.394 | 620001.502 | 20.403 | CERRAMIENTO |
| 863 | 9619168.238 | 619999.041 | 20.428 | TOPO        |
| 864 | 9619177.881 | 620004.766 | 20.441 | VIA         |
| 865 | 9619176.079 | 620007.553 | 20.405 | VIA         |
| 866 | 9619172.558 | 620010.086 | 20.323 | LIND        |
| 867 | 9619167.94  | 620012.367 | 20.324 | LIND        |
| 868 | 9619166.04  | 620013.192 | 20.281 | VIA         |
| 869 | 9619170.081 | 620022.562 | 20.641 | VIA         |
| 870 | 9619171.761 | 620022.181 | 20.546 | LIND        |
| 871 | 9619176.501 | 620020.976 | 20.687 | LIND        |
| 872 | 9619184.213 | 620020.02  | 20.727 | VIA         |
| 873 | 9619179.286 | 620030.729 | 20.778 | VIA         |
| 874 | 9619178.203 | 620030.924 | 20.883 | LIND        |
| 875 | 9619174.009 | 620031.918 | 20.832 | LIND        |
| 876 | 9619172.996 | 620032.451 | 20.674 | VIA         |
| 877 | 9619177.74  | 620044.827 | 21.134 | VIA         |
| 878 | 9619178.435 | 620044.717 | 21.1   | LIND        |
| 879 | 9619181.831 | 620043.45  | 21.197 | LIND        |
| 880 | 9619182.972 | 620043.028 | 21.33  | LIND        |
| 881 | 9619181.438 | 620054.883 | 21.204 | VIA         |
| 882 | 9619186.938 | 620053.787 | 20.905 | VIA         |

|     |             |            |        |         |
|-----|-------------|------------|--------|---------|
| 883 | 9619185.91  | 620053.901 | 21.314 | LIND    |
| 884 | 9619181.804 | 620054.928 | 21.24  | VIA     |
| 885 | 9619184.78  | 620063.672 | 21.334 | VIA     |
| 886 | 9619185.253 | 620063.296 | 21.275 | LIND    |
| 887 | 9619188.896 | 620061.752 | 21.319 | PI 19   |
| 888 | 9619190.037 | 620061.359 | 21.251 | PI 18AT |
| 889 | 9619191.637 | 620076.328 | 21.325 | POSTE   |
| 890 | 9619165.091 | 619999.57  | 20.404 | VIA     |
| 891 | 9619188.384 | 620071.583 | 21.345 | VIA     |
| 892 | 9619189.208 | 620071.183 | 21.344 | LIND    |
| 893 | 9619192.726 | 620069.348 | 21.206 | LIND    |
| 894 | 9619193.396 | 620069.079 | 21.053 | VIA     |
| 895 | 9619198.328 | 620074.798 | 20.955 | VIA     |
| 896 | 9619197.687 | 620075.679 | 21.159 | LIND    |
| 897 | 9619194.884 | 620079.349 | 21.31  | VIA     |
| 898 | 9619198.526 | 620083.849 | 20.725 | VIA     |
| 899 | 9619199.219 | 620083.399 | 21.205 | LIND    |
| 900 | 9619201.952 | 620079.985 | 21.114 | LIND    |
| 901 | 9619202.511 | 620078.861 | 20.772 | VIA     |
| 902 | 9619212.539 | 620085.545 | 20.948 | VIA     |
| 903 | 9619212.083 | 620086.394 | 21.231 | LIND    |
| 904 | 9619209.767 | 620090.225 | 21.183 | LIND    |
| 905 | 9619209.458 | 620091.083 | 21.03  | VIA     |
| 906 | 9619222.41  | 620098.364 | 21.166 | VIA     |
| 907 | 9619222.921 | 620097.635 | 21.275 | LIND    |
| 908 | 9619224.888 | 620094.202 | 21.274 | LIND    |

|     |             |            |        |             |
|-----|-------------|------------|--------|-------------|
| 909 | 9619225.462 | 620093.099 | 21     | LIND        |
| 910 | 9619188.382 | 620072.558 | 21.012 | ENTRADA VIA |
| 911 | 9619190.668 | 620078.181 | 21.109 | ENTRADA VIA |
| 912 | 9619192.876 | 620079.766 | 21.129 | LIND        |
| 913 | 9619195.688 | 620080.848 | 21.12  | ENTRADA VIA |
| 914 | 9619193.103 | 620086.878 | 20.408 | ENTRADA VIA |
| 915 | 9619196.728 | 620086.466 | 20.436 | ENTRADA VIA |
| 916 | 9619193.834 | 620086.651 | 20.454 | ENTRADA VIA |
| 917 | 9619199.337 | 620096.726 | 20.33  | ENTRADA VIA |
| 918 | 9619195.974 | 620097.166 | 19.247 | ENTRADA VIA |
| 919 | 9619195.988 | 620097.234 | 20.43  | ENTRADA VIA |
| 920 | 9619201.491 | 620110.736 | 20.345 | REF 2       |
| 921 | 9619199.24  | 620110.867 | 20.478 | REF 1       |
| 922 | 9619201.178 | 620104.818 | 20.433 |             |
| 923 | 9619199.364 | 620093.288 | 20.476 |             |

## Anexo 2: Tablas de registro de aforo vehicular

| FECHA DE CONTEO: 31/03/2025 |      |          |                                                                                     |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|-----------------------------|------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|------------|---------|---------|------------|---------|---------|------------|
| CLASIFICACION               |      |          |                                                                                     | 06 - 07 | 07 - 08 | 08 - 08:30 | 11 - 12 | 12 - 13 | 13 - 13:30 | 15 - 16 | 16 - 17 | 17 - 17:30 |
| LIVIANOS                    | MOTO | Clase 1  |    | 18      | 3       | 1          | 8       | 6       | 0          | 9       | 19      | 6          |
|                             | AUTO | Clase 2  |    | 4       | 3       | 0          | 0       | 2       | 0          | 2       | 1       | 0          |
| CAMIONES LIVIANOS           | 2DA  | Clase 3  |    |         |         | 5          | 1       | 2       | 1          | 0       | 3       | 5          |
|                             | 2DB  | Clase 4  |    | 2       | 0       | 1          | 1       | 4       | 0          | 1       | 0       | 0          |
| CAMIONES PESADOS            | 3-A  | Clase 5  |    |         |         |            |         |         |            | 1       | 3       | 4          |
|                             | 4-C  | Clase 6  |    |         | 2       |            |         |         |            | 2       |         |            |
|                             | 4-0  | Clase 7  |    |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
| TRACTOR CAMION              | 2S1  | Clase 8  |    |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 2S2  | Clase 9  |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 2S3  | Clase 10 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3S1  | Clase 11 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3S2  | Clase 12 |  | 2       |         | 1          |         |         |            | 1       |         |            |
|                             | 3S3  | Clase 13 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 2R2  | Clase 14 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 2R3  | Clase 15 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3R2  | Clase 16 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3R3  | Clase 17 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |

| FECHA DE CONTEO: 01/04/2025 |      |          |                                                                                     |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|-----------------------------|------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|------------|---------|---------|------------|---------|---------|------------|
| CLASIFICACION               |      |          |                                                                                     | 06 - 07 | 07 - 08 | 08 - 08:30 | 11 - 12 | 12 - 13 | 13 - 13:30 | 15 - 16 | 16 - 17 | 17 - 17:30 |
| LIVIANOS                    | MOTO | Clase 1  |    | 20      | 14      | 3          | 14      | 5       | 6          | 15      | 17      | 6          |
|                             | AUTO | Clase 2  |    | 5       | 5       | 2          | 2       | 3       | 5          | 3       | 6       | 2          |
| CAMIONES LIVIANOS           | 2DA  | Clase 3  |    | 1       | 5       | 3          | 4       | 2       | 5          | 4       | 3       | 4          |
|                             | 2DB  | Clase 4  |    |         | 7       | 4          | 2       | 3       | 2          | 2       | 6       | 4          |
| CAMIONES PESADOS            | 3-A  | Clase 5  |    |         |         |            |         |         |            | 1       |         |            |
|                             | 4-C  | Clase 6  |    |         |         |            |         | 1       |            |         |         |            |
|                             | 4-0  | Clase 7  |    |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
| TRACTOR CAMION              | 2S1  | Clase 8  |   |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 2S2  | Clase 9  |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 2S3  | Clase 10 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3S1  | Clase 11 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3S2  | Clase 12 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3S3  | Clase 13 |  | 3       |         |            |         | 2       |            |         | 1       |            |
|                             | 2R2  | Clase 14 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 2R3  | Clase 15 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3R2  | Clase 16 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3R3  | Clase 17 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |

| FECHA DE CONTEO: 02/04/2025 |      |          |                                                                                     |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|-----------------------------|------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|------------|---------|---------|------------|---------|---------|------------|
| CLASIFICACION               |      |          |                                                                                     | 06 - 07 | 07 - 08 | 08 - 08:30 | 11 - 12 | 12 - 13 | 13 - 13:30 | 15 - 16 | 16 - 17 | 17 - 17:30 |
| LIVIANOS                    | MOTO | Clase 1  |    | 42      | 20      | 4          | 9       | 11      | 4          | 6       | 30      | 8          |
|                             | AUTO | Clase 2  |    | 5       | 6       | 1          | 5       | 5       | 5          | 4       | 9       | 4          |
| CAMIONES LIVIANOS           | 2DA  | Clase 3  |    | 3       | 5       | 7          | 6       | 2       | 4          | 4       | 3       |            |
|                             | 2DB  | Clase 4  |    | 6       | 6       | 2          | 1       | 4       | 2          | 5       | 10      |            |
| CAMIONES PESADOS            | 3-A  | Clase 5  |    |         |         |            |         |         |            | 1       | 1       |            |
|                             | 4-C  | Clase 6  |    | 3       |         |            | 1       |         |            | 1       | 1       |            |
|                             | 4-0  | Clase 7  |    |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
| TRACTOR CAMION              | 2S1  | Clase 8  |   |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 2S2  | Clase 9  |  |         |         |            |         |         | 1          |         | 1       |            |
|                             | 2S3  | Clase 10 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3S1  | Clase 11 |  |         |         |            |         |         | 1          |         | 1       |            |
|                             | 3S2  | Clase 12 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3S3  | Clase 13 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 2R2  | Clase 14 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 2R3  | Clase 15 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3R2  | Clase 16 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3R3  | Clase 17 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |

| FECHA DE CONTEO: 03/04/2025 |      |          |                                                                                     |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|-----------------------------|------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|------------|---------|---------|------------|---------|---------|------------|
| CLASIFICACION               |      |          |                                                                                     | 06 - 07 | 07 - 08 | 08 - 08:30 | 11 - 12 | 12 - 13 | 13 - 13:30 | 15 - 16 | 16 - 17 | 17 - 17:30 |
| LIVIANOS                    | MOTO | Clase 1  |    | 40      | 26      | 21         | 6       | 9       | 12         | 20      | 10      | 5          |
|                             | AUTO | Clase 2  |    | 4       | 7       |            | 4       | 1       | 5          | 5       | 4       | 2          |
| CAMIONES LIVIANOS           | 2DA  | Clase 3  |    | 5       | 6       | 5          | 5       | 3       | 1          | 5       | 6       | 2          |
|                             | 2DB  | Clase 4  |    |         | 4       | 1          | 1       |         |            | 4       | 2       |            |
| CAMIONES PESADOS            | 3-A  | Clase 5  |    | 2       | 3       | 4          | 2       | 3       | 4          | 2       | 3       | 5          |
|                             | 4-C  | Clase 6  |    |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 4-0  | Clase 7  |    |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
| TRACTOR CAMION              | 2S1  | Clase 8  |   |         |         |            | 1       |         |            |         | 1       |            |
|                             | 2S2  | Clase 9  |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 2S3  | Clase 10 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3S1  | Clase 11 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3S2  | Clase 12 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3S3  | Clase 13 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 2R2  | Clase 14 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 2R3  | Clase 15 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3R2  | Clase 16 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3R3  | Clase 17 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |

| FECHA DE CONTEO: 04/05/2025 |      |          |                                                                                     |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|-----------------------------|------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|------------|---------|---------|------------|---------|---------|------------|
| CLASIFICACION               |      |          |                                                                                     | 06 - 07 | 07 - 08 | 08 - 08:30 | 11 - 12 | 12 - 13 | 13 - 13:30 | 15 - 16 | 16 - 17 | 17 - 17:30 |
| LIVIANOS                    | MOTO | Clase 1  |    | 50      | 9       | 6          | 29      | 16      | 14         | 16      | 24      | 21         |
|                             | AUTO | Clase 2  |    | 10      | 6       | 5          | 6       | 11      | 9          | 6       | 4       | 6          |
| CAMIONES LIVIANOS           | 2DA  | Clase 3  |    | 11      | 4       | 9          | 6       | 9       | 4          | 6       | 4       | 11         |
|                             | 2DB  | Clase 4  |    | 3       | 6       | 6          | 6       | 5       | 7          | 9       | 11      | 15         |
| CAMIONES PESADOS            | 3-A  | Clase 5  |    |         | 1       |            | 17      | 16      | 16         | 5       | 15      | 9          |
|                             | 4-C  | Clase 6  |    |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 4-0  | Clase 7  |    |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
| TRACTOR CAMION              | 2S1  | Clase 8  |   |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 2S2  | Clase 9  |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 2S3  | Clase 10 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3S1  | Clase 11 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3S2  | Clase 12 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3S3  | Clase 13 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 2R2  | Clase 14 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 2R3  | Clase 15 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3R2  | Clase 16 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3R3  | Clase 17 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |

| FECHA DE CONTEO: 05/04/2025 |      |          |                                                                                     |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|-----------------------------|------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|------------|---------|---------|------------|---------|---------|------------|
| CLASIFICACION               |      |          |                                                                                     | 06 - 07 | 07 - 08 | 08 - 08:30 | 11 - 12 | 12 - 13 | 13 - 13:30 | 15 - 16 | 16 - 17 | 17 - 17:30 |
| LIVIANOS                    | MOTO | Clase 1  |    | 41      | 5       | 2          | 54      | 5       | 8          | 17      | 8       | 12         |
|                             | AUTO | Clase 2  |    | 8       | 1       |            | 3       | 1       | 2          | 6       | 4       | 1          |
| CAMIONES LIVIANOS           | 2DA  | Clase 3  |    | 8       | 4       | 2          | 4       | 3       | 4          | 6       | 3       | 3          |
|                             | 2DB  | Clase 4  |    | 2       | 4       | 6          | 14      | 6       | 3          | 5       | 11      | 2          |
| CAMIONES PESADOS            | 3-A  | Clase 5  |    |         | 3       | 3          | 2       | 4       | 5          | 8       | 4       | 1          |
|                             | 4-C  | Clase 6  |    |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 4-0  | Clase 7  |    |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
| TRACTOR CAMION              | 2S1  | Clase 8  |   |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 2S2  | Clase 9  |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 2S3  | Clase 10 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3S1  | Clase 11 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3S2  | Clase 12 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3S3  | Clase 13 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 2R2  | Clase 14 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 2R3  | Clase 15 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3R2  | Clase 16 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3R3  | Clase 17 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |

| FECHA DE CONTEO: 06/05/2025 |      |          |                                                                                     |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|-----------------------------|------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|------------|---------|---------|------------|---------|---------|------------|
| CLASIFICACION               |      |          |                                                                                     | 06 - 07 | 07 - 08 | 08 - 08:30 | 11 - 12 | 12 - 13 | 13 - 13:30 | 15 - 16 | 16 - 17 | 17 - 17:30 |
| LIVIANOS                    | MOTO | Clase 1  |    | 9       | 8       | 4          | 5       | 1       |            | 1       | 5       |            |
|                             | AUTO | Clase 2  |    | 1       | 2       | 2          | 7       | 4       | 1          | 1       | 4       |            |
| CAMIONES LIVIANOS           | 2DA  | Clase 3  |    | 4       | 1       | 3          | 4       | 2       | 4          | 4       | 3       | 2          |
|                             | 2DB  | Clase 4  |    |         | 4       | 2          | 7       | 2       | 5          | 7       | 3       | 2          |
| CAMIONES PESADOS            | 3-A  | Clase 5  |    | 4       | 3       | 4          | 3       | 4       | 3          |         |         |            |
|                             | 4-C  | Clase 6  |    |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 4-0  | Clase 7  |    |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
| TRACTOR CAMION              | 2S1  | Clase 8  |   |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 2S2  | Clase 9  |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 2S3  | Clase 10 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3S1  | Clase 11 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3S2  | Clase 12 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3S3  | Clase 13 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 2R2  | Clase 14 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 2R3  | Clase 15 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3R2  | Clase 16 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |
|                             | 3R3  | Clase 17 |  |         |         |            |         |         |            |         |         |            |

## Anexo 3: Ensayos de granulometría, límites de consistencia y contenido de humedad.

### Calicata 1

| <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <b>LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b><br/> <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b> </div> </div> |        |               |                |                |                |                 |             |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-------------|--|--|
| <b>PROYECTO:</b> ESTUDIOS DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA VÍA AL SITIO EL QUEMADO, CANTON STA. ROSA, PROVINCIA DE EL ORO.                                                                                                     |        |               |                |                |                |                 |             |  |  |
| <b>Calicata N°:</b> 1                                                                                                                                                                                                        |        |               |                |                |                |                 |             |  |  |
| <b>Profundidad:</b> Mejoramiento                                                                                                                                                                                             |        |               |                |                |                |                 |             |  |  |
| <b>Fecha de toma:</b> 19/4/2025                                                                                                                                                                                              |        |               |                |                |                |                 |             |  |  |
| <b>Abscisa:</b> 0+200 km<br><b>Localiz:</b> cantón Sta. Rosa.                                                                                                                                                                |        |               |                |                |                |                 |             |  |  |
| <b>GRANULOMETRÍA (AASHTO T27 - ASTM D422)</b>                                                                                                                                                                                |        |               |                |                |                |                 |             |  |  |
| TAMIZ                                                                                                                                                                                                                        |        | PESO RETENIDO |                | PORCENTAJE     |                |                 |             |  |  |
| N°                                                                                                                                                                                                                           | Pulg.  | mm            | RETEN. PARCIAL | RETEN. ACUMUL. | RETEN. ACUMUL. | PASANTE ACUMUL. | Observación |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                              | 4"     | 100           |                |                | -              | 100.00          |             |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                              | 3"     | 76.2          |                |                | -              | 100.00          |             |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                              | 2 1/2" | 63.5          |                |                | -              | 100.00          |             |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                              | 2"     | 50.80         |                | 470.0          | 2.66           | 97.34           |             |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                              | 1 1/2" | 38.10         |                | 810.0          | 4.59           | 95.41           |             |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                              | 1"     | 25.40         |                | 2,015.0        | 11.42          | 88.58           |             |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                              | 3/4"   | 19.00         |                | 2,610.0        | 14.80          | 85.20           |             |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                              | 1/2"   | 12.70         |                | 4,020.0        | 22.79          | 77.21           |             |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                              | 3/8"   | 9.53          |                | 4,755.0        | 26.96          | 73.04           |             |  |  |
| N°4                                                                                                                                                                                                                          | 0.187  | 4.75          |                | 6,285.0        | 35.63          | (64.4)          |             |  |  |
| < N°4                                                                                                                                                                                                                        |        |               |                | 11,355.0       | 64.37          |                 |             |  |  |
| N°8                                                                                                                                                                                                                          | 0.0937 | 2.38          |                | -              | -              | -               |             |  |  |
| N°10                                                                                                                                                                                                                         | 0.0787 | 2.00          |                | 43.70          | 0.25           | 59.18           |             |  |  |
| N°30                                                                                                                                                                                                                         | 0.0234 | 0.69          |                | -              | -              | -               |             |  |  |
| N°40                                                                                                                                                                                                                         | 0.0165 | 0.42          |                | 218.90         | 1.24           | 38.38           |             |  |  |
| N°50                                                                                                                                                                                                                         | 0.0117 | 0.30          |                | -              | -              | -               |             |  |  |
| N°100                                                                                                                                                                                                                        | 0.0059 | 0.15          |                | -              | -              | -               |             |  |  |
| N°200                                                                                                                                                                                                                        | 0.0029 | 0.075         |                | 414.80         | 2.35           | 15.12           |             |  |  |
| < N°200                                                                                                                                                                                                                      |        |               |                | 101.60         | 0.58           |                 |             |  |  |
| FONDO                                                                                                                                                                                                                        |        |               |                | 24.7           |                |                 |             |  |  |
| TOTAL                                                                                                                                                                                                                        |        |               |                | 17640          |                |                 |             |  |  |

|              |      |                    |       |
|--------------|------|--------------------|-------|
| <b>GRAVA</b> | 36 % | <b>PESO LAVADO</b> |       |
| <b>ARENA</b> | 49 % | ANTES              | 542.1 |
| <b>FINOS</b> | 15 % | DESPUÉS            | 440.5 |

> N°4      < N°4  
 PESO ANTES TAMIZ

| LÍMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL |                |  |  |  |                 |  |  |  |                    |
|-------------------------------------------|----------------|--|--|--|-----------------|--|--|--|--------------------|
| NORMA                                     | AASHTO T 89-76 |  |  |  | AASHTO T-90     |  |  |  | AASHTO T265        |
| LÍMITES:                                  | LÍMITE LÍQUIDO |  |  |  | LÍMITE PLÁSTICO |  |  |  | CONTENIDO HUMEDAD  |
| RECIP. N°                                 |                |  |  |  |                 |  |  |  | A45      A16       |
| PESO RECIP. (Wr)                          |                |  |  |  |                 |  |  |  | 31.43      30.55   |
| NÚMERO DE GOLPES                          |                |  |  |  |                 |  |  |  |                    |
| PESO HÚMED. + RECIP. (W1)                 |                |  |  |  |                 |  |  |  | 172.01      166.09 |
| PESO SECO + RECIP. (W2)                   |                |  |  |  |                 |  |  |  | 156.34      151.3  |
| PESO DE AGUA (Ww)                         |                |  |  |  |                 |  |  |  | 15.67      14.79   |
| PESO SECO (Ws)                            |                |  |  |  |                 |  |  |  | 124.91      120.75 |
| HUMEDAD w % = $\frac{Ww}{Ws} \times 100$  |                |  |  |  |                 |  |  |  | 12.55      12.25   |

|                                                     |         |
|-----------------------------------------------------|---------|
| LÍMITE LÍQUIDO                                      | NP %    |
| LÍMITE PLÁSTICO                                     | NP %    |
| ÍNDICE PLASTICIDAD                                  | NP %    |
| HUMEDAD NATURAL                                     | 12.40 % |
| ÍNDICE DE GRUPO:                                    | 0       |
| CLASIFICACIÓN SUCS                                  | SM      |
| Arena limosa con grava                              |         |
| AASHTO                                              | A-1-b   |
| GRUPO: suelo de partículas gruesas con fino (sucio) |         |
| SUBGRUPO: Excelente a bueno como subgrado           |         |
| Fragmentos de roca, grava y arena                   |         |
| Material Granular                                   |         |

**DESCRIPC. DEL MATERIAL:**  
 Muestra 1 : Grava con finos color café  
 Uso material: Para estudio  
 Realiz. por: Davis Ariel Tinizaray López  
 Estudiante de Ingeniería Civil



## LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO



**PROYECTO:** ESTUDIOS DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA VÍA AL SITIO EL QUEMADO, CANTON STA. ROSA, PROVINCIA DE EL ORO.

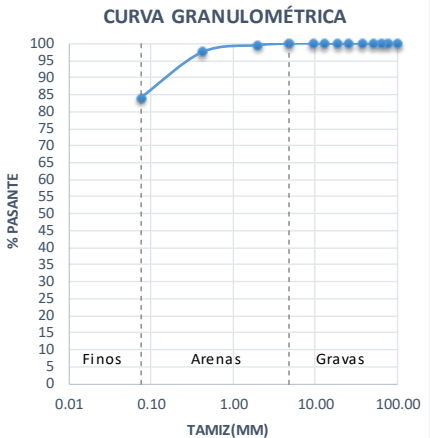
**Calicata N°:** 1

**Profundidad:** 0.5 m

**Fecha de toma:** 19/4/2025

**Abscisa:** 0+200 km  
**Localiz:** cantón Sta. Rosa.

| GRANULOMETRÍA (AASHTO T27 - ASTM D422) |         |        |                |                |                |                 |             |
|----------------------------------------|---------|--------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-------------|
| TAMIZ                                  |         |        | PESO RETENIDO  |                | PORCENTAJE     |                 | Observación |
| N°                                     | Pulg.   | mm     | RETEN. PARCIAL | RETEN. ACUMUL. | RETEN. ACUMUL. | PASANTE ACUMUL. |             |
|                                        | 4"      | 100    |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                        | 3"      | 76.2   |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                        | 2 1/2"  | 63.5   |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                        | 2"      | 50.80  |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                        | 1 1/2"  | 38.10  |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                        | 1"      | 25.40  |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                        | 3/4"    | 19.00  |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                        | 1/2"    | 12.70  |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                        | 3/8"    | 9.53   |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                        | N°4     | 0.187  |                |                | -              | (100.0)         |             |
|                                        | < N°4   |        |                | 470.7          | 100.00         |                 |             |
|                                        | N°8     | 0.0937 |                |                | -              |                 |             |
|                                        | N°10    | 0.0787 |                |                | 2.30           | 0.49            | 99.51       |
|                                        | N°30    | 0.0234 |                |                |                |                 |             |
|                                        | N°40    | 0.0165 |                |                | 12.20          | 2.59            | 97.41       |
|                                        | N°50    | 0.0117 |                |                |                |                 |             |
|                                        | N°100   | 0.0059 |                |                |                |                 |             |
|                                        | N°200   | 0.0029 |                |                | 75.50          | 16.04           | 83.96       |
|                                        | < N°200 |        |                |                | 388.70         | 82.58           |             |
|                                        | FONDO   |        |                |                | 6.8            |                 |             |
|                                        | TOTAL   |        |                | 470.7          |                |                 |             |

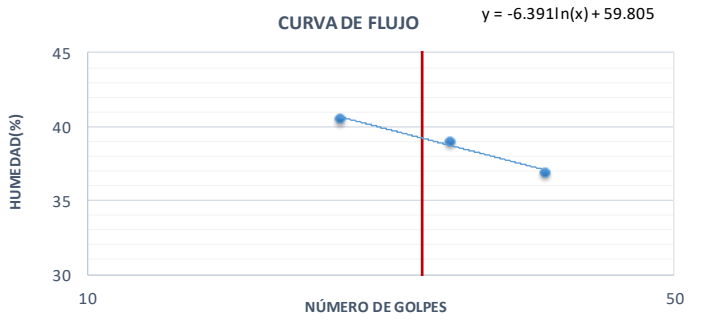


|       |      |             |       |
|-------|------|-------------|-------|
| GRAVA | 0 %  | PESO LAVADO |       |
| ARENA | 16 % | ANTES       | 470.7 |
| FINOS | 84 % | DESPUÉS     | 82    |

> N°4      < N°4

PESO ANTES TAMIZ

| LÍMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL  |                |       |       |                 |       |       |       |                   |        |
|--------------------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------------------|--------|
| NORMA                                      | AASHTO T 89-76 |       |       | AASHTO T-90     |       |       |       | AASHTO T265       |        |
| LÍMITES:                                   | LÍMITE LÍQUIDO |       |       | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |       | CONTENIDO HUMEDAD |        |
| RECIP. N°                                  | E24            | E80   | E11   | F24             | F89   | F78   | F49   | A39               | A46    |
| PESO RECIP (W <sub>r</sub> )               | 11.23          | 11.28 | 11.39 | 4.32            | 4.28  | 4.27  | 4.3   | 31.58             | 31.69  |
| NÚMERO DE GOLPES                           | 35             | 27    | 20    |                 |       |       |       |                   |        |
| PESO HÚMED.+RECIP. (W <sub>1</sub> )       | 19.31          | 20.37 | 23.28 | 13.57           | 12.11 | 12.22 | 18.11 | 192.97            | 175.19 |
| PESO SECO + RECIP. (W <sub>2</sub> )       | 17.13          | 17.82 | 19.85 | 11.27           | 10.34 | 10.46 | 14.69 | 163.01            | 147.18 |
| PESO DE AGUA (W <sub>w</sub> )             | 2.18           | 2.55  | 3.43  | 2.30            | 1.77  | 1.76  | 3.42  | 29.96             | 28.01  |
| PESO SECO (W <sub>s</sub> )                | 5.90           | 6.54  | 8.46  | 6.95            | 6.06  | 6.19  | 10.39 | 131.43            | 115.49 |
| HUMEDAD w % = $\frac{W_w}{W_s} \times 100$ | 36.95          | 38.99 | 40.54 | 33.09           | 29.21 | 28.43 | 32.92 | 22.80             | 24.25  |



|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| LÍMITE LÍQUIDO                       | 39.23 %    |
| LÍMITE PLÁSTICO                      | 30.91 %    |
| ÍNDICE PLASTICIDAD                   | 8.32 %     |
| HUMEDAD NATURAL                      | 23.52 %    |
| ÍNDICE DE GRUPO:                     | 8          |
| CLASIFICACIÓN SUCS                   | <b>ML</b>  |
| Limo de baja plasticidad con arena   |            |
| AASHTO                               | <b>A-4</b> |
| GRUPO: Suelo de partículas finas     |            |
| SUBGRUPO: Pobre a malo como subgrado |            |
| <b>Suelo limoso</b>                  |            |
| Material limoso-arenoso              |            |

**DESCRIPC. DEL MATERIAL:**

Muestra 1 : Fino arcilloso café oscuro

Uso material: Para estudio

Realiz. por: Davis Ariel Tinizaray López

**Estudiante de Ingeniería Civil**



## LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

PROYECTO: ESTUDIOS DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA VÍA AL SITIO EL QUEMADO, CANTON STA. ROSA, PROVINCIA DE EL ORO.

Calicata N° 1

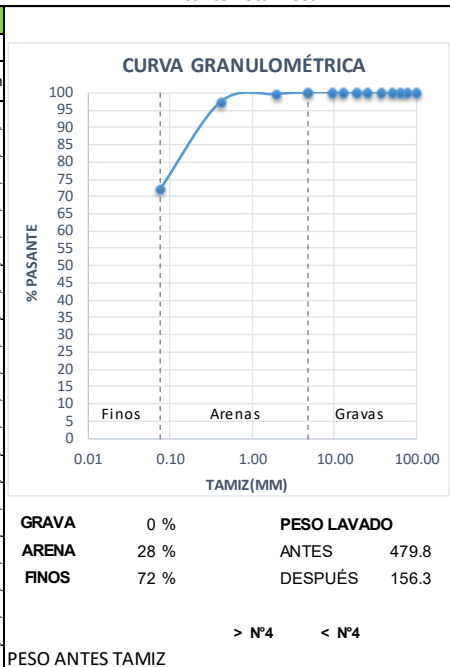
Profundidad: 1 m

Fecha de toma: 19/4/2025

Abscisa: 0+200 km

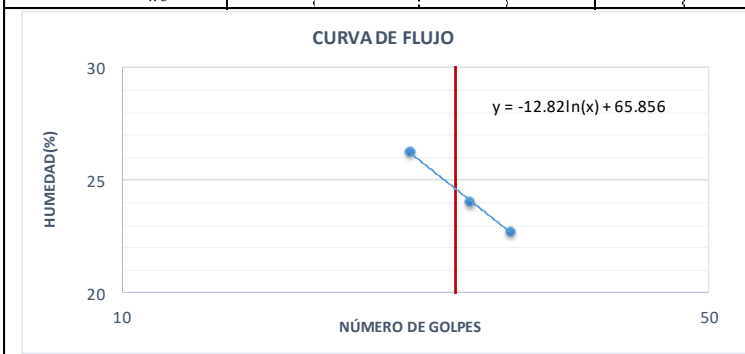
Localiz: cantón Sta. Rosa.

| GRANULOMETRÍA (AASHTO T27 - ASTM D422) |        |       |                |                |                |                 |
|----------------------------------------|--------|-------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| TAMIZ                                  |        |       | PESO RETENIDO  |                | PORCENTAJE     |                 |
| N°                                     | Pulg.  | mm    | RETEN. PARCIAL | RETEN. ACUMUL. | RETEN. ACUMUL. | PASANTE ACUMUL. |
|                                        | 4"     | 100   |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 3"     | 76.2  |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 2 1/2" | 63.5  |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 2"     | 50.80 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 1 1/2" | 38.10 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 1"     | 25.40 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 3/4"   | 19.00 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 1/2"   | 12.70 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 3/8"   | 9.53  |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | N°4    | 0.187 |                |                | -              | (100.0)         |
| < N°4                                  |        |       |                | 479.8          | 100.00         |                 |
| N°8                                    | 0.0937 | 2.38  |                | -              | -              |                 |
| N°10                                   | 0.0787 | 2.00  |                | 2.50           | 0.52           | 99.48           |
| N°30                                   | 0.0234 | 0.69  |                |                | -              |                 |
| N°40                                   | 0.0165 | 0.42  |                | 12.80          | 2.67           | 97.33           |
| N°50                                   | 0.0117 | 0.30  |                |                | -              |                 |
| N°100                                  | 0.0059 | 0.15  |                |                | -              |                 |
| N°200                                  | 0.0029 | 0.075 |                | 134.10         | 27.95          | 72.05           |
| < N°200                                |        |       |                | 323.50         | 67.42          |                 |
| FONDO                                  |        |       |                | 22             |                |                 |
| TOTAL                                  |        |       | 479.8          |                |                |                 |



### LÍMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

| NORMA                                      | AASHTO T 89-76 |       |       | AASHTO T-90     |       |       |       | AASHTO T265       |        |
|--------------------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------------------|--------|
| LÍMITES:                                   | LÍMITE LÍQUIDO |       |       | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |       | CONTENIDO HUMEDAD |        |
| RECIP. N°                                  | E91            | E45   | E63   | F93             | F9    | F60   | F95   | A96               | A40    |
| PESO RECIP. (W <sub>r</sub> )              | 11.44          | 11.27 | 11.12 | 4.29            | 4.29  | 4.3   | 4.27  | 31.59             | 31.62  |
| NÚMERO DE GOLPES                           | 29             | 26    | 22    |                 |       |       |       |                   |        |
| PESO HÚMED. + RECIP. (W <sub>1</sub> )     | 27.42          | 19.99 | 21.12 | 8.13            | 9.58  | 8.65  | 10.63 | 181.35            | 196.87 |
| PESO SECO + RECIP. (W <sub>2</sub> )       | 24.46          | 18.30 | 19.04 | 7.44            | 8.67  | 7.91  | 9.5   | 155.49            | 168.47 |
| PESO DE AGUA (W <sub>w</sub> )             | 2.96           | 1.69  | 2.08  | 0.69            | 0.91  | 0.74  | 1.13  | 25.86             | 28.40  |
| PESO SECO (W <sub>s</sub> )                | 13.02          | 7.03  | 7.92  | 3.15            | 4.38  | 3.61  | 5.23  | 123.90            | 136.85 |
| HUMEDAD w % = $\frac{W_w}{W_s} \times 100$ | 22.73          | 24.04 | 26.26 | 21.90           | 20.78 | 20.50 | 21.61 | 20.87             | 20.75  |



|                                      |         |
|--------------------------------------|---------|
| LÍMITE LÍQUIDO                       | 24.59 % |
| LÍMITE PLÁSTICO                      | 21.20 % |
| ÍNDICE PLASTICIDAD                   | 3.39 %  |
| HUMEDAD NATURAL                      | 20.81 % |
| ÍNDICE DE GRUPO:                     | 1       |
| CLASIFICACIÓN SUCS                   | ML      |
| Limo de baja plasticidad con arena   |         |
| AASHTO                               | A-4     |
| GRUPO: Suelo de partículas finas     |         |
| SUBGRUPO: Pobre a malo como subgrado |         |
| Suelo limoso                         |         |
| Material limoso-arenoso              |         |

#### DESCRIPC. DEL MATERIAL:

Muestra 1 : Fino arenoso arcilloso café rojizo

Uso material: Para estudio

Realiz. por:

Davis Ariel Tinizaray López

Estudiante de Ingeniería Civil



## LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO



**PROYECTO:** ESTUDIOS DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA VÍA AL SITIO EL QUEMADO, CANTON STA. ROSA, PROVINCIA DE EL ORO.

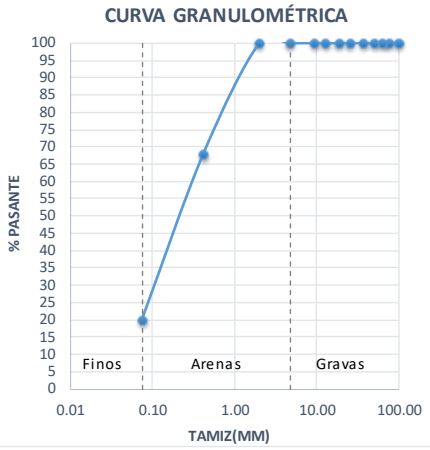
**Calicata N°:** 1

**Profundidad:** 1.5 m

**Fecha de toma:** 19/4/2025

**Abscisa:** 0+200 km  
**Localiz:** cantón Sta. Rosa.

| GRANULOMETRÍA (AASHTO T27 - ASTM D422) |         |        |                |                |                |                 |             |
|----------------------------------------|---------|--------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-------------|
| TAMIZ                                  |         |        | PESO RETENIDO  |                | PORCENTAJE     |                 | Observación |
| N°                                     | Pulg.   | mm     | RETEN. PARCIAL | RETEN. ACUMUL. | RETEN. ACUMUL. | PASANTE ACUMUL. |             |
|                                        | 4"      | 100    |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                        | 3"      | 76.2   |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                        | 2 1/2"  | 63.5   |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                        | 2"      | 50.80  |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                        | 1 1/2"  | 38.10  |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                        | 1"      | 25.40  |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                        | 3/4"    | 19.00  |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                        | 1/2"    | 12.70  |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                        | 3/8"    | 9.53   |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                        | N°4     | 0.187  |                |                | -              | (100.0)         |             |
|                                        | < N°4   |        |                | 604.8          | 100.00         |                 |             |
|                                        | N°8     | 0.0937 |                |                | -              |                 |             |
|                                        | N°10    | 0.0787 |                | 1.32           | 0.22           | 99.78           |             |
|                                        | N°30    | 0.0234 |                |                | -              |                 |             |
|                                        | N°40    | 0.0165 |                | 194.00         | 32.08          | 67.92           |             |
|                                        | N°50    | 0.0117 |                |                | -              |                 |             |
|                                        | N°100   | 0.0059 |                |                | -              |                 |             |
|                                        | N°200   | 0.0029 |                | 484.50         | 80.11          | 19.89           |             |
|                                        | < N°200 |        |                | 104.40         | 17.26          |                 |             |
|                                        | FONDO   |        |                | 14.6           |                |                 |             |
|                                        | TOTAL   |        |                | 604.8          |                |                 |             |



|       |      |             |       |
|-------|------|-------------|-------|
| GRAVA | 0 %  | PESO LAVADO |       |
| ARENA | 80 % | ANTES       | 604.8 |
| FINOS | 20 % | DESPUÉS     | 500.4 |

> N°4      < N°4

PESO ANTES TAMIZ

| LÍMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL  |                |   |                 |   |                   |
|--------------------------------------------|----------------|---|-----------------|---|-------------------|
| NORMA                                      | AASHTO T 89-76 |   | AASHTO T-90     |   | AASHTO T265       |
| LÍMITES:                                   | LÍMITE LÍQUIDO |   | LÍMITE PLÁSTICO |   | CONTENIDO HUMEDAD |
| RECIP. N°                                  |                |   |                 |   | A63    A25        |
| PESO RECIP (W <sub>r</sub> )               |                |   |                 |   | 31.57    31.45    |
| NÚMERO DE GOLPES                           |                |   |                 |   |                   |
| PESO HÚMED. + RECIP. (W <sub>1</sub> )     |                |   |                 |   | 219.43    242.92  |
| PESO SECO + RECIP. (W <sub>2</sub> )       |                |   |                 |   | 178.47    196.56  |
| PESO DE AGUA (W <sub>w</sub> )             | -              |   | -               | - | 40.96    46.36    |
| PESO SECO (W <sub>s</sub> )                | -              | - | -               | - | 146.90    165.11  |
| HUMEDAD w % = $\frac{W_w}{W_s} \times 100$ |                |   |                 |   | 27.88    28.08    |



|                                                     |         |
|-----------------------------------------------------|---------|
| LÍMITE LÍQUIDO                                      | NP %    |
| LÍMITE PLÁSTICO                                     | NP %    |
| ÍNDICE PLASTICIDAD                                  | NP %    |
| HUMEDAD NATURAL                                     | 27.98 % |
| ÍNDICE DE GRUPO:                                    | 0       |
| CLASIFICACIÓN SUCS                                  | SM      |
| Arena limosa                                        |         |
| AASHTO                                              | A-2-4   |
| GRUPO: suelo de partículas gruesas con fino (sucio) |         |
| SUBGRUPO: Excelente a bueno como subgrado           |         |
| Gravedad y arena arcillosa o limosa                 |         |
| Material granular                                   |         |

**DESCRIPC. DEL MATERIAL:**

Muestra 1 : Fino arenoso arcilloso café rojizo

Uso material: Para estudio

Realiz. por:  
Davis Ariel Tinizaray López  
Estudiante de Ingeniería Civil

## Calicata 2

|                                             |         | <b>LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>                                                               |                |                |                |                 |             |                                   |  |
|---------------------------------------------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-------------|-----------------------------------|--|
| <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b> |         |                                                                                                         |                |                |                |                 |             |                                   |  |
| <b>PROYECTO:</b>                            |         | ESTUDIOS DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA VÍA AL SITIO EL QUEMADO, CANTON STA. ROSA, PROVINCIA DE EL ORO. |                |                |                |                 |             |                                   |  |
| <b>Calicata N°</b>                          |         | 2                                                                                                       |                |                |                |                 |             |                                   |  |
| <b>Profundidad:</b>                         |         | Mejoramiento                                                                                            |                |                |                |                 |             |                                   |  |
| <b>Fecha de toma:</b>                       |         | 19/4/2025                                                                                               |                |                |                |                 |             |                                   |  |
|                                             |         | <b>Abscisa:</b> 1+200km                                                                                 |                |                |                |                 |             | <b>Localiz:</b> cantón Sta. Rosa. |  |
| GRANULOMETRÍA (AASHTO T27 - ASTM D422)      |         |                                                                                                         |                |                |                |                 |             |                                   |  |
| TAMIZ                                       |         |                                                                                                         | PESO RETENIDO  |                | PORCENTAJE     |                 | Observación |                                   |  |
| N°                                          | Pulg.   | mm                                                                                                      | RETEN. PARCIAL | RETEN. ACUMUL. | RETEN. ACUMUL. | PASANTE ACUMUL. |             |                                   |  |
|                                             | 4"      | 100                                                                                                     |                |                | -              | 100.00          |             |                                   |  |
|                                             | 3"      | 76.2                                                                                                    |                | 2,075.0        | 7.00           | 93.00           |             |                                   |  |
|                                             | 2 1/2"  | 63.5                                                                                                    |                | 2,075.0        | 7.00           | 93.00           |             |                                   |  |
|                                             | 2"      | 50.80                                                                                                   |                | 2,360.0        | 7.96           | 92.04           |             |                                   |  |
|                                             | 1 1/2"  | 38.10                                                                                                   |                | 2,715.0        | 9.16           | 90.84           |             |                                   |  |
|                                             | 1"      | 25.40                                                                                                   |                | 4,090.0        | 13.80          | 86.20           |             |                                   |  |
|                                             | 3/4"    | 19.00                                                                                                   |                | 4,830.0        | 16.30          | 83.70           |             |                                   |  |
|                                             | 1/2"    | 12.70                                                                                                   |                | 6,695.0        | 22.59          | 77.41           |             |                                   |  |
|                                             | 3/8"    | 9.53                                                                                                    |                | 7,820.0        | 26.39          | 73.61           |             |                                   |  |
|                                             | N°4     | 0.187                                                                                                   |                | 10,475.0       | 35.35          | (64.7)          |             |                                   |  |
|                                             | < N°4   |                                                                                                         |                | 19,160.0       | 64.65          |                 |             |                                   |  |
|                                             | N°8     | 0.0937                                                                                                  |                |                | -              |                 |             |                                   |  |
|                                             | N°10    | 0.0787                                                                                                  |                |                | 49.70          | 0.17            | 58.54       |                                   |  |
|                                             | N°30    | 0.0234                                                                                                  |                |                |                | -               |             |                                   |  |
|                                             | N°40    | 0.0165                                                                                                  |                |                | 186.10         | 0.63            | 41.76       |                                   |  |
|                                             | N°50    | 0.0117                                                                                                  |                |                |                | -               |             |                                   |  |
|                                             | N°100   | 0.0059                                                                                                  |                |                |                | -               |             |                                   |  |
|                                             | N°200   | 0.0029                                                                                                  |                |                | 388.10         | 1.31            | 16.90       |                                   |  |
|                                             | < N°200 |                                                                                                         |                |                | 130.00         | 0.44            |             |                                   |  |
|                                             | FONDO   |                                                                                                         |                |                | 7.2            |                 |             |                                   |  |
|                                             | TOTAL   |                                                                                                         |                | 29635          |                |                 |             |                                   |  |

|              |      |                    |       |
|--------------|------|--------------------|-------|
| <b>GRAVA</b> | 35 % | <b>PESO LAVADO</b> |       |
| <b>ARENA</b> | 48 % | <b>ANTES</b>       | 525.5 |
| <b>FINOS</b> | 17 % | <b>DESPUÉS</b>     | 395.5 |

> N°4      < N°4  
**PESO ANTES TAMIZ**

### LÍMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

| NORMA                                      | AASHTO T 89-76 |   | AASHTO T-90     |   | AASHTO T265       |        |
|--------------------------------------------|----------------|---|-----------------|---|-------------------|--------|
| LÍMITES:                                   | LÍMITE LÍQUIDO |   | LÍMITE PLÁSTICO |   | CONTENIDO HUMEDAD |        |
| RECIP. N°                                  |                |   |                 |   | A58               | N1     |
| PESO RECIP (W <sub>r</sub> )               |                |   |                 |   | 31.6              | 31.49  |
| NÚMERO DE GOLPES                           |                |   |                 |   |                   |        |
| PESO HÚMED.+RECIP. (W <sub>1</sub> )       |                |   |                 |   | 167.58            | 175.78 |
| PESO SECO + RECIP. (W <sub>2</sub> )       |                |   |                 |   | 160.66            | 168.23 |
| PESO DE AGUA (W <sub>w</sub> )             | -              |   | -               | - | 6.92              | 7.55   |
| PESO SECO (W <sub>s</sub> )                | -              | - | -               | - | 129.06            | 136.74 |
| HUMEDAD w % = $\frac{W_w}{W_s} \times 100$ |                |   |                 |   | 5.36              | 5.52   |

CURVA DE FLUJO

|                                                     |              |
|-----------------------------------------------------|--------------|
| LÍMITE LÍQUIDO                                      | NP %         |
| LÍMITE PLÁSTICO                                     | NP %         |
| ÍNDICE PLASTICIDAD                                  | NP %         |
| HUMEDAD NATURAL                                     | 5.44 %       |
| ÍNDICE DE GRUPO:                                    | 0            |
| CLASIFICACIÓN SUCS                                  | <b>SM</b>    |
| <b>Arena limosa con grava con bloques</b>           |              |
| AASHTO                                              | <b>A-1-b</b> |
| GRUPO: suelo de partículas gruesas con fino (sucio) |              |
| SUBGRUPO: Excelente a bueno como subgrado           |              |
| <b>Fragmentos de roca, grava y arena</b>            |              |
| <u>Material Granular</u>                            |              |

**DESCRIPC. DEL MATERIAL:**

Muestra 2 : Grava con finos color café claro

Uso material: Para estudio

Realiz. por:  
 Davis Ariel Tinizaray López  
 Estudiante de Ingeniería Civil



## LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

PROYECTO: ESTUDIOS DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA VÍA AL SITIO EL QUEMADO, CANTON STA. ROSA, PROVINCIA DE EL ORO.

Calicata N° 2

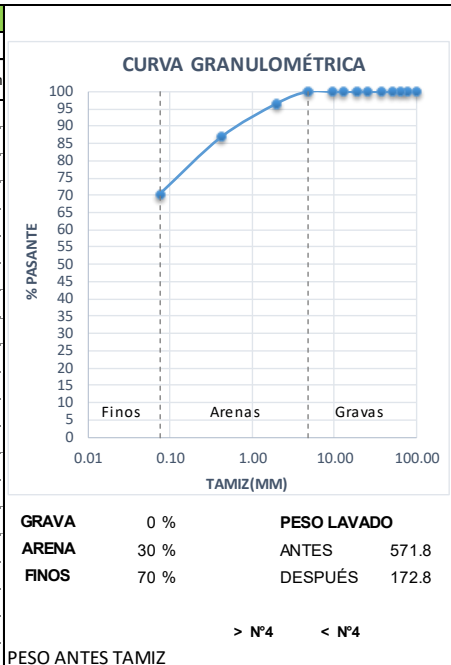
Profundidad: 0.5 m

Fecha de toma: 19/4/2025

Abscisa: 1+200km

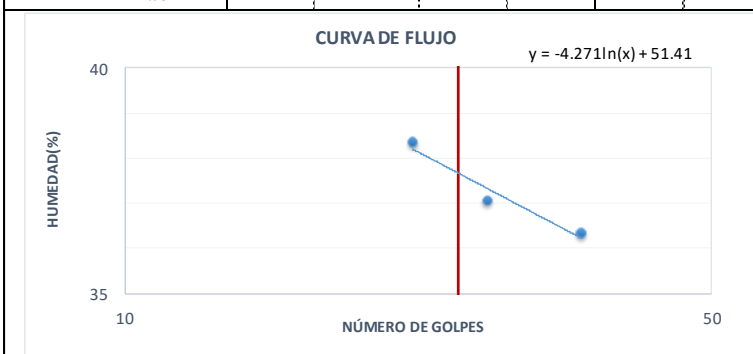
Localiz: cantón Sta. Rosa.

| GRANULOMETRÍA (AASHTO T27 - ASTM D422) |        |       |                |                |                |                 |
|----------------------------------------|--------|-------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| TAMIZ                                  |        |       | PESO RETENIDO  |                | PORCENTAJE     |                 |
| N°                                     | Pulg.  | mm    | RETEN. PARCIAL | RETEN. ACUMUL. | RETEN. ACUMUL. | PASANTE ACUMUL. |
|                                        | 4"     | 100   |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 3"     | 76.2  |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 2 1/2" | 63.5  |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 2"     | 50.80 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 1 1/2" | 38.10 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 1"     | 25.40 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 3/4"   | 19.00 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 1/2"   | 12.70 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 3/8"   | 9.53  |                |                | -              | 100.00          |
| N°4                                    | 0.187  | 4.75  |                |                | -              | (100.0)         |
| < N°4                                  |        |       |                | 571.8          | 100.00         |                 |
| N°8                                    | 0.0937 | 2.38  |                |                | -              |                 |
| N°10                                   | 0.0787 | 2.00  |                | 19.70          | 3.45           | 96.55           |
| N°30                                   | 0.0234 | 0.69  |                |                | -              |                 |
| N°40                                   | 0.0165 | 0.42  |                | 75.50          | 13.20          | 86.80           |
| N°50                                   | 0.0117 | 0.30  |                |                | -              |                 |
| N°100                                  | 0.0059 | 0.15  |                |                | -              |                 |
| N°200                                  | 0.0029 | 0.075 |                | 170.00         | 29.73          | 70.27           |
| < N°200                                |        |       |                | 399.00         | 69.78          |                 |
| FONDO                                  |        |       |                | 2              |                |                 |
| TOTAL                                  |        |       | 571.8          |                |                |                 |



### LÍMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

| NORMA                                      | AASHTO T 89-76 |       |       | AASHTO T-90     |       |       |       | AASHTO T265       |        |
|--------------------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------------------|--------|
| LÍMITES:                                   | LÍMITE LÍQUIDO |       |       | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |       | CONTENIDO HUMEDAD |        |
| RECIP. N°                                  | E16            | E17   | E120  | F12             | F25   | F67   | F77   | A83               | A48    |
| PESO RECIP (W <sub>r</sub> )               | 11.15          | 11.38 | 11.44 | 4.32            | 4.26  | 4.27  | 4.27  | 31.53             | 31.47  |
| NÚMERO DE GOLPES                           | 35             | 27    | 22    |                 |       |       |       |                   |        |
| PESO HÚMED.+RECIP. (W <sub>1</sub> )       | 19.93          | 22.73 | 18.98 | 6.95            | 7.23  | 6.25  | 6.79  | 159.37            | 151.94 |
| PESO SECO + RECIP. (W <sub>2</sub> )       | 17.59          | 19.66 | 16.89 | 6.35            | 6.55  | 5.78  | 6.2   | 132.99            | 126.07 |
| PESO DE AGUA (W <sub>w</sub> )             | 2.34           | 3.07  | 2.09  | -               | 0.60  | 0.68  | 0.47  | 26.38             | 25.87  |
| PESO SECO (W <sub>s</sub> )                | 6.44           | 8.28  | 5.45  | -               | 2.03  | 2.29  | 1.93  | 101.46            | 94.60  |
| HUMEDAD w % = $\frac{W_w}{W_s} \times 100$ | 36.34          | 37.08 | 38.35 | 29.56           | 29.69 | 31.13 | 30.57 | 26.00             | 27.35  |



|                                      |         |
|--------------------------------------|---------|
| LÍMITE LÍQUIDO                       | 37.66 % |
| LÍMITE PLÁSTICO                      | 30.24 % |
| ÍNDICE PLASTICIDAD                   | 7.43 %  |
| HUMEDAD NATURAL                      | 26.67 % |
| ÍNDICE DE GRUPO:                     | 5       |
| CLASIFICACIÓN SUCS                   | ML      |
| Limo de baja plasticidad con arena   |         |
| AASHTO                               | A-4     |
| GRUPO: Suelo de partículas finas     |         |
| SUBGRUPO: Pobre a malo como subgrado |         |
| Suelo limoso                         |         |
| Material limoso-arenoso              |         |

#### DESCRIPC. DEL MATERIAL:

Muestra 2 : Fino arcilloso café oscuro

Uso material: Para estudio

Realiz. por:

Davis Ariel Tinizaray López

Estudiante de Ingeniería Civil



# LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

PROYECTO: ESTUDIOS DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA VÍA AL SITIO EL QUEMADO, CANTON STA. ROSA, PROVINCIA DE EL ORO.

Calicata N° 2

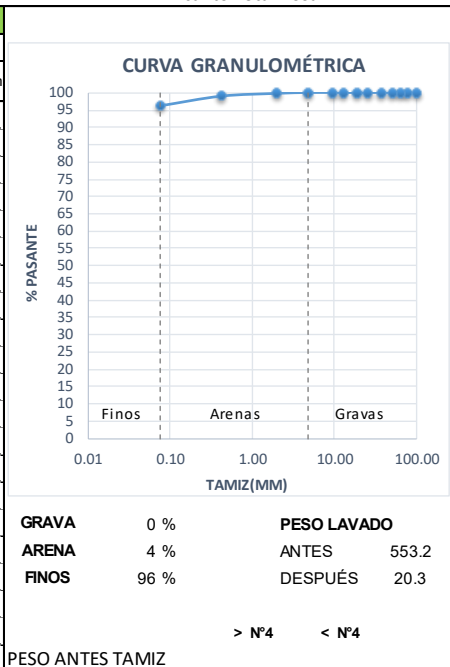
Profundidad: 1 m

Fecha de toma: 19/4/2025

Abscisa: 1+200km

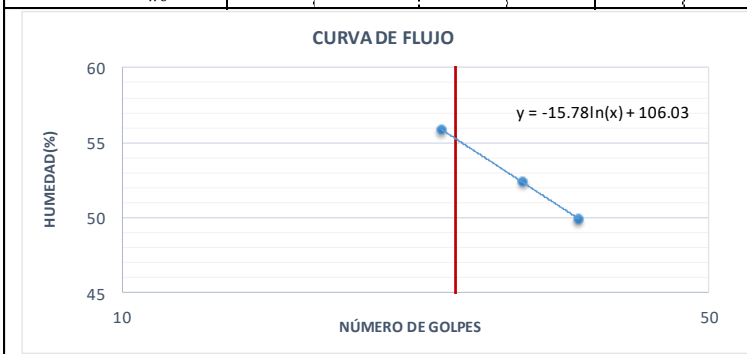
Localiz: cantón Sta. Rosa.

| GRANULOMETRÍA (AASHTO T27 - ASTM D422) |        |       |                |                |                |                 |
|----------------------------------------|--------|-------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| TAMIZ                                  |        |       | PESO RETENIDO  |                | PORCENTAJE     |                 |
| N°                                     | Pulg.  | mm    | RETEN. PARCIAL | RETEN. ACUMUL. | RETEN. ACUMUL. | PASANTE ACUMUL. |
|                                        | 4"     | 100   |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 3"     | 76.2  |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 2 1/2" | 63.5  |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 2"     | 50.80 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 1 1/2" | 38.10 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 1"     | 25.40 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 3/4"   | 19.00 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 1/2"   | 12.70 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 3/8"   | 9.53  |                |                | -              | 100.00          |
| N°4                                    | 0.187  | 4.75  |                |                | -              | (100.0)         |
| < N°4                                  |        |       |                | 553.2          | 100.00         |                 |
| N°8                                    | 0.0937 | 2.38  |                | -              | -              |                 |
| N°10                                   | 0.0787 | 2.00  |                | 1.30           | 0.23           | 99.77           |
| N°30                                   | 0.0234 | 0.69  |                |                | -              |                 |
| N°40                                   | 0.0165 | 0.42  |                | 5.50           | 0.99           | 99.01           |
| N°50                                   | 0.0117 | 0.30  |                |                | -              |                 |
| N°100                                  | 0.0059 | 0.15  |                |                | -              |                 |
| N°200                                  | 0.0029 | 0.075 |                | 20.30          | 3.67           | 96.33           |
| < N°200                                |        |       |                | 532.90         | 96.33          |                 |
| FONDO                                  |        |       |                | 0              |                |                 |
| TOTAL                                  |        |       | 553.2          |                |                |                 |



## LÍMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

| NORMA                                      | AASHTO T 89-76 |       |       | AASHTO T-90     |       |       |       | AASHTO T265       |        |
|--------------------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------------------|--------|
| LÍMITES:                                   | LÍMITE LÍQUIDO |       |       | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |       | CONTENIDO HUMEDAD |        |
| RECIP. N°                                  | E16            | E99   | E79   | F98             | F42   | F37   | F119  | A42               | A1     |
| PESO RECIP. (W <sub>r</sub> )              | 11.17          | 11.41 | 11.32 | 4.31            | 4.28  | 4.26  | 4.26  | 30.46             | 31.51  |
| NÚMERO DE GOLPES                           | 35             | 30    | 24    |                 |       |       |       |                   |        |
| PESO HÚMED. + RECIP. (W <sub>1</sub> )     | 19.52          | 18.97 | 19.55 | 8.44            | 8.81  | 8.93  | 8.13  | 118.62            | 143.64 |
| PESO SECO + RECIP. (W <sub>2</sub> )       | 16.74          | 16.37 | 16.60 | 7.26            | 7.55  | 7.55  | 7.02  | 93.03             | 111.84 |
| PESO DE AGUA (W <sub>w</sub> )             | 2.78           | 2.60  | 2.95  | -               | 1.18  | 1.26  | 1.38  | 25.59             | 31.80  |
| PESO SECO (W <sub>s</sub> )                | 5.57           | 4.96  | 5.28  | -               | 2.95  | 3.27  | 2.76  | 62.57             | 80.33  |
| HUMEDAD w % = $\frac{W_w}{W_s} \times 100$ | 49.91          | 52.42 | 55.87 | 40.00           | 38.53 | 41.95 | 40.22 | 40.90             | 39.59  |



|                                      |         |
|--------------------------------------|---------|
| LÍMITE LÍQUIDO                       | 55.24 % |
| LÍMITE PLÁSTICO                      | 40.17 % |
| ÍNDICE PLASTICIDAD                   | 15.06 % |
| HUMEDAD NATURAL                      | 40.24 % |
| ÍNDICE DE GRUPO:                     | 21      |
| CLASIFICACIÓN SUCS                   | MH      |
| Limo de alta plasticidad             |         |
| AASHTO                               | A-7-5   |
| GRUPO: Suelo de partículas finas     |         |
| SUBGRUPO: Pobre a malo como subgrado |         |
| Suelo arcilloso                      |         |
| Material limoso-arenoso              |         |

### DESCRIPC. DEL MATERIAL:

Muestra 2 : Limo arcilloso café rojizo

Uso material: Para estudio

Realiz. por:

Davis Ariel Tinizaray López

Estudiante de Ingeniería Civil



# LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

PROYECTO: ESTUDIOS DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA VÍA AL SITIO EL QUEMADO, CANTON STA. ROSA, PROVINCIA DE EL ORO.

Calicata N° 2

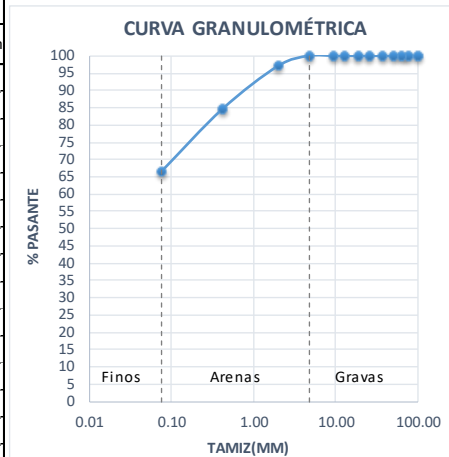
Profundidad: 1.5 m

Fecha de toma: 19/4/2025

Abscisa: 1+200km

Localiz: cantón Sta. Rosa.

| GRANULOMETRÍA (AASHTO T27 - ASTM D422) |        |       |                |                |                |                 |
|----------------------------------------|--------|-------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| TAMIZ                                  |        |       | PESO RETENIDO  |                | PORCENTAJE     |                 |
| N°                                     | Pulg.  | mm    | RETEN. PARCIAL | RETEN. ACUMUL. | RETEN. ACUMUL. | PASANTE ACUMUL. |
|                                        | 4"     | 100   |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 3"     | 76.2  |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 2 1/2" | 63.5  |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 2"     | 50.80 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 1 1/2" | 38.10 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 1"     | 25.40 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 3/4"   | 19.00 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 1/2"   | 12.70 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 3/8"   | 9.53  |                |                | -              | 100.00          |
| N°4                                    | 0.187  | 4.75  |                |                | -              | (100.00)        |
| < N°4                                  |        |       |                | 593.0          | 100.00         |                 |
| N°8                                    | 0.0937 | 2.38  |                |                | -              |                 |
| N°10                                   | 0.0787 | 2.00  |                | 17.60          | 2.97           | 97.03           |
| N°30                                   | 0.0234 | 0.69  |                |                | -              |                 |
| N°40                                   | 0.0165 | 0.42  |                | 91.40          | 15.41          | 84.59           |
| N°50                                   | 0.0117 | 0.30  |                |                | -              |                 |
| N°100                                  | 0.0059 | 0.15  |                |                | -              |                 |
| N°200                                  | 0.0029 | 0.075 |                | 199.20         | 33.59          | 66.41           |
| < N°200                                |        |       |                | 390.80         | 65.90          |                 |
| FONDO                                  |        |       |                | 2.5            |                |                 |
| TOTAL                                  |        |       | 593            |                |                |                 |



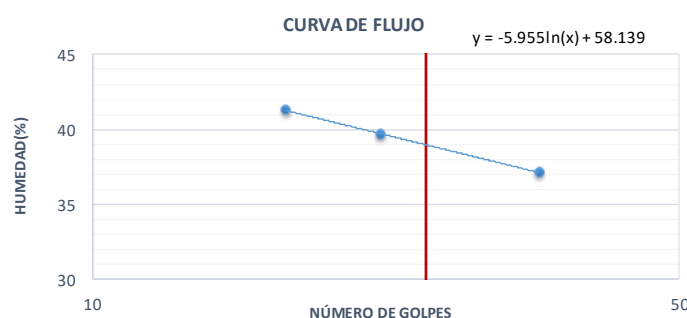
|       |      |             |       |
|-------|------|-------------|-------|
| GRAVA | 0 %  | PESO LAVADO |       |
| ARENA | 34 % | ANTES       | 593   |
| FINOS | 66 % | DESPUÉS     | 202.2 |

> N°4 < N°4

PESO ANTES TAMIZ

## LÍMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

| NORMA                                      | AASHTO T 89-76 |       |       | AASHTO T-90     |       |       |       | AASHTO T265       |        |
|--------------------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------------------|--------|
| LÍMITES:                                   | LÍMITE LÍQUIDO |       |       | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |       | CONTENIDO HUMEDAD |        |
| RECIP. N°                                  | E71            | E17   | E72   | F67             | F112  | F16   | F59   | A51               | A24    |
| PESO RECIP (W <sub>r</sub> )               | 11.20          | 11.37 | 11.23 | 4.26            | 4.28  | 4.32  | 4.3   | 31.61             | 31.33  |
| NÚMERO DE GOLPES                           | 34             | 22    | 17    |                 |       |       |       |                   |        |
| PESO HUMED. + RECIP. (W <sub>1</sub> )     | 20.54          | 20.66 | 20.23 | 7.71            | 7.85  | 8.7   | 8.25  | 137.41            | 132.21 |
| PESO SECO + RECIP. (W <sub>2</sub> )       | 18.01          | 18.02 | 17.60 | 7.01            | 7.09  | 7.5   | 7.66  | 105.98            | 102.06 |
| PESO DE AGUA (W <sub>w</sub> )             | 2.53           | 2.64  | 2.63  | -               | 0.70  | 0.76  | 1.20  | 31.43             | 30.15  |
| PESO SECO (W <sub>s</sub> )                | 6.81           | 6.65  | 6.37  | -               | 2.75  | 2.81  | 3.36  | 74.37             | 70.73  |
| HUMEDAD w % = $\frac{W_w}{W_s} \times 100$ | 37.15          | 39.70 | 41.29 | 25.45           | 27.05 | 37.74 | 17.56 | 42.26             | 42.63  |



|                                      |         |
|--------------------------------------|---------|
| LÍMITE LÍQUIDO                       | 38.97 % |
| LÍMITE PLÁSTICO                      | 26.95 % |
| ÍNDICE PLASTICIDAD                   | 12.02 % |
| HUMEDAD NATURAL                      | 42.44 % |
| ÍNDICE DE GRUPO:                     | 7       |
| CLASIFICACIÓN SUCS                   | ML      |
| Limo de baja plasticidad arenoso     |         |
| AASHTO                               | A-6     |
| GRUPO: Suelo de partículas finas     |         |
| SUBGRUPO: Pobre a malo como subgrado |         |
| Suelo arcilloso                      |         |
| Material limoso-arenoso              |         |

### DESCRIPC. DEL MATERIAL:

Muestra 2 : Limo arcilloso café rojizo

Uso material: Para estudio

Realiz. por:

Davis Ariel Tinizaray López

Estudiante de Ingeniería Civil

### Calicata 3

| LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS     |        |                                                                                                         |                |                |                |                            |             |  |  |
|----------------------------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------|-------------|--|--|
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO   |        |                                                                                                         |                |                |                |                            |             |  |  |
| PROYECTO:                              |        | ESTUDIOS DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA VÍA AL SITIO EL QUEMADO, CANTON STA. ROSA, PROVINCIA DE EL ORO. |                |                |                |                            |             |  |  |
| Calicata N°                            |        | 3                                                                                                       |                |                |                |                            |             |  |  |
| Profundidad:                           |        | Mejoramiento                                                                                            |                |                |                |                            |             |  |  |
| Fecha de toma:                         |        | 19/4/2025                                                                                               |                |                |                |                            |             |  |  |
|                                        |        | Abscisa: 2+500 km                                                                                       |                |                |                | Localiz: cantón Sta. Rosa. |             |  |  |
| GRANULOMETRÍA (AASHTO T27 - ASTM D422) |        |                                                                                                         |                |                |                |                            |             |  |  |
| TAMIZ                                  |        |                                                                                                         | PESO RETENIDO  |                | PORCENTAJE     |                            |             |  |  |
| N°                                     | Pulg.  | mm                                                                                                      | RETEN. PARCIAL | RETEN. ACUMUL. | RETEN. ACUMUL. | PASANTE ACUMUL.            | Observación |  |  |
|                                        | 4"     | 100                                                                                                     |                |                | -              | 100.00                     |             |  |  |
|                                        | 3"     | 76.2                                                                                                    |                | 2,475.0        | 6.31           | 93.69                      |             |  |  |
|                                        | 2 1/2" | 63.5                                                                                                    |                | 2,935.0        | 7.48           | 92.52                      |             |  |  |
|                                        | 2"     | 50.80                                                                                                   |                | 4,760.0        | 12.13          | 87.87                      |             |  |  |
|                                        | 1 1/2" | 38.10                                                                                                   |                | 6,285.0        | 16.02          | 83.98                      |             |  |  |
|                                        | 1"     | 25.40                                                                                                   |                | 8,310.0        | 21.18          | 78.82                      |             |  |  |
|                                        | 3/4"   | 19.00                                                                                                   |                | 9,340.0        | 23.80          | 76.20                      |             |  |  |
|                                        | 1/2"   | 12.70                                                                                                   |                | 11,340.0       | 28.90          | 71.10                      |             |  |  |
|                                        | 3/8"   | 9.53                                                                                                    |                | 12,535.0       | 31.94          | 68.06                      |             |  |  |
| N°4                                    | 0.187  | 4.75                                                                                                    |                | 15,505.0       | 39.51          | (60.5)                     |             |  |  |
| < N°4                                  |        |                                                                                                         |                | 23,735.0       | 60.49          |                            |             |  |  |
| N°8                                    | 0.0937 | 2.38                                                                                                    |                | -              | -              |                            |             |  |  |
| N°10                                   | 0.0787 | 2.00                                                                                                    |                | 75.60          | 0.19           | 53.27                      |             |  |  |
| N°30                                   | 0.0234 | 0.69                                                                                                    |                | -              | -              |                            |             |  |  |
| N°40                                   | 0.0165 | 0.42                                                                                                    |                | 297.50         | 0.76           | 32.07                      |             |  |  |
| N°50                                   | 0.0117 | 0.30                                                                                                    |                | -              | -              |                            |             |  |  |
| N°100                                  | 0.0059 | 0.15                                                                                                    |                | -              | -              |                            |             |  |  |
| N°200                                  | 0.0029 | 0.075                                                                                                   |                | 493.60         | 1.26           | 13.34                      |             |  |  |
| < N°200                                |        |                                                                                                         |                | 132.50         | 0.34           |                            |             |  |  |
| FONDO                                  |        |                                                                                                         |                | 7.2            |                |                            |             |  |  |
| TOTAL                                  |        |                                                                                                         |                | 39240          |                |                            |             |  |  |

|       |      |             |       |
|-------|------|-------------|-------|
| GRAVA | 40 % | PESO LAVADO |       |
| ARENA | 47 % | ANTES       | 633.3 |
| FINOS | 13 % | DESPUÉS     | 500.8 |

> N°4      < N°4

PESO ANTES TAMIZ

PESO ANTES TAMIZ

#### LÍMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

| NORMA                                      | AASHTO T 89-76 | AASHTO T-90     | AASHTO T265       |
|--------------------------------------------|----------------|-----------------|-------------------|
| LÍMITES:                                   | LÍMITE LÍQUIDO | LÍMITE PLÁSTICO | CONTENIDO HUMEDAD |
| RECIP. N°                                  |                |                 | A33    A40        |
| PESO RECIP. (W <sub>r</sub> )              |                |                 | 30.61    31.64    |
| NÚMERO DE GOLPES                           |                |                 |                   |
| PESO HÚMED.+RECIP. (W <sub>1</sub> )       |                |                 | 203.68    198.49  |
| PESO SECO + RECIP. (W <sub>2</sub> )       |                |                 | 190.25    186.24  |
| PESO DE AGUA (W <sub>w</sub> )             | -              | -               | 13.43    12.25    |
| PESO SECO (W <sub>s</sub> )                | -              | -               | 159.64    154.60  |
| HUMEDAD w % = $\frac{W_w}{W_s} \times 100$ |                |                 | 8.41    7.92      |

|                                                     |        |
|-----------------------------------------------------|--------|
| LÍMITE LÍQUIDO                                      | NP %   |
| LÍMITE PLÁSTICO                                     | NP %   |
| ÍNDICE PLASTICIDAD                                  | NP %   |
| HUMEDAD NATURAL                                     | 8.17 % |
| ÍNDICE DE GRUPO:                                    | 0      |
| CLASIFICACIÓN SUCS                                  | SM     |
| Arena limosa con grava con bloques                  |        |
| AASHTO                                              | A-1-b  |
| GRUPO: suelo de partículas gruesas con fino (sucio) |        |
| SUBGRUPO: Excelente a bueno como subgrado           |        |
| Fragmentos de roca, grava y arena                   |        |
| Material Granular                                   |        |

**DESCRIPC. DEL MATERIAL:**

Muestra      3 :      Grava con finos color café

Uso material:      Para estudio

Realiz. por:

Davis Ariel Tinizaray López

Estudiante de Ingeniería Civil





# LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

PROYECTO: ESTUDIOS DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA VÍA AL SITIO EL QUEMADO, CANTON STA. ROSA, PROVINCIA DE EL ORO.

Calicata N° 3

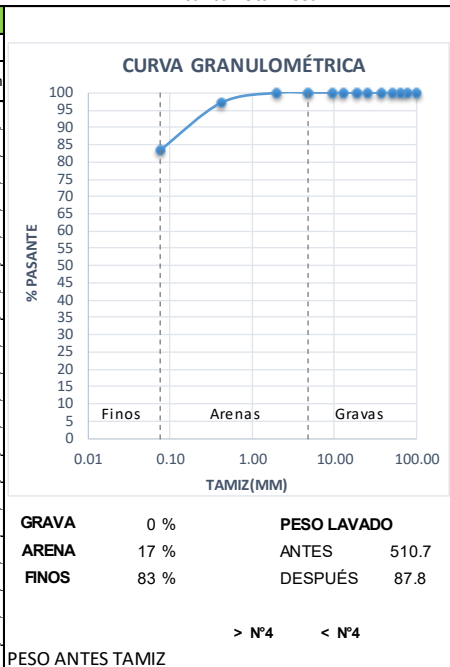
Profundidad: 1 m

Fecha de toma: 19/4/2025

Abscisa: 2+500 km

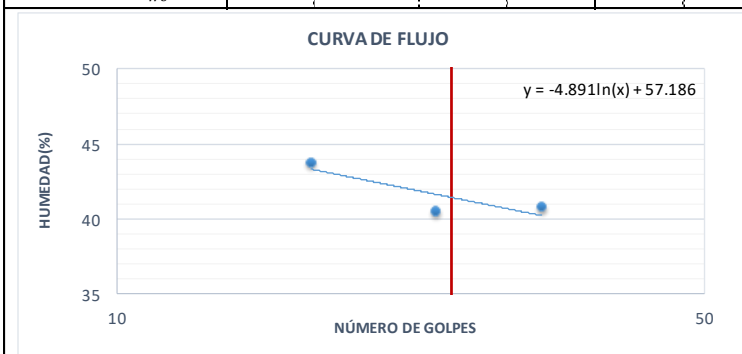
Localiz: cantón Sta. Rosa.

| GRANULOMETRÍA (AASHTO T27 - ASTM D422) |        |       |                |                |                |                 |
|----------------------------------------|--------|-------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| TAMIZ                                  |        |       | PESO RETENIDO  |                | PORCENTAJE     |                 |
| N°                                     | Pulg.  | mm    | RETEN. PARCIAL | RETEN. ACUMUL. | RETEN. ACUMUL. | PASANTE ACUMUL. |
|                                        | 4"     | 100   |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 3"     | 76.2  |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 2 1/2" | 63.5  |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 2"     | 50.80 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 1 1/2" | 38.10 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 1"     | 25.40 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 3/4"   | 19.00 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 1/2"   | 12.70 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 3/8"   | 9.53  |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 0.187  | 4.75  |                |                | -              | (100.0)         |
| < N°4                                  |        |       |                | 510.7          | 100.00         |                 |
| N°8                                    | 0.0937 | 2.38  |                | -              | -              |                 |
| N°10                                   | 0.0787 | 2.00  |                | 0.40           | 0.08           | 99.92           |
| N°30                                   | 0.0234 | 0.69  |                |                | -              |                 |
| N°40                                   | 0.0165 | 0.42  |                | 15.20          | 2.98           | 97.02           |
| N°50                                   | 0.0117 | 0.30  |                |                | -              |                 |
| N°100                                  | 0.0059 | 0.15  |                |                | -              |                 |
| N°200                                  | 0.0029 | 0.075 |                | 84.90          | 16.62          | 83.38           |
| < N°200                                |        |       |                | 422.90         | 82.81          |                 |
| FONDO                                  |        |       |                | 2.6            |                |                 |
| TOTAL                                  |        |       | 510.7          |                |                |                 |



## LÍMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

| NORMA                                      | AASHTO T 89-76 |       |       | AASHTO T-90     |       |       |       | AASHTO T265       |        |
|--------------------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------------------|--------|
| LÍMITES:                                   | LÍMITE LÍQUIDO |       |       | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |       | CONTENIDO HUMEDAD |        |
| RECIP. N°                                  | E11            | E17   | E80   | F9              | F60   | F95   | F98   | A90               | A63    |
| PESO RECIP. (W <sub>r</sub> )              | 11.41          | 11.39 | 11.28 | 4.3             | 4.3   | 4.27  | 4.32  | 31.58             | 31.54  |
| NÚMERO DE GOLPES                           | 32             | 24    | 17    |                 |       |       |       |                   |        |
| PESO HÚMED. + RECIP. (W <sub>1</sub> )     | 19.93          | 21.44 | 20.01 | 6.02            | 5.88  | 6.38  | 6.14  | 164.42            | 171.58 |
| PESO SECO + RECIP. (W <sub>2</sub> )       | 17.46          | 18.54 | 17.35 | 5.64            | 5.52  | 5.92  | 5.71  | 130.6             | 135.15 |
| PESO DE AGUA (W <sub>w</sub> )             | 2.47           | 2.90  | 2.66  | 0.38            | 0.36  | 0.46  | 0.43  | 33.82             | 36.43  |
| PESO SECO (W <sub>s</sub> )                | 6.05           | 7.15  | 6.07  | 1.34            | 1.22  | 1.65  | 1.39  | 99.02             | 103.61 |
| HUMEDAD w % = $\frac{W_w}{W_s} \times 100$ | 40.83          | 40.56 | 43.82 | 28.36           | 29.51 | 27.88 | 30.94 | 34.15             | 35.16  |



|                                      |         |
|--------------------------------------|---------|
| LÍMITE LÍQUIDO                       | 41.44 % |
| LÍMITE PLÁSTICO                      | 29.17 % |
| ÍNDICE PLASTICIDAD                   | 12.27 % |
| HUMEDAD NATURAL                      | 34.66 % |
| ÍNDICE DE GRUPO:                     | 12      |
| CLASIFICACIÓN SUCS                   | ML      |
| Limo de baja plasticidad con arena   |         |
| AASHTO                               | A-7-6   |
| GRUPO: Suelo de partículas finas     |         |
| SUBGRUPO: Pobre a malo como subgrado |         |
| Suelo arcilloso                      |         |
| Material limoso-arenoso              |         |

### DESCRIPC. DEL MATERIAL:

Muestra 3 : Fino limoso arcilloso café oscuro/gris

Uso material: Para estudio

Realiz. por:

Davis Ariel Tinizaray López

Estudiante de Ingeniería Civil

| <br><b>LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b><br><b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b> |         |                                                                                                         |                |                |                |                 |             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-------------|
| <b>PROYECTO:</b>                                                                             |         | ESTUDIOS DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA VÍA AL SITIO EL QUEMADO, CANTON STA. ROSA, PROVINCIA DE EL ORO. |                |                |                |                 |             |
| <b>Calicata N°</b>                                                                           |         | 3                                                                                                       |                |                |                |                 |             |
| <b>Profundidad:</b>                                                                          |         | 1.5 m                                                                                                   |                |                |                |                 |             |
| <b>Fecha de toma:</b>                                                                        |         | 19/4/2025                                                                                               |                |                |                |                 |             |
|                                                                                              |         | <b>Abscisa:</b> 2+500 km<br><b>Localiz:</b> cantón Sta. Rosa.                                           |                |                |                |                 |             |
| <b>GRANULOMETRÍA (AASHTO T27 - ASTM D422)</b>                                                |         |                                                                                                         |                |                |                |                 |             |
| TAMIZ                                                                                        |         |                                                                                                         | PESO RETENIDO  |                | PORCENTAJE     |                 | Observación |
| N°                                                                                           | Pulg.   | mm                                                                                                      | RETEN. PARCIAL | RETEN. ACUMUL. | RETEN. ACUMUL. | PASANTE ACUMUL. |             |
|                                                                                              | 4"      | 100                                                                                                     |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                                                                              | 3"      | 76.2                                                                                                    |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                                                                              | 2 1/4"  | 63.5                                                                                                    |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                                                                              | 2"      | 50.80                                                                                                   |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                                                                              | 1 1/2"  | 38.10                                                                                                   |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                                                                              | 1"      | 25.40                                                                                                   |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                                                                              | 3/4"    | 19.00                                                                                                   |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                                                                              | 1/2"    | 12.70                                                                                                   |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                                                                              | 3/8"    | 9.53                                                                                                    |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                                                                              | N°4     | 0.187                                                                                                   |                |                | -              | (100.0)         |             |
|                                                                                              | < N°4   |                                                                                                         |                | 537.3          | 100.00         |                 |             |
|                                                                                              | N°8     | 0.0937                                                                                                  | 2.38           |                | -              |                 |             |
|                                                                                              | N°10    | 0.0787                                                                                                  | 2.00           | 0.30           | 0.06           | 99.94           |             |
|                                                                                              | N°30    | 0.0234                                                                                                  | 0.69           |                | -              |                 |             |
|                                                                                              | N°40    | 0.0165                                                                                                  | 0.42           | 8.20           | 1.53           | 98.47           |             |
|                                                                                              | N°50    | 0.0117                                                                                                  | 0.30           |                | -              |                 |             |
|                                                                                              | N°100   | 0.0059                                                                                                  | 0.15           |                | -              |                 |             |
|                                                                                              | N°200   | 0.0029                                                                                                  | 0.075          | 107.80         | 20.06          | 79.94           |             |
|                                                                                              | < N°200 |                                                                                                         |                | 419.80         | 78.13          |                 |             |
|                                                                                              | FONDO   |                                                                                                         |                | 9.5            |                |                 |             |
|                                                                                              | TOTAL   |                                                                                                         |                | 537.3          |                |                 |             |

|              |      |                    |       |
|--------------|------|--------------------|-------|
| <b>GRAVA</b> | 0 %  | <b>PESO LAVADO</b> |       |
| <b>ARENA</b> | 20 % | <b>ANTES</b>       | 537.3 |
| <b>FINOS</b> | 80 % | <b>DESPUÉS</b>     | 117.5 |

> N°4      < N°4  
**PESO ANTES TAMIZ**

| **LÍMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL** | | | |

| NORMA                                      | AASHTO T 89-76 |       |       | AASHTO T-90     |       |       |       | AASHTO T265       |        |
|--------------------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------------------|--------|
| LÍMITES:                                   | LÍMITE LÍQUIDO |       |       | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |       | CONTENIDO HUMEDAD |        |
| RECIP. N°                                  | E71            | E72   | E17   | F16             | F59   | F67   | F112  | A39               | A96    |
| PESO RECIP (W <sub>r</sub> )               | 11.14          | 11.17 | 11.33 | 4.27            | 4.24  | 4.22  | 4.21  | 31.59             | 31.58  |
| NÚMERO DE GOLPES                           | 28             | 23    | 15    |                 |       |       |       |                   |        |
| PESO HÚMED.+RECIP. (W <sub>1</sub> )       | 21.53          | 22.83 | 23.37 | 7.61            | 9.4   | 8.19  | 8.42  | 176.93            | 185.62 |
| PESO SECO + RECIP. (W <sub>2</sub> )       | 18.87          | 19.72 | 20.01 | 6.92            | 8.37  | 7.44  | 7.61  | 143.75            | 150.46 |
| PESO DE AGUA (W <sub>w</sub> )             | 2.66           | 3.11  | 3.36  | -               | 0.69  | 1.03  | 0.81  | 33.18             | 35.16  |
| PESO SECO (W <sub>s</sub> )                | 7.73           | 8.55  | 8.68  | -               | 2.65  | 4.13  | 3.40  | 112.16            | 118.88 |
| HUMEDAD w % = $\frac{W_w}{W_s} \times 100$ | 34.41          | 36.37 | 38.71 | 26.04           | 24.94 | 23.29 | 23.82 | 29.58             | 29.58  |

|                                      |                |
|--------------------------------------|----------------|
| LÍMITE LÍQUIDO                       | 35.43 %        |
| LÍMITE PLÁSTICO                      | 24.52 %        |
| ÍNDICE PLASTICIDAD                   | <b>10.91 %</b> |
| HUMEDAD NATURAL                      | 29.58 %        |
| ÍNDICE DE GRUPO:                     | 9              |
| CLASIFICACIÓN SUCS                   | <b>ML</b>      |
| Limo de baja plasticidad arenoso     |                |
| AASHTO                               | <b>A-6</b>     |
| GRUPO: Suelo de partículas finas     |                |
| SUBGRUPO: Pobre a malo como subgrado |                |
| <b>Suelo arcilloso</b>               |                |
| <u>Material limoso-arenoso</u>       |                |

| **DESCRIPC. DEL MATERIAL:** | | | |
| Muestra | 3 : Fino limoso arcilloso café oscuro/gris | | |
| Uso material: | Para estudio | | |
| Realiz. por:   Davis Ariel Tinizaray López  **Estudiante de Ingeniería Civil** | | | |

## Calicata 4

|                                             |        | <b>LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>                                                               |                |                |                |                   |             |  |  |
|---------------------------------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|-------------|--|--|
| <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b> |        |                                                                                                         |                |                |                |                   |             |  |  |
| <b>PROYECTO:</b>                            |        | ESTUDIOS DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA VÍA AL SITIO EL QUEMADO, CANTON STA. ROSA, PROVINCIA DE EL ORO. |                |                |                |                   |             |  |  |
| <b>Calicata N°</b>                          |        | 4                                                                                                       |                |                |                |                   |             |  |  |
| <b>Profundidad:</b>                         |        | Mejoramiento                                                                                            |                |                |                |                   |             |  |  |
| <b>Fecha de toma:</b>                       |        | 19/4/2025                                                                                               |                |                |                |                   |             |  |  |
|                                             |        | <b>Abscisa:</b>                                                                                         |                |                |                | 3+100 km          |             |  |  |
|                                             |        | <b>Localiz:</b>                                                                                         |                |                |                | cantón Sta. Rosa. |             |  |  |
| GRANULOMETRÍA (AASHTO T27 - ASTM D422)      |        |                                                                                                         |                |                |                |                   |             |  |  |
| TAMIZ                                       |        |                                                                                                         | PESO RETENIDO  |                | PORCENTAJE     |                   | Observación |  |  |
| N°                                          | Pulg.  | mm                                                                                                      | RETEN. PARCIAL | RETEN. ACUMUL. | RETEN. ACUMUL. | PASANTE ACUMUL.   |             |  |  |
|                                             | 4"     | 100                                                                                                     |                |                | -              | 100.00            |             |  |  |
|                                             | 3"     | 76.2                                                                                                    |                |                | -              | 100.00            |             |  |  |
|                                             | 2 1/2" | 63.5                                                                                                    |                | 1,700.0        | 4.34           | 95.66             |             |  |  |
|                                             | 2"     | 50.80                                                                                                   |                | 4,800.0        | 12.26          | 87.74             |             |  |  |
|                                             | 1 1/2" | 38.10                                                                                                   |                | 8,440.0        | 21.56          | 78.44             |             |  |  |
|                                             | 1"     | 25.40                                                                                                   |                | 11,300.0       | 28.87          | 71.13             |             |  |  |
|                                             | 3/4"   | 19.00                                                                                                   |                | 12,935.0       | 33.04          | 66.96             |             |  |  |
|                                             | 1/2"   | 12.70                                                                                                   |                | 15,545.0       | 39.71          | 60.29             |             |  |  |
|                                             | 3/8"   | 9.53                                                                                                    |                | 16,835.0       | 43.01          | 56.99             |             |  |  |
| N°4                                         | 0.187  | 4.75                                                                                                    |                | 16,965.0       | 43.34          | (56.7)            |             |  |  |
| < N°4                                       |        |                                                                                                         |                | 22,180.0       | 56.66          |                   |             |  |  |
| N°8                                         | 0.0937 | 2.38                                                                                                    |                | -              | -              |                   |             |  |  |
| N°10                                        | 0.0787 | 2.00                                                                                                    |                | 67.60          | 0.17           | 49.83             |             |  |  |
| N°30                                        | 0.0234 | 0.69                                                                                                    |                | -              | -              |                   |             |  |  |
| N°40                                        | 0.0165 | 0.42                                                                                                    |                | 299.90         | 0.77           | 26.37             |             |  |  |
| N°50                                        | 0.0117 | 0.30                                                                                                    |                | -              | -              |                   |             |  |  |
| N°100                                       | 0.0059 | 0.15                                                                                                    |                | -              | -              |                   |             |  |  |
| N°200                                       | 0.0029 | 0.075                                                                                                   |                | 451.10         | 1.15           | 11.09             |             |  |  |
| < N°200                                     |        |                                                                                                         |                | 107.00         | 0.27           |                   |             |  |  |
| FONDO                                       |        |                                                                                                         |                | 3.5            |                |                   |             |  |  |
| TOTAL                                       |        |                                                                                                         |                | 39,145.0       |                |                   |             |  |  |

|              |      |                    |       |
|--------------|------|--------------------|-------|
| <b>GRAVA</b> | 43 % | <b>PESO LAVADO</b> |       |
| <b>ARENA</b> | 46 % | ANTES              | 560.9 |
| <b>FINOS</b> | 11 % | DESPUÉS            | 453.9 |

> N°4
< N°4

**PESO ANTES TAMIZ**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL**

|                                           |        |
|-------------------------------------------|--------|
| LÍMITE LÍQUIDO                            | NP %   |
| LÍMITE PLÁSTICO                           | NP %   |
| ÍNDICE PLASTICIDAD                        | NP %   |
| HUMEDAD NATURAL                           | 5.62 % |
| ÍNDICE DE GRUPO:                          | 0      |
| CLASIFICACIÓN SUCS                        | SP-SM  |
| Arena mal graduada con limo con grava     |        |
| AASHTO                                    | A-1-a  |
| GRUPO: suelo de partículas gruesas        |        |
| SUBGRUPO: Excelente a bueno como subgrado |        |
| Fragmentos de roca, grava y arena         |        |
| Material Granular                         |        |

**DESCRIPC. DEL MATERIAL:**  
 Muestra 4 : Grava con finos color café claro  
 Uso material: Para estudio  
  
 Realiz. por:  
 Davis Ariel Tinizaray López  
 Estudiante de Ingeniería Civil



## LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

PROYECTO: ESTUDIOS DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA VÍA AL SITIO EL QUEMADO, CANTON STA. ROSA, PROVINCIA DE EL ORO.

Calicata N° 4

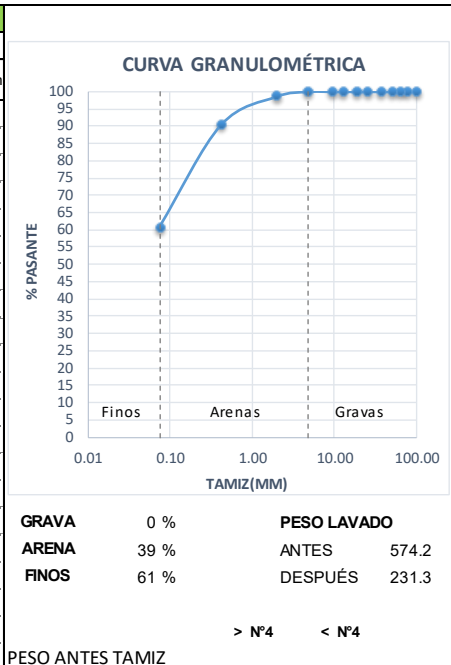
Profundidad: 0.5 m

Fecha de toma: 19/4/2025

Abscisa: 3+100 km

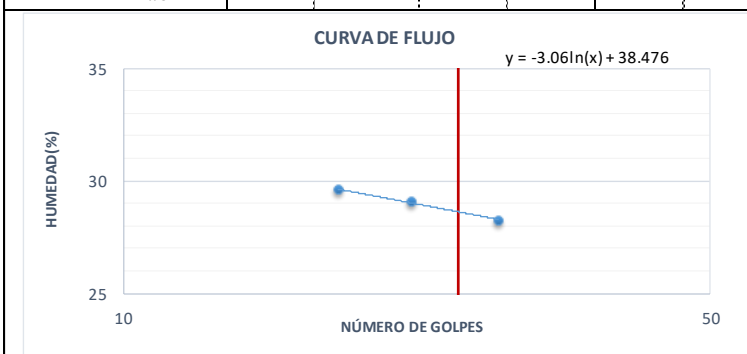
Localiz: cantón Sta. Rosa.

| GRANULOMETRÍA (AASHTO T27 - ASTM D422) |        |       |                |                |                |                 |
|----------------------------------------|--------|-------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| TAMIZ                                  |        |       | PESO RETENIDO  |                | PORCENTAJE     |                 |
| N°                                     | Pulg.  | mm    | RETEN. PARCIAL | RETEN. ACUMUL. | RETEN. ACUMUL. | PASANTE ACUMUL. |
|                                        | 4"     | 100   |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 3"     | 76.2  |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 2 1/2" | 63.5  |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 2"     | 50.80 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 1 1/2" | 38.10 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 1"     | 25.40 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 3/4"   | 19.00 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 1/2"   | 12.70 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 3/8"   | 9.53  |                |                | -              | 100.00          |
| N°4                                    | 0.187  | 4.75  |                |                | -              | (100.0)         |
| < N°4                                  |        |       |                | 574.2          | 100.00         |                 |
| N°8                                    | 0.0937 | 2.38  |                |                | -              |                 |
| N°10                                   | 0.0787 | 2.00  |                | 8.10           | 1.41           | 98.59           |
| N°30                                   | 0.0234 | 0.69  |                |                | -              |                 |
| N°40                                   | 0.0165 | 0.42  |                | 55.40          | 9.65           | 90.35           |
| N°50                                   | 0.0117 | 0.30  |                |                | -              |                 |
| N°100                                  | 0.0059 | 0.15  |                |                | -              |                 |
| N°200                                  | 0.0029 | 0.075 |                | 224.80         | 39.15          | 60.85           |
| < N°200                                |        |       |                | 342.90         | 59.72          |                 |
| FONDO                                  |        |       |                | 6.3            |                |                 |
| TOTAL                                  |        |       | 574.2          |                |                |                 |



### LÍMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

| NORMA                                      | AASHTO T 89-76 |       |       | AASHTO T-90     |       |       |       | AASHTO T265       |        |
|--------------------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------------------|--------|
| LÍMITES:                                   | LÍMITE LÍQUIDO |       |       | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |       | CONTENIDO HUMEDAD |        |
| RECIP. N°                                  | E72            | E79   | E91   | F59             | F70   | F78   | F119  | A49               | A59    |
| PESO RECIP (W <sub>r</sub> )               | 11.23          | 11.29 | 11.42 | 4.28            | 4.29  | 4.26  | 4.25  | 29.85             | 31.86  |
| NÚMERO DE GOLPES                           | 28             | 22    | 18    |                 |       |       |       |                   |        |
| PESO HUMED.+RECIP. (W <sub>1</sub> )       | 19.90          | 21.50 | 23.11 | 6.46            | 6.42  | 6.57  | 6.79  | 180.67            | 171.8  |
| PESO SECO + RECIP. (W <sub>2</sub> )       | 17.99          | 19.20 | 20.44 | 6.05            | 6     | 6.14  | 6.32  | 154.71            | 147.68 |
| PESO DE AGUA (W <sub>w</sub> )             | 1.91           | 2.30  | 2.67  | 0.41            | 0.42  | 0.43  | 0.47  | 25.96             | 24.12  |
| PESO SECO (W <sub>s</sub> )                | 6.76           | 7.91  | 9.02  | 1.77            | 1.71  | 1.88  | 2.07  | 124.86            | 115.82 |
| HUMEDAD w % = $\frac{W_w}{W_s} \times 100$ | 28.25          | 29.08 | 29.60 | 23.16           | 24.56 | 22.87 | 22.71 | 20.79             | 20.83  |



|                                      |         |
|--------------------------------------|---------|
| LÍMITE LÍQUIDO                       | 28.63 % |
| LÍMITE PLÁSTICO                      | 23.33 % |
| ÍNDICE PLASTICIDAD                   | 5.30 %  |
| HUMEDAD NATURAL                      | 20.81 % |
| ÍNDICE DE GRUPO:                     | 2       |
| CLASIFICACIÓN SUCS                   | ML      |
| Limo de baja plasticidad con arena   |         |
| AASHTO                               | A-4     |
| GRUPO: Suelo de partículas finas     |         |
| SUBGRUPO: Pobre a malo como subgrado |         |
| Suelo limoso                         |         |
| Material limoso-arenoso              |         |

#### DESCRIPC. DEL MATERIAL:

Muestra 4 : Fino arcilloso arenoso color café

Uso material: Para estudio

Realiz. por:

Davis Ariel Tinizaray López

Estudiante de Ingeniería Civil



# LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

PROYECTO: ESTUDIOS DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA VÍA AL SITIO EL QUEMADO, CANTON STA. ROSA, PROVINCIA DE EL ORO.

Calicata N° 4

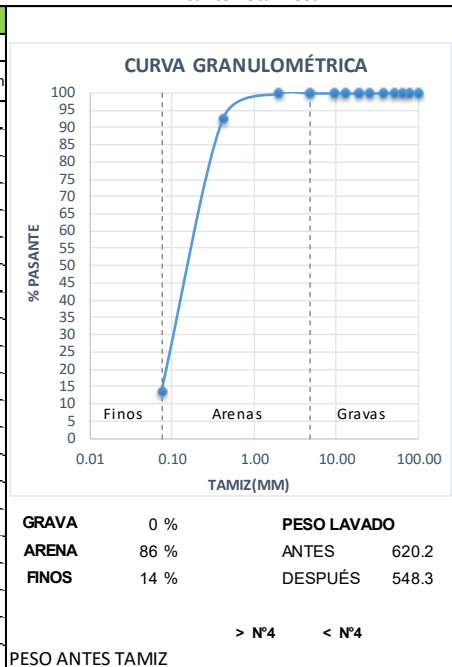
Profundidad: 1 m

Fecha de toma: 19/4/2025

Abscisa: 3+100 km

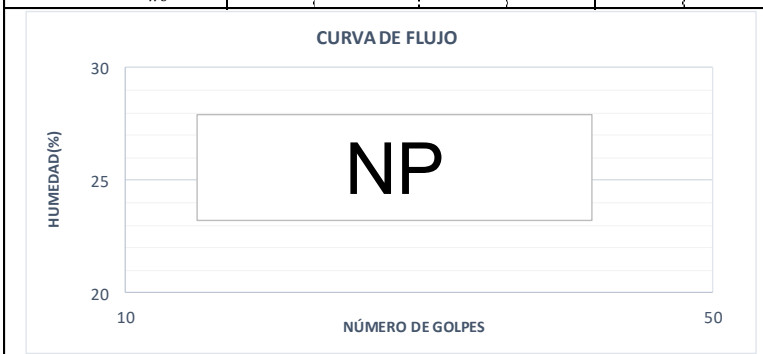
Localiz: cantón Sta. Rosa.

| GRANULOMETRÍA (AASHTO T27 - ASTM D422) |        |       |                |                |                |                 |
|----------------------------------------|--------|-------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| TAMIZ                                  |        |       | PESO RETENIDO  |                | PORCENTAJE     |                 |
| N°                                     | Pulg.  | mm    | RETEN. PARCIAL | RETEN. ACUMUL. | RETEN. ACUMUL. | PASANTE ACUMUL. |
|                                        | 4"     | 100   |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 3"     | 76.2  |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 2 1/2" | 63.5  |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 2"     | 50.80 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 1 1/2" | 38.10 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 1"     | 25.40 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 3/4"   | 19.00 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 1/2"   | 12.70 |                |                | -              | 100.00          |
|                                        | 3/8"   | 9.53  |                |                | -              | 100.00          |
| N°4                                    | 0.187  | 4.75  |                |                | -              | (100.00)        |
| < N°4                                  |        |       |                | 620.2          | 100.00         |                 |
| N°8                                    | 0.0937 | 2.38  |                | -              | -              |                 |
| N°10                                   | 0.0787 | 2.00  |                | 0.80           | 0.13           | 99.87           |
| N°30                                   | 0.0234 | 0.69  |                |                | -              |                 |
| N°40                                   | 0.0165 | 0.42  |                | 45.90          | 7.40           | 92.60           |
| N°50                                   | 0.0117 | 0.30  |                |                | -              |                 |
| N°100                                  | 0.0059 | 0.15  |                |                | -              |                 |
| N°200                                  | 0.0029 | 0.075 |                | 536.10         | 86.44          | 13.56           |
| < N°200                                |        |       |                | 71.90          | 11.59          |                 |
| FONDO                                  |        |       |                | 11.7           |                |                 |
| TOTAL                                  |        |       | 620.2          |                |                |                 |



## LÍMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

| NORMA                                      | AASHTO T 89-76 | AASHTO T-90     | AASHTO T265       |
|--------------------------------------------|----------------|-----------------|-------------------|
| LÍMITES:                                   | LÍMITE LÍQUIDO | LÍMITE PLÁSTICO | CONTENIDO HUMEDAD |
| RECIP. N°                                  |                |                 | A55 A65           |
| PESO RECIP (W <sub>r</sub> )               |                |                 | 31.65 31.82       |
| NÚMERO DE GOLPES                           |                |                 |                   |
| PESO HÚMED.+RECIP. (W <sub>1</sub> )       |                |                 | 239.06 229.87     |
| PESO SECO + RECIP. (W <sub>2</sub> )       |                |                 | 187.73 182.29     |
| PESO DE AGUA (W <sub>w</sub> )             | -              | -               | 51.33 47.58       |
| PESO SECO (W <sub>s</sub> )                | -              | -               | 156.08 150.47     |
| HUMEDAD w % = $\frac{W_w}{W_s} \times 100$ |                |                 | 32.89 31.62       |



|                                                     |         |
|-----------------------------------------------------|---------|
| LÍMITE LÍQUIDO                                      | NP %    |
| LÍMITE PLÁSTICO                                     | NP %    |
| ÍNDICE PLASTICIDAD                                  | NP %    |
| HUMEDAD NATURAL                                     | 32.25 % |
| ÍNDICE DE GRUPO:                                    | 0       |
| CLASIFICACIÓN SUCS                                  | SM      |
| Arena limosa                                        |         |
| AASHTO                                              | A-2-4   |
| GRUPO: suelo de partículas gruesas con fino (sucio) |         |
| SUBGRUPO: Excelente a bueno como subgrado           |         |
| Grava y arena arcillosa o limosa                    |         |
| Material granular                                   |         |

### DESCRIPC. DEL MATERIAL:

Muestra 4 : Fino arenoso arcilloso café oscuro

Uso material: Para estudio

Realiz. por:

Davis Ariel Tinizaray López

Estudiante de Ingeniería Civil



# LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

PROYECTO: ESTUDIOS DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA VÍA AL SITIO EL QUEMADO, CANTON STA. ROSA, PROVINCIA DE EL ORO.

Calicata N° 4

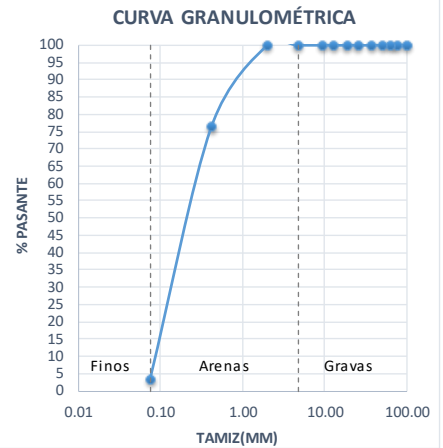
Profundidad: 1.5 m

Fecha de toma: 19/4/2025

Abscisa: 3+100 km

Localiz: cantón Sta. Rosa.

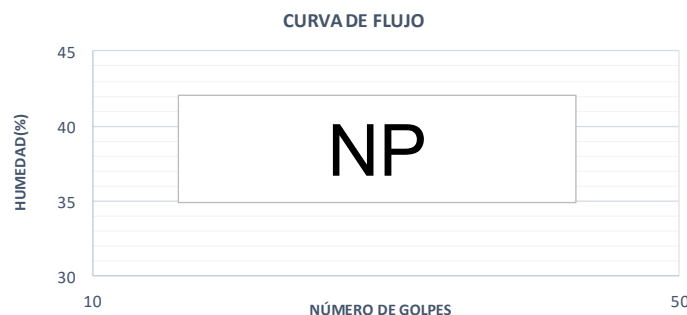
| GRANULOMETRÍA (AASHTO T27 - ASTM D422) |        |       |                |                |                |                 |             |
|----------------------------------------|--------|-------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-------------|
| TAMIZ                                  |        |       | PESO RETENIDO  |                | PORCENTAJE     |                 | Observación |
| N°                                     | Pulg.  | mm    | RETEN. PARCIAL | RETEN. ACUMUL. | RETEN. ACUMUL. | PASANTE ACUMUL. |             |
|                                        | 4"     | 100   |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                        | 3"     | 76.2  |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                        | 2 1/2" | 63.5  |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                        | 2"     | 50.80 |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                        | 1 1/2" | 38.10 |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                        | 1"     | 25.40 |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                        | 3/4"   | 19.00 |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                        | 1/2"   | 12.70 |                |                | -              | 100.00          |             |
|                                        | 3/8"   | 9.53  |                |                | -              | 100.00          |             |
| N°4                                    | 0.187  | 4.75  |                |                | -              | (100.0)         |             |
| < N°4                                  |        |       |                | 607.2          | 100.00         |                 |             |
| N°8                                    | 0.0937 | 2.38  |                |                | -              |                 |             |
| N°10                                   | 0.0787 | 2.00  |                | 0.80           | 0.13           | 99.87           |             |
| N°30                                   | 0.0234 | 0.69  |                |                | -              |                 |             |
| N°40                                   | 0.0165 | 0.42  |                | 143.60         | 23.65          | 76.35           |             |
| N°50                                   | 0.0117 | 0.30  |                |                | -              |                 |             |
| N°100                                  | 0.0059 | 0.15  |                |                | -              |                 |             |
| N°200                                  | 0.0029 | 0.075 |                | 587.00         | 96.67          | 3.33            |             |
| < N°200                                |        |       |                | 19.30          | 3.18           |                 |             |
| FONDO                                  |        |       |                | 0.9            |                |                 |             |
| TOTAL                                  |        |       | 607.2          |                |                |                 |             |



|       |      |             |       |
|-------|------|-------------|-------|
| GRAVA | 0 %  | PESO LAVADO |       |
| ARENA | 97 % | ANTES       | 607.2 |
| FINOS | 3 %  | DESPUÉS     | 587.9 |

## LÍMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

| NORMA                                      | AASHTO T 89-76 |   | AASHTO T-90     |   | AASHTO T265       |        |
|--------------------------------------------|----------------|---|-----------------|---|-------------------|--------|
| LÍMITES:                                   | LÍMITE LÍQUIDO |   | LÍMITE PLÁSTICO |   | CONTENIDO HUMEDAD |        |
| RECIP. N°                                  |                |   |                 |   | A81               | A12    |
| PESO RECIP (W <sub>r</sub> )               |                |   |                 |   | 31.65             | 31.46  |
| NÚMERO DE GOLPES                           |                |   |                 |   |                   |        |
| PESO HÚMED.+RECIP. (W <sub>1</sub> )       |                |   |                 |   | 221.88            | 215.48 |
| PESO SECO + RECIP. (W <sub>2</sub> )       |                |   |                 |   | 173.88            | 169.45 |
| PESO DE AGUA (W <sub>w</sub> )             | -              |   | -               | - | 48.00             | 46.03  |
| PESO SECO (W <sub>s</sub> )                | -              | - | -               | - | 142.23            | 137.99 |
| HUMEDAD w % = $\frac{W_w}{W_s} \times 100$ |                |   |                 |   | 33.75             | 33.36  |



|                                             |         |
|---------------------------------------------|---------|
| LÍMITE LÍQUIDO                              | NP %    |
| LÍMITE PLÁSTICO                             | NP %    |
| ÍNDICE PLASTICIDAD                          | NP %    |
| HUMEDAD NATURAL                             | 33.55 % |
| ÍNDICE DE GRUPO:                            | 0       |
| CLASIFICACIÓN SUCS                          | SP      |
| Arena mal graduada                          |         |
| AASHTO                                      | A-3     |
| GRUPO: Suelo de partículas gruesas (limpio) |         |
| SUBGRUPO: Excelente a bueno como subgrado   |         |
| Arena fina                                  |         |
| Material granular                           |         |

### DESCRIPC. DEL MATERIAL:

Muestra 4 : Fino arenoso arcilloso café oscuro

Uso material:

Realiz. por:

Davis Ariel Tinizaray López

Estudiante de Ingeniería Civil

## Anexo 4: Ensayos de Proctor modificado

### Calicata 1



**LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS**  
**PROCTOR MODIFICADO T-180 (D)**



**PROYECTO:** ESTUDIOS DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA VÍA AL SITIO EL QUEMADO, CANTON STA. ROSA, PROVINCIA DE EL ORO.

**Golp. por capa:** 56

**No. De capas:** 5

**Peso martillo:** 10 Lb.

**Altura caída:** 45.7 cm

**Diám. Molde:** 6 in

**Altura Molde:** 0.11657 mts.

**Volum. Molde:** 0.00213 m3

**Peso Molde:** 5.80000 kg

**Calicata N° 1**      **Abscisa:** 0+200 km

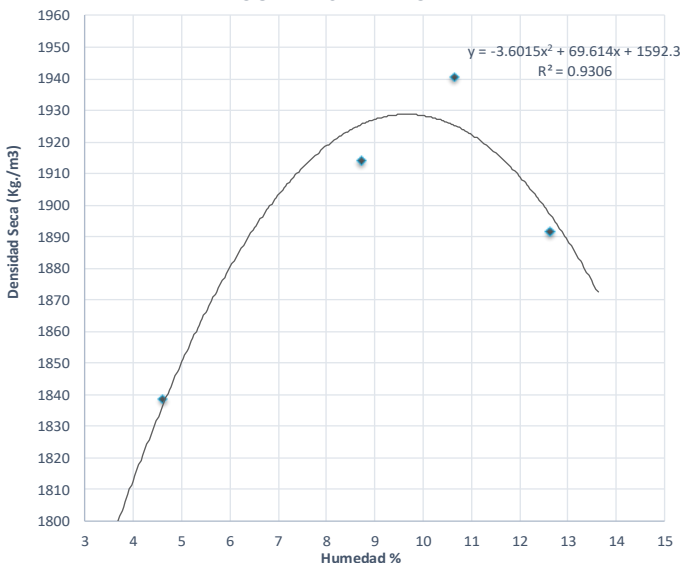
**Localiz:** cantón Sta. Rosa.

**Profund:** 1.5m

**Fecha de toma:** 19/4/2025

| PRUEBA N° | RECIP. N° | PESO RECIP. (TARA) gr | TARA + SUELO H. (gr) | TARA + SUELO S. (gr) | CONT. AGUA (%) | CONT. AGUA PROM. (%) | PESO MOLDE + SUELO H. kg | PESO SUELO H. kg | CONT. PROM. AGUA (%) | DENS. HUMEDA. (KG/M3) | DENS. SECA. (KG/M3) |
|-----------|-----------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|--------------------------|------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|
| 1         | A27       | 31.68                 | 197.86               | 188.08               | 6.25           | 6.30                 | 10.010                   | 4.210            | 6.30                 | 1980                  | 1863                |
|           | A61       | 32.03                 | 190.97               | 181.48               | 6.35           |                      |                          |                  |                      |                       |                     |
| 2         | A79       | 31.40                 | 210.40               | 196.02               | 8.74           | 8.71                 | 10.225                   | 4.425            | 8.71                 | 2081                  | 1914                |
|           | A21       | 31.69                 | 216.11               | 201.36               | 8.69           |                      |                          |                  |                      |                       |                     |
| 3         | A13       | 31.78                 | 223.68               | 205.31               | 10.59          | 10.64                | 10.365                   | 4.565            | 10.64                | 2147                  | 1940                |
|           | A35       | 31.03                 | 227.54               | 208.56               | 10.69          |                      |                          |                  |                      |                       |                     |
| 4         | A88       | 31.38                 | 234.78               | 211.83               | 12.72          | 12.62                | 10.330                   | 4.530            | 12.62                | 2130                  | 1892                |
|           | A34       | 30.83                 | 240.39               | 217.07               | 12.52          |                      |                          |                  |                      |                       |                     |
| 5         | A73       | 31.59                 | 218.14               | 209.90               | 4.62           | 4.61                 | 9.890                    | 4.090            | 4.61                 | 1923                  | 1839                |
|           | A15       | 30.22                 | 206.39               | 198.63               | 4.61           |                      |                          |                  |                      |                       |                     |

**RELACIÓN DENSIDAD - HUMEDAD**



**CLASIFICACIÓN:**  
 AASTHO: 0+200 km  
 SUCS: A-2-4

**LÍMITES:**  
 Líquido: SM %  
 Plástico: NP %  
 IP: NP %

**Dens. max:** 1928.7 kg/m3

**Hum. óptima:** 9.66 %

**Observaciones:**

**Realizado por:**  
 Davis Ariel Tinizaray López  
**Estudiante de Ingeniería Civil**

**M.H.** 5100

**M.S.** 5047.43044

**C. H2O** 52.5695571

**cambiar**

**ω Cont.** 0.010415113

**ω Opt.** 0.10

**agua adicionar**

**H2O** 435.24

**X3**

**1305.73** ml

| HUMEDAD NATURAL     |             |           |
|---------------------|-------------|-----------|
| Recip. N°           | A25         | A46       |
| Peso Recip.         | 31.45       | 31.68     |
| Tara + Suelo H (gr) | 217.21      | 210.64    |
| Tara + Suelo S (gr) | 215.28      | 208.81    |
| Cont. Hume. w (%)   | 1.049883044 | 1.0331395 |
| Hume. Prom. %       | 1.04        |           |
| Hume. Prom.         | 0.010415113 |           |

Ms= peso muestra seca  
 MH= peso muestra húmeda  
 w adi=humedad a adicionar  
 wop=humedad óptima  
 wN=humedad natural

$$w_{adi} = w_{op} - w_N$$

$$Ms = \frac{MH}{1 + w_N}$$

$$H2O adi = Ms \times w_{adi}$$

## Calicata 2



### LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

#### PROCTOR MODIFICADO T-180 (D)



**PROYECTO:** ESTUDIOS DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA VÍA AL SITIO EL QUEMADO, CANTON STA. ROSA, PROVINCIA DE EL ORO.

**Golp. por capa:** 56

**No. De capas:** 5

**Peso martillo:** 10 Lb.

**Altura caída:** 45.7 cm

**Diám. Molde:** 6 in

**Altura Molde:** 0.11657 mts.

**Volum. Molde:** 0.00213 m<sup>3</sup>

**Peso Molde:** 5.80000 kg

**Calicata N° 2**

**Abscisa:** 1+200km

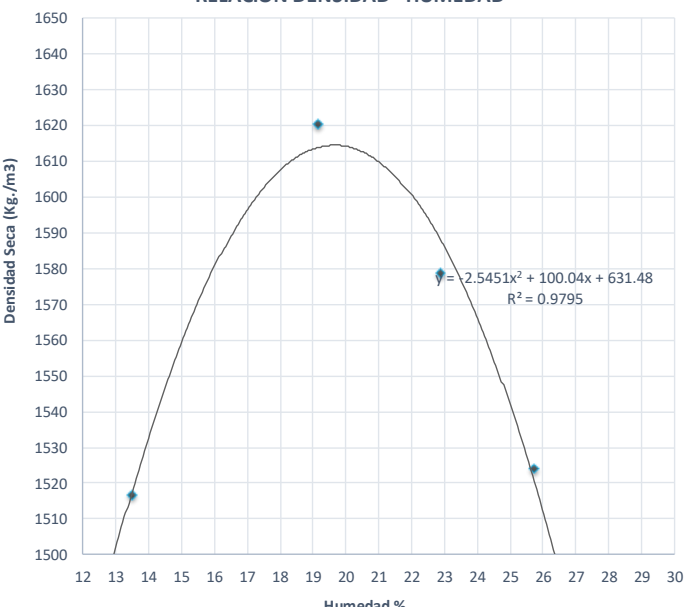
**Localiz:** cantón Sta. Rosa.

**Profund:** 1.5m

**Fecha de toma:** 19/4/2025

| PRUEBA N° | RECIP. N° | PESO RECIP. (TARA) gr | TARA + SUELO H. (gr) | TARA + SUELO S. (gr) | CONT. AGUA (%) | CONT. AGUA PROM. (%) | PESO MOLDE + SUELO H. kg | PESO SUELO H. kg | CONT. PROM. AGUA (%) | DENS. HUNEDA. (KG/M <sup>3</sup> ) | DENS. SECA. (KG/M <sup>3</sup> ) |
|-----------|-----------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|--------------------------|------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| 1         | A8        | 31.59                 | 186.41               | 168.03               | 13.47          | 13.50                | 9.460                    | 3.660            | 13.50                | 1721                               | 1517                             |
|           | A83       | 31.53                 | 198.02               | 178.19               | 13.52          |                      |                          |                  |                      |                                    |                                  |
| 2         | A56       | 31.51                 | 197.59               | 175.74               | 15.15          | 15.28                | 9.565                    | 3.765            | 15.28                | 1771                               | 1536                             |
|           | A81       | 31.65                 | 201.53               | 178.85               | 15.41          |                      |                          |                  |                      |                                    |                                  |
| 3         | A56       | 30.59                 | 183.98               | 159.32               | 19.16          | 19.14                | 9.905                    | 4.105            | 19.14                | 1931                               | 1620                             |
|           | A39       | 31.57                 | 200.11               | 173.06               | 19.12          |                      |                          |                  |                      |                                    |                                  |
| 4         | XN        | 36.09                 | 207.37               | 175.51               | 22.85          | 22.89                | 9.925                    | 4.125            | 22.89                | 1940                               | 1579                             |
|           | X0        | 35.27                 | 219.10               | 184.82               | 22.92          |                      |                          |                  |                      |                                    |                                  |
| 5         | A86       | 31.35                 | 167.14               | 139.44               | 25.63          | 25.74                | 9.875                    | 4.075            | 25.74                | 1916                               | 1524                             |
|           | A78       | 31.54                 | 169.23               | 140.94               | 25.86          |                      |                          |                  |                      |                                    |                                  |

**RELACIÓN DENSIDAD - HUMEDAD**



**CLASIFICACIÓN:**  
 AASTHO: 1+200km  
 SUCS: A-6

**LÍMITES:**  
 Líquido: ML %  
 Plástico: 38.971 %  
 IP: 26.949 %

**Dens. max:** 1614.5 kg/m<sup>3</sup>

**Hum. optima:** 19.65 %

**Observaciones:**

**Realizado por:**  
 Davis Ariel Tinizaray López  
 Estudiante de Ingeniería Civil

**M.H.** 5100    cambiar    ω Cont. 0.047089444    **M.S.** 4870.64408    C. H2O 229.355922    ω Opt. 0.20    957.2496829

agua adicionar

H2O 727.89

X3

2183.68
ml

| HUMEDAD NATURAL     |             |           |
|---------------------|-------------|-----------|
| Recip. N°           | A5          | A81       |
| Peso Recip.         | 30.6        | 31.65     |
| Tara + Suelo H (gr) | 158.84      | 158.9     |
| Tara + Suelo S (gr) | 153.05      | 153.2     |
| Cont. Hume. w (%)   | 4.728460596 | 4.6894282 |
| Hume. Prom. %       | 4.71        |           |
| Hume. Prom.         | 0.047089444 |           |

Ms= peso muestra seca  
 MH= peso muestra húmeda  
 w adi=humedad a adicionar  
 wop=humedad óptima  
 wN=humedad natural

$$w_{adi} = w_{op} - w_N$$

$$M_s = \frac{MH}{1 + w_N}$$

$$H2O_{adi} = M_s \times w_{adi}$$

### Calicata 3



**LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS**  
**PROCTOR MODIFICADO T-180 (D)**



**PROYECTO:** ESTUDIOS DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA VÍA AL SITIO EL QUEMADO, CANTON STA. ROSA, PROVINCIA DE EL ORO.

**Golp. por capa:** 56

**No. De capas:** 5

**Peso martillo:** 10 Lb.

**Altura caída:** 45.7 cm

**Diám. Molde:** 6 in

**Altura Molde:** 0.11657 mts.

**Volum. Molde:** 0.00213 m<sup>3</sup>

**Peso Molde:** 5.80000 kg

**Calicata N° 3**

**Abscisa:** 2+500 km

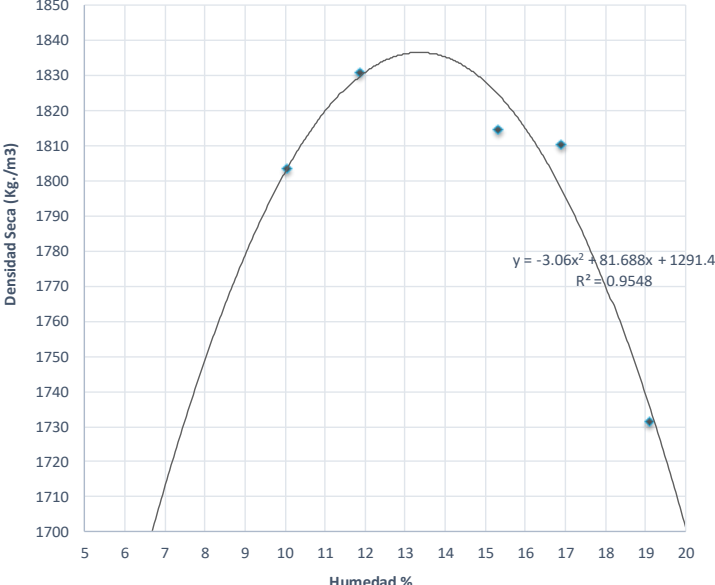
**Localiz:** cantón Sta. Rosa.

**Profund:** 1.5m

**Fecha de toma:** 19/4/2025

| PRUEBA N° | RECIP. N° | PESO RECIP. (TARA) gr | TARA + SUELO H. (gr) | TARA + SUELO S. (gr) | CONT. AGUA (%) | CONT. AGUA PROM. (%) | PESO MOLDE + SUELO H. kg | PESO SUELO H. kg | CONT. PROM. AGUA (%) | DENS. HUMEDA. (KG/M <sup>3</sup> ) | DENS. SECA. (KG/M <sup>3</sup> ) |
|-----------|-----------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|--------------------------|------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| 1         | A78       | 31.55                 | 197.31               | 180.04               | 11.63          | 10.04                | 10.020                   | 4.220            | 10.04                | 1985                               | 1804                             |
|           | A86       | 31.38                 | 195.05               | 182.30               | 8.45           |                      |                          |                  |                      |                                    |                                  |
| 2         | A60       | 31.35                 | 202.70               | 184.45               | 11.92          | 11.87                | 10.155                   | 4.355            | 11.87                | 2048                               | 1831                             |
|           | A65       | 31.82                 | 202.38               | 184.34               | 11.83          |                      |                          |                  |                      |                                    |                                  |
| 3         | A44       | 29.89                 | 197.40               | 175.10               | 15.36          | 15.33                | 10.250                   | 4.450            | 15.33                | 2093                               | 1815                             |
|           | A90       | 31.57                 | 197.42               | 175.41               | 15.30          |                      |                          |                  |                      |                                    |                                  |
| 4         | A48       | 31.49                 | 189.59               | 164.20               | 19.13          | 19.10                | 10.185                   | 4.385            | 19.10                | 2062                               | 1731                             |
|           | A28       | 31.44                 | 188.79               | 163.59               | 19.07          |                      |                          |                  |                      |                                    |                                  |
| 5         | A14       | 30.40                 | 199.34               | 175.19               | 16.68          | 16.91                | 10.300                   | 4.500            | 16.91                | 2116                               | 1810                             |
|           | A37       | 30.37                 | 197.38               | 172.95               | 17.13          |                      |                          |                  |                      |                                    |                                  |

**RELACIÓN DENSIDAD - HUMEDAD**



**CLASIFICACIÓN:**  
 AASTHO: 2+500 km  
 SUCS: A-6

**LÍMITES:**  
 Líquido: ML %  
 Plástico: 35.431 %  
 IP: 24.523 %

**Dens. max:** 1836.6 kg/m<sup>3</sup>

**Hum. optima:** 13.35 %

**Observaciones:**

**Realizado por:**  
 Davis Ariel Tinizaray López  
 Estudiante de Ingeniería Civil

**M.H.** 5100    **ω Cont.** 0.028920679    **M.S.** 4956.65031    **C. H2O** 143.349694    **ω Opt.** 0.13    661.5994284

**agua adicionar**

**H2O** 518.25

**X3**

**1554.75** ml

|                     | HUMEDAD NATURAL |          |
|---------------------|-----------------|----------|
| Recip. N°           | A91             | A15      |
| Peso Recip.         | 31.36           | 30.22    |
| Tara + Suelo H (gr) | 181.27          | 168.33   |
| Tara + Suelo S (gr) | 177.00          | 164.5    |
| Cont. Hume. w (%)   | 2.931886844     | 2.852249 |
| Hume. Prom. %       | 2.89            |          |
| Hume. Prom.         | 0.028920679     |          |

Ms= peso muestra seca  
 MH= peso muestra húmeda  
 w adi=humedad a adicionar  
 wop=humedad óptima  
 wN=humedad natural

$$w_{adi} = w_{op} - w_N$$

$$M_s = \frac{MH}{1 + w_N}$$

$$H2O_{adi} = M_s \times w_{adi}$$

## Calicata 4



**LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS**  
**PROCTOR MODIFICADO T-180 (D)**



**PROYECTO:** ESTUDIOS DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA VÍA AL SITIO EL QUEMADO, CANTON STA. ROSA, PROVINCIA DE EL ORO.

**Golp. por capa:** 56

**No. De capas:** 5

**Peso martillo:** 10 Lb.

**Altura caída:** 45.7 cm

**Diám. Molde:** 6 in

**Altura Molde:** 0.11657 mts.

**Volum. Molde:** 0.00213 m<sup>3</sup>

**Peso Molde:** 5.80000 kg

**Calicata N° 4**

**Abscisa:** 3+100 km

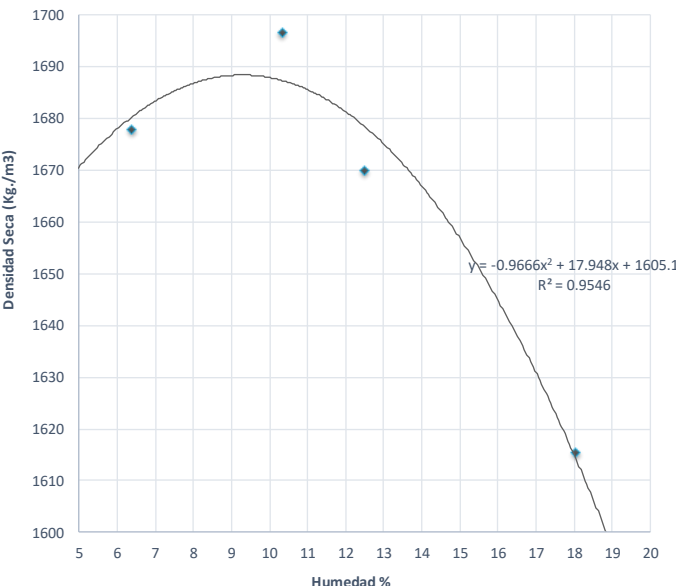
**Localiz:** cantón Sta. Rosa.

**Profund:** 1.5m

**Fecha de toma:** 19/4/2025

| PRUEBA N° | RECIP. N° | PESO RECIP. (TARA) gr | TARA + SUELO H. (gr) | TARA + SUELO S. (gr) | CONT. AGUA (%) | CONT. AGUA PROM. (%) | PESO MOLDE + SUELO H. kg | PESO SUELO H. kg | CONT. PROM. AGUA (%) | DENS. HUMEDA. (KG/M <sup>3</sup> ) | DENS. SECA. (KG/M <sup>3</sup> ) |
|-----------|-----------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|--------------------------|------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| 1         | A56       | 31.50                 | 217.29               | 206.18               | 6.36           | 6.36                 | 9.595                    | 3.795            | 6.36                 | 1785                               | 1678                             |
|           | A42       | 30.47                 | 224.52               | 212.90               | 6.37           |                      |                          |                  |                      |                                    |                                  |
| 2         | A83       | 31.52                 | 207.21               | 193.45               | 8.50           | 8.55                 | 9.670                    | 3.870            | 8.55                 | 1820                               | 1677                             |
|           | A39       | 31.56                 | 211.44               | 197.19               | 8.60           |                      |                          |                  |                      |                                    |                                  |
| 3         | A33       | 30.61                 | 232.83               | 213.68               | 10.46          | 10.31                | 9.780                    | 3.980            | 10.31                | 1872                               | 1697                             |
|           | A23       | 31.82                 | 196.52               | 181.32               | 10.17          |                      |                          |                  |                      |                                    |                                  |
| 4         | A96       | 31.56                 | 239.82               | 216.75               | 12.46          | 12.51                | 9.795                    | 3.995            | 12.51                | 1879                               | 1670                             |
|           | A61       | 32.00                 | 239.15               | 216.04               | 12.56          |                      |                          |                  |                      |                                    |                                  |
| 5         | A83       | 31.55                 | 242.98               | 209.00               | 19.15          | 18.04                | 9.855                    | 4.055            | 18.04                | 1907                               | 1616                             |
|           | A16       | 30.52                 | 234.35               | 204.85               | 16.92          |                      |                          |                  |                      |                                    |                                  |

**RELACIÓN DENSIDAD - HUMEDAD**



**CLASIFICACIÓN:**

AASHTO: 3+100 km

SUCS: A-3

**LÍMITES:**

Líquido: SP %

Plástico: NP %

IP: NP %

**Dens. max:** 1688.4 kg/m<sup>3</sup>

**Hum. optima:** 9.28 %

*Observaciones:*

Realizado por:

Davis Ariel Tinizaray López

Estudiante de Ingeniería Civil

**M.H.**

5100

cambiar

ω Cont.

0.008041984

**M.S.**

5059.31309

C. H2O

40.6869125

ω Opt.

0.09

469.7111075

agua adicionar

H2O

429.02

X3

1287.07

ml

| HUMEDAD NATURAL     |             |           |
|---------------------|-------------|-----------|
| Recip. N°           | A8          | A65       |
| Peso Recip.         | 31.56       | 31.83     |
| Tara + Suelo H (gr) | 214.81      | 202.9     |
| Tara + Suelo S (gr) | 213.86      | 201.06    |
| Cont. Hume. w (%)   | 0.521119035 | 1.0872777 |
| Hume. Prom. %       | 0.80        |           |
| Hume. Prom.         | 0.008041984 |           |

Ms= peso muestra seca

MH= peso muestra húmeda

w adi=humedad a adicionar

wop=humedad óptima

wN=humedad natural

$$w_{adi} = w_{op} - w_N$$

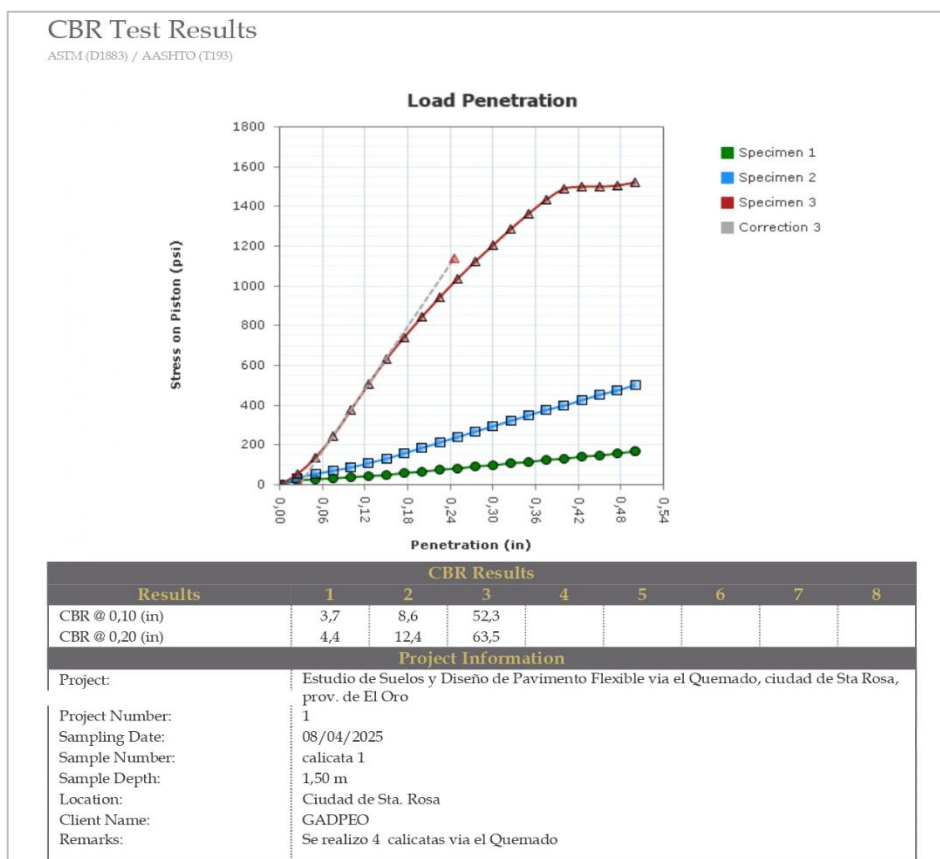
$$Ms = \frac{MH}{1 + w_N}$$

$$H2O\ adi = Ms \times w_{adi}$$

## Anexo 5: Reportes de CBR obtenidos de la prensa marshal

### Calicata 1

| CBR                         |               |        |        |                 |        |        |                |       |
|-----------------------------|---------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|----------------|-------|
| N° GOLPES: 56 MOLDE: C1     | ANTES SATURAR |        |        | DESPUÉS SATURAR |        |        | LECTURA 0.001" |       |
| RECIP. N°                   | A79           | A13    | A70    | A80 ↑           | A78 →  | A59 ↓  |                |       |
| PESO RECIP (Wr) gr          | 31.38         | 31.79  | 31.34  | 31.65           | 31.55  | 31.85  | Li             | 55.00 |
| PESO HÚMED.+RECIP. (W1) gr  | 127.88        | 116.28 | 126.09 | 239.35          | 214.21 | 216.27 | 1              | 49.00 |
| PESO SECO + RECIP. (W2) gr  | 119.97        | 109.53 | 118.74 | 214.74          | 196.11 | 194.69 | 2              | 46.00 |
| PESO DE AGUA (Ww) gr        | 7.91          | 6.75   | 7.35   | 24.61           | 18.10  | 21.58  | 3              | 47.00 |
| PESO SECO (Ws) gr           | 88.59         | 77.74  | 87.40  | 183.09          | 164.56 | 162.84 | 4              | 42.00 |
| PESO MOLDE +SUELO HÚMED. gr | 12270         |        |        | 12390           |        |        |                |       |
| N° GOLPES: 25 MOLDE: C2     | ANTES SATURAR |        |        | DESPUÉS SATURAR |        |        | LECTURA 0.001" |       |
| RECIP. N°                   | A51           | A64    | A58    | A1 ↑            | A50 →  | A46 ↓  |                |       |
| PESO RECIP (Wr) gr          | 31.62         | 31.62  | 31.60  | 31.51           | 31.57  | 31.66  | Li             | 70.00 |
| PESO HÚMED.+RECIP. (W1) gr  | 103.98        | 116.64 | 142.43 | 235.58          | 221.71 | 242.74 | 1              | 72.00 |
| PESO SECO + RECIP. (W2) gr  | 98.06         | 109.70 | 133.21 | 209.56          | 198.30 | 212.33 | 2              | 70.00 |
| PESO DE AGUA (Ww) gr        | 5.92          | 6.94   | 9.22   | 26.02           | 23.41  | 30.41  | 3              | 71.00 |
| PESO SECO (Ws) gr           | 66.44         | 78.08  | 101.61 | 178.05          | 166.73 | 180.67 | 4              | 70.00 |
| PESO MOLDE +SUELO HÚMED. gr | 11625         |        |        | 11845           |        |        |                |       |
| N° GOLPES: 12 MOLDE: C3     | ANTES SATURAR |        |        | DESPUÉS SATURAR |        |        | LECTURA 0.001" |       |
| RECIP. N°                   | A22           | A15    | A90    | A55 ↑           | A17 →  | A86 ↓  |                |       |
| PESO RECIP (Wr) gr          | 31.61         | 30.22  | 31.55  | 31.66           | 30.53  | 31.38  | Li             | 30.00 |
| PESO HÚMED.+RECIP. (W1) gr  | 72.68         | 73.42  | 59.18  | 239.81          | 227.34 | 244.14 | 1              | 17.00 |
| PESO SECO + RECIP. (W2) gr  | 72.34         | 69.92  | 56.97  | 210.61          | 199.17 | 209.30 | 2              | 16.00 |
| PESO DE AGUA (Ww) gr        | 0.34          | 3.50   | 2.21   | 29.20           | 28.17  | 34.84  | 3              | 15.00 |
| PESO SECO (Ws) gr           | 40.73         | 39.70  | 25.42  | 178.95          | 168.64 | 177.92 | 4              | 14.00 |
| PESO MOLDE +SUELO HÚMED. gr | 11035         |        |        | 11325           |        |        |                |       |



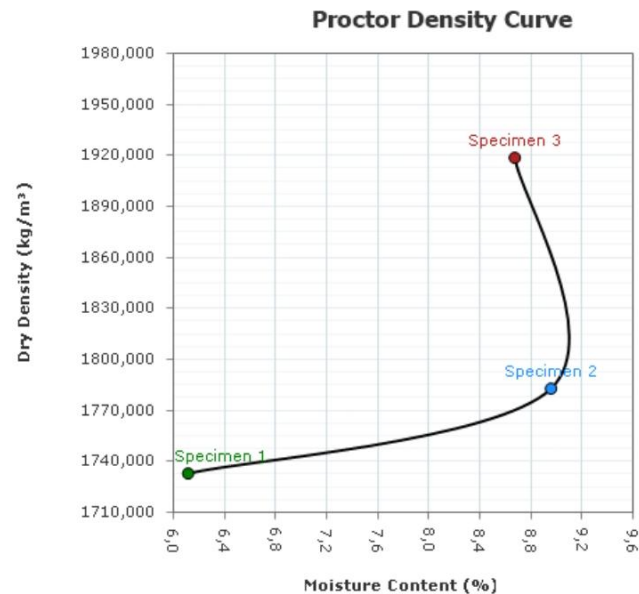
## CBR Test

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)

| Before Soaking               | Specimen Number |          |          |   |   |   |   |   |
|------------------------------|-----------------|----------|----------|---|---|---|---|---|
|                              | 1               | 2        | 3        | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Specific Gravity             | 1,7             | 1,7      | 1,7      |   |   |   |   |   |
| Liquid Limit                 | 26              | 26       | 26       |   |   |   |   |   |
| Plastic Limit                | 128             | 128      | 128      |   |   |   |   |   |
| Surcharge Weight (kg)        | 5,720           | 5,720    | 5,720    |   |   |   |   |   |
| Number of Blows              | 12              | 25       | 56       |   |   |   |   |   |
| Maximum Dry Density (kg/m³)  | 1835,010        | 1835,010 | 1835,010 |   |   |   |   |   |
| Optimum Moisture Content (%) | 9,9             | 9,9      | 9,9      |   |   |   |   |   |
| Mold ID                      | C3              | C2       | C1       |   |   |   |   |   |
| Mold Diameter (m)            | 0,152           | 0,152    | 0,152    |   |   |   |   |   |
| Mold Weight (kg)             | 7,133           | 7,503    | 7,845    |   |   |   |   |   |
| Sample Height (m)            | 0,116           | 0,116    | 0,116    |   |   |   |   |   |
| Mold Volume (m³)             | 0,00210         | 0,00210  | 0,00210  |   |   |   |   |   |
| Moisture Content (%)         | 6,1             | 9,0      | 8,7      |   |   |   |   |   |
| Weight of Mold + Soil (kg)   | 11,035          | 11,625   | 12,270   |   |   |   |   |   |
| Weight of Soil (kg)          | 3,902           | 4,122    | 4,425    |   |   |   |   |   |
| Dry Density (kg/m³)          | 1732,622        | 1782,560 | 1918,589 |   |   |   |   |   |
| Wet Density (kg/m³)          | 1838,571        | 1942,233 | 2085,002 |   |   |   |   |   |
| After Soaking                | 1               | 2        | 3        | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|                              | 1               | 2        | 3        | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Soaked Sample Height (in)    | 4,5509          | 4,5669   | 4,5539   |   |   |   |   |   |
| Soaked Time (Day)            | 4,0             | 4,0      | 4,0      |   |   |   |   |   |
| Swell (%)                    | -0,4            | 0,0      | -0,3     |   |   |   |   |   |
| Moisture Content (%)         | 17,5            | 15,2     | 12,6     |   |   |   |   |   |
| Weight of Mold + Soil (kg)   | 11,325          | 11,845   | 12,390   |   |   |   |   |   |
| Weight After Soaking (kg)    | 4,192           | 4,342    | 4,545    |   |   |   |   |   |
| Dry Density (kg/m³)          | 1680,541        | 1776,534 | 1902,509 |   |   |   |   |   |
| Wet Density (kg/m³)          | 1975,216        | 2045,894 | 2141,545 |   |   |   |   |   |

## CBR Proctor Density Curve

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)

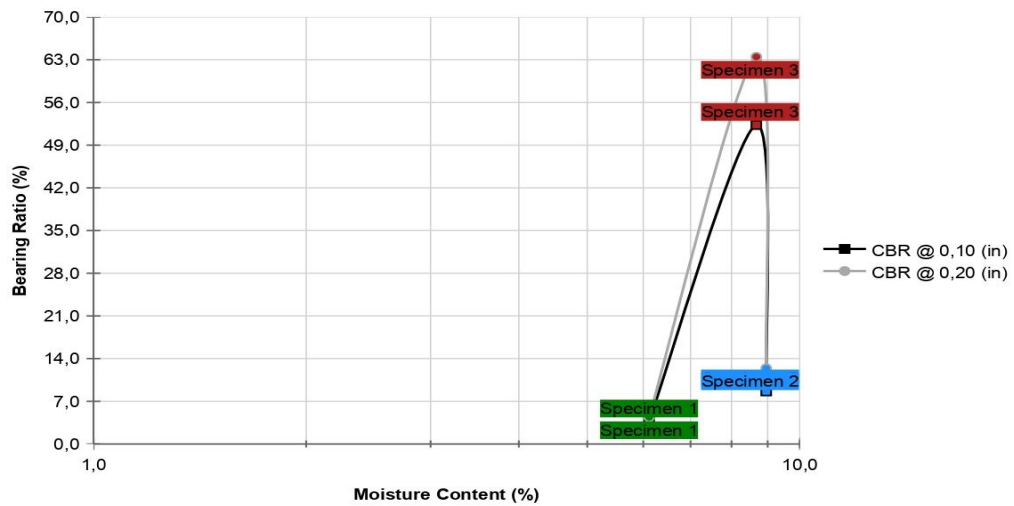


### CBR Proctor Density Curve

|                              |          |
|------------------------------|----------|
| Maximum Dry Density (kg/m³)  | 1918,589 |
| Optimum Moisture Content (%) | 8,7      |

## CBR Bearing Ratio

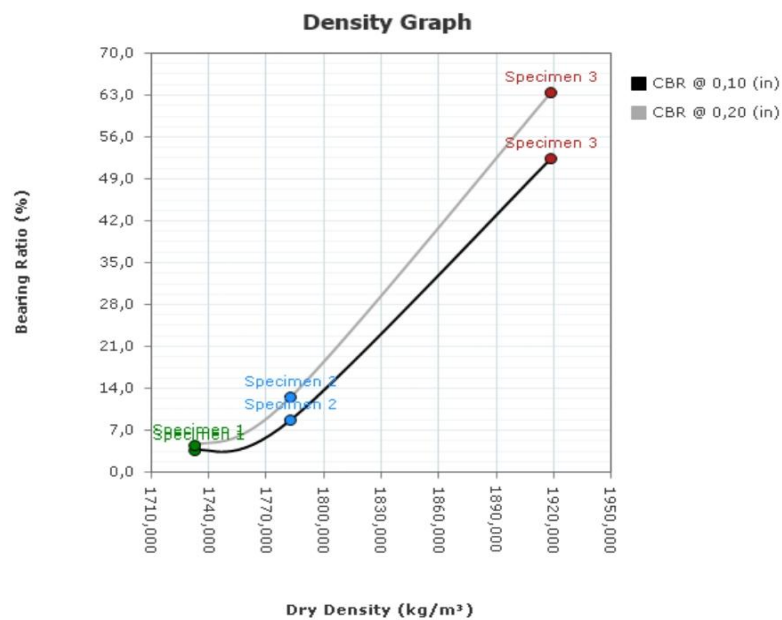
ASTM (D1883) / AASHTO (T193)



| CBR Results          |      |
|----------------------|------|
| CBR @ 0,10 (in)      | 52,3 |
| CBR @ 0,20 (in)      | 63,5 |
| Moisture Content (%) | 9,0  |

## CBR Density Graph

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)



| CBR Results                 |          |
|-----------------------------|----------|
| CBR @ 0,10 (in)             | 52,3     |
| CBR @ 0,20 (in)             | 63,5     |
| Maximum Dry Density (kg/m³) | 1918,589 |

[CBR/LBR] Test - Data

## CBR Test - Specimen 1

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)

| Index | Elapsed Time (hh:mm:ss) | Load (Lbf) | Displacement (in) | Corrected Load (Lbf) | Corrected Penetration (in) | Stress On Piston (psi) | CBR (%) | Corrected CBR (%) |
|-------|-------------------------|------------|-------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|---------|-------------------|
| 0     | 00:00:00                | 3,065      | -0,000005         | 0                    | 0                          | 0                      | 0,0     | 0,0               |
| 1     | 00:00:40                | 64,821     | 0,025004          | 62                   | 0                          | 21                     | 0,0     | 0,0               |
| 2     | 00:01:09                | 83,885     | 0,049998          | 81                   | 0                          | 27                     | 0,0     | 0,0               |
| 3     | 00:01:40                | 99,171     | 0,075009          | 96                   | 0                          | 32                     | 0,0     | 0,0               |
| 4     | 00:02:10                | 113,834    | 0,099998          | 111                  | 0                          | 37                     | 3,7     | 3,7               |
| 5     | 00:02:41                | 131,176    | 0,125009          | 128                  | 0                          | 43                     | 0,0     | 0,0               |
| 6     | 00:03:11                | 152,141    | 0,150012          | 149                  | 0                          | 50                     | 0,0     | 0,0               |
| 7     | 00:03:43                | 176,190    | 0,175001          | 173                  | 0                          | 58                     | 0,0     | 0,0               |
| 8     | 00:04:13                | 200,621    | 0,200005          | 198                  | 0                          | 66                     | 4,4     | 4,4               |
| 9     | 00:04:42                | 225,228    | 0,224999          | 222                  | 0                          | 74                     | 0,0     | 0,0               |
| 10    | 00:05:12                | 250,527    | 0,249996          | 247                  | 0                          | 82                     | 0,0     | 0,0               |
| 11    | 00:05:42                | 275,166    | 0,274999          | 272                  | 0                          | 91                     | 0,0     | 0,0               |
| 12    | 00:06:13                | 300,948    | 0,300000          | 298                  | 0                          | 99                     | 5,2     | 5,2               |
| 13    | 00:06:44                | 325,996    | 0,325005          | 323                  | 0                          | 108                    | 0,0     | 0,0               |
| 14    | 00:07:16                | 350,929    | 0,349996          | 348                  | 0                          | 116                    | 0,0     | 0,0               |
| 15    | 00:07:47                | 375,395    | 0,375007          | 372                  | 0                          | 124                    | 0,0     | 0,0               |
| 16    | 00:08:16                | 398,666    | 0,400002          | 396                  | 0                          | 132                    | 5,7     | 5,7               |
| 17    | 00:08:46                | 423,311    | 0,425008          | 420                  | 0                          | 140                    | 0,0     | 0,0               |
| 18    | 00:09:16                | 449,361    | 0,450000          | 446                  | 0                          | 149                    | 0,0     | 0,0               |
| 19    | 00:09:47                | 475,774    | 0,475006          | 473                  | 0                          | 158                    | 0,0     | 0,0               |
| 20    | 00:10:18                | 503,792    | 0,499996          | 501                  | 1                          | 167                    | 6,4     | 6,4               |
| 21    | 00:10:18                | 503,856    | 0,500054          | 501                  | 1                          | 167                    | 0,0     | 0,0               |

[CBR/LBR] Test - Data

## CBR Test - Specimen 2

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)

| Index | Elapsed Time (hh:mm:ss) | Load (Lbf) | Displacement (in) | Corrected Load (Lbf) | Corrected Penetration (in) | Stress On Piston (psi) | CBR (%) | Corrected CBR (%) |
|-------|-------------------------|------------|-------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|---------|-------------------|
| 0     | 00:00:00                | 57,343     | 0,000019          | 0                    | 0                          | 0                      | 0,0     | 0,0               |
| 1     | 00:00:32                | 159,424    | 0,025030          | 102                  | 0                          | 34                     | 0,0     | 0,0               |
| 2     | 00:01:03                | 222,091    | 0,050030          | 165                  | 0                          | 55                     | 0,0     | 0,0               |
| 3     | 00:01:32                | 265,038    | 0,075020          | 208                  | 0                          | 69                     | 0,0     | 0,0               |
| 4     | 00:02:01                | 316,285    | 0,100035          | 259                  | 0                          | 86                     | 8,6     | 8,6               |
| 5     | 00:02:31                | 377,588    | 0,125022          | 320                  | 0                          | 107                    | 0,0     | 0,0               |
| 6     | 00:03:01                | 453,158    | 0,150023          | 396                  | 0                          | 132                    | 0,0     | 0,0               |
| 7     | 00:03:32                | 534,598    | 0,175025          | 477                  | 0                          | 159                    | 0,0     | 0,0               |
| 8     | 00:04:03                | 616,093    | 0,200021          | 559                  | 0                          | 186                    | 12,4    | 12,4              |
| 9     | 00:04:35                | 700,720    | 0,225030          | 643                  | 0                          | 214                    | 0,0     | 0,0               |
| 10    | 00:05:07                | 784,968    | 0,250031          | 728                  | 0                          | 243                    | 0,0     | 0,0               |
| 11    | 00:05:38                | 866,918    | 0,275020          | 810                  | 0                          | 270                    | 0,0     | 0,0               |
| 12    | 00:06:08                | 946,124    | 0,300028          | 889                  | 0                          | 296                    | 15,6    | 15,6              |
| 13    | 00:06:38                | 1.025,197  | 0,325032          | 968                  | 0                          | 323                    | 0,0     | 0,0               |
| 14    | 00:07:09                | 1.104,005  | 0,350024          | 1.047                | 0                          | 349                    | 0,0     | 0,0               |
| 15    | 00:07:40                | 1.182,114  | 0,375032          | 1.125                | 0                          | 375                    | 0,0     | 0,0               |
| 16    | 00:08:11                | 1.258,820  | 0,400023          | 1.201                | 0                          | 400                    | 17,4    | 17,4              |
| 17    | 00:08:43                | 1.337,523  | 0,425024          | 1.280                | 0                          | 427                    | 0,0     | 0,0               |
| 18    | 00:09:14                | 1.413,751  | 0,450025          | 1.356                | 0                          | 452                    | 0,0     | 0,0               |
| 19    | 00:09:45                | 1.487,677  | 0,475027          | 1.430                | 0                          | 477                    | 0,0     | 0,0               |
| 20    | 00:10:14                | 1.558,947  | 0,499977          | 1.502                | 0                          | 501                    | 19,3    | 19,3              |

[CBR/LBR] Test - Data

## CBR Test - Specimen 3

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)

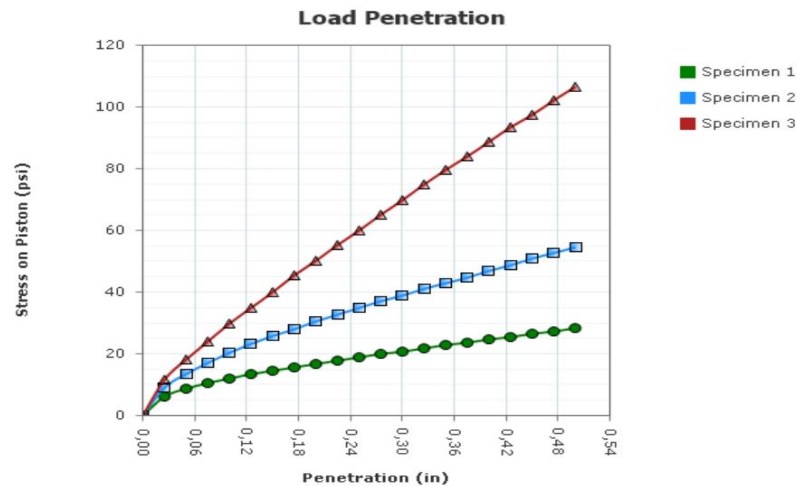
| Index | Elapsed Time (hh:mm:ss) | Load (Lbf) | Displacement (in) | Corrected Load (Lbf) | Corrected Penetration (in) | Stress On Piston (psi) | CBR (%) | Corrected CBR (%) |
|-------|-------------------------|------------|-------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|---------|-------------------|
| 0     | 00:00:00                | 2,371      | 0,006119          | 0                    | 0                          | 0                      | 0,0     | 0,0               |
| 1     | 00:00:31                | 169,712    | 0,031125          | 167                  | 0                          | 56                     | 0,0     | 0,0               |
| 2     | 00:01:04                | 416,251    | 0,056132          | 414                  | 0                          | 138                    | 0,0     | 0,0               |
| 3     | 00:01:38                | 745,600    | 0,081132          | 743                  | 0                          | 248                    | 0,0     | 0,0               |
| 4     | 00:02:12                | 1.133,898  | 0,106130          | 1.132                | 0                          | 377                    | 37,7    | 52,3              |
| 5     | 00:02:46                | 1.530,965  | 0,131130          | 1.529                | 0                          | 510                    | 0,0     | 0,0               |
| 6     | 00:03:18                | 1.895,059  | 0,156135          | 1.893                | 0                          | 631                    | 0,0     | 0,0               |
| 7     | 00:03:49                | 2.230,656  | 0,181126          | 2.228                | 0                          | 743                    | 0,0     | 0,0               |
| 8     | 00:04:21                | 2.538,510  | 0,206134          | 2.536                | 0                          | 845                    | 56,4    | 63,5              |
| 9     | 00:04:53                | 2.827,828  | 0,231124          | 2.825                | 0                          | 942                    | 0,0     | 0,0               |
| 10    | 00:05:26                | 3.103,827  | 0,256130          | 3.101                | 0                          | 1.034                  | 0,0     | 0,0               |
| 11    | 00:05:58                | 3.368,107  | 0,281120          | 3.366                | 0                          | 1.122                  | 0,0     | 0,0               |
| 12    | 00:06:30                | 3.623,850  | 0,306127          | 3.621                | 0                          | 1.207                  | 63,5    | 68,1              |
| 13    | 00:07:00                | 3.859,049  | 0,331124          | 3.857                | 0                          | 1.286                  | 0,0     | 0,0               |
| 14    | 00:07:31                | 4.090,235  | 0,356132          | 4.088                | 0                          | 1.363                  | 0,0     | 0,0               |
| 15    | 00:08:01                | 4.301,133  | 0,381132          | 4.299                | 0                          | 1.433                  | 0,0     | 0,0               |
| 16    | 00:08:32                | 4.464,537  | 0,406128          | 4.462                | 0                          | 1.487                  | 64,7    | 65,3              |
| 17    | 00:09:05                | 4.506,735  | 0,431131          | 4.504                | 0                          | 1.501                  | 0,0     | 0,0               |
| 18    | 00:09:35                | 4.508,298  | 0,456127          | 4.506                | 0                          | 1.502                  | 0,0     | 0,0               |
| 19    | 00:10:04                | 4.511,048  | 0,481121          | 4.509                | 0                          | 1.503                  | 0,0     | 0,0               |
| 20    | 00:10:31                | 4.563,784  | 0,505997          | 4.561                | 0                          | 1.520                  | 58,5    | 0,0               |

## Calicata 2

| CBR                         |               |        |        |                 |        |        |                |        |
|-----------------------------|---------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|----------------|--------|
| Nº GOLPES: 56 MOLDE: C1     | ANTES SATURAR |        |        | DESPUÉS SATURAR |        |        | LECTURA 0.001" |        |
| RECIP. Nº                   | A41           | N3     | A69    | A59 ↑           | A86 ➡  | A80 ↓  |                |        |
| PESO RECIP. (Wr) gr         | 30.91         | 31.55  | 31.62  | 31.87           | 31.38  | 31.65  | Li             | 21.00  |
| PESO HÚMED.+RECIP. (W1) gr  | 140.03        | 175.57 | 132.71 | 176.76          | 178.30 | 142.23 | 1              | 165.00 |
| PESO SECO + RECIP. (W2) gr  | 122.88        | 153.12 | 117.04 | 136.60          | 149.18 | 120.85 | 2              | 238.00 |
| PESO DE AGUA (Ww) gr        | 17.15         | 22.45  | 15.67  | 40.16           | 29.12  | 21.38  | 3              | 296.00 |
| PESO SECO (Ws) gr           | 91.97         | 121.57 | 85.42  | 104.73          | 117.80 | 89.20  | 4              | 334.00 |
| PESO MOLDE +SUELO HÚMED. gr | 11965         |        |        | 12225           |        |        |                |        |
| Nº GOLPES: 25 MOLDE: C2     | ANTES SATURAR |        |        | DESPUÉS SATURAR |        |        | LECTURA 0.001" |        |
| RECIP. Nº                   | A12           | A62    | A52    | A1 ↑            | A46 ➡  | A17 ↓  |                |        |
| PESO RECIP. (Wr) gr         | 31.44         | 30.55  | 31.95  | 31.51           | 31.66  | 30.53  | Li             | 117.00 |
| PESO HÚMED.+RECIP. (W1) gr  | 187.61        | 160.20 | 172.44 | 184.63          | 165.60 | 181.95 | 1              | 272.00 |
| PESO SECO + RECIP. (W2) gr  | 163.00        | 139.51 | 150.29 | 141.66          | 133.85 | 148.25 | 2              | 394.00 |
| PESO DE AGUA (Ww) gr        | 24.61         | 20.69  | 22.15  | 42.97           | 31.75  | 33.70  | 3              | 415.00 |
| PESO SECO (Ws) gr           | 131.56        | 108.96 | 118.34 | 110.15          | 102.19 | 117.72 | 4              | 422.00 |
| PESO MOLDE +SUELO HÚMED. gr | 11355         |        |        | 11725           |        |        |                |        |
| Nº GOLPES: 12 MOLDE: C3     | ANTES SATURAR |        |        | DESPUÉS SATURAR |        |        | LECTURA 0.001" |        |
| RECIP. Nº                   | A85           | A43    | A77    | A55 ↑           | A78 ➡  | A50 ↓  |                |        |
| PESO RECIP. (Wr) gr         | 31.35         | 31.86  | 31.54  | 31.65           | 31.54  | 31.56  | Li             | 68.50  |
| PESO HÚMED.+RECIP. (W1) gr  | 180.65        | 174.49 | 191.51 | 178.46          | 162.61 | 173.83 | 1              | 283.00 |
| PESO SECO + RECIP. (W2) gr  | 156.27        | 151.15 | 165.53 | 135.81          | 129.10 | 138.40 | 2              | 339.00 |
| PESO DE AGUA (Ww) gr        | 24.38         | 23.34  | 25.98  | 42.65           | 33.51  | 35.43  | 3              | 348.00 |
| PESO SECO (Ws) gr           | 124.92        | 119.29 | 133.99 | 104.16          | 97.56  | 106.84 | 4              | 353.00 |
| PESO MOLDE +SUELO HÚMED. gr | 10655         |        |        | 11135           |        |        |                |        |

### CBR Test Results

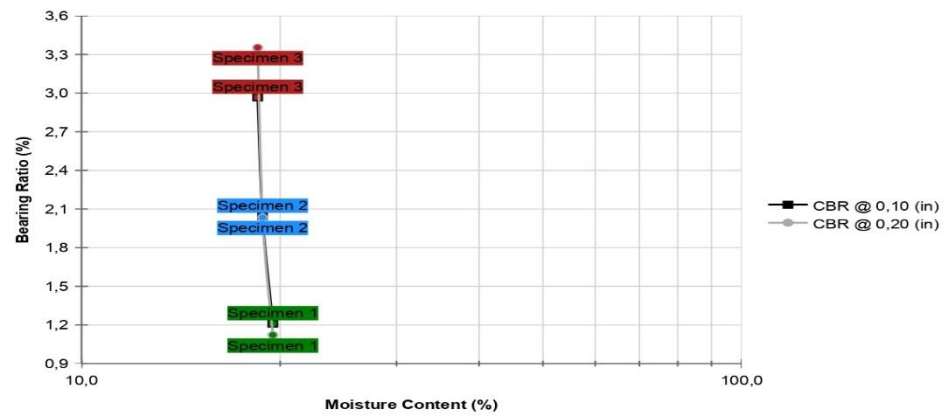
ASTM (D1883) / AASHTO (T193)



| CBR Results         |                                                                                                      |     |     |   |   |   |   |   |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|---|---|---|---|---|
| Results             | 1                                                                                                    | 2   | 3   | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| CBR @ 0,10 (in)     | 1,2                                                                                                  | 2,0 | 3,0 |   |   |   |   |   |
| CBR @ 0,20 (in)     | 1,1                                                                                                  | 2,0 | 3,4 |   |   |   |   |   |
| Project Information |                                                                                                      |     |     |   |   |   |   |   |
| Project:            | Estudio de Suelos y Diseño de Pavimento Flexible via el Quemado, ciudad de Sta Rosa, prov. de El Oro |     |     |   |   |   |   |   |
| Project Number:     | 1                                                                                                    |     |     |   |   |   |   |   |
| Sampling Date:      | 08/04/2025                                                                                           |     |     |   |   |   |   |   |
| Sample Number:      | calicata 2                                                                                           |     |     |   |   |   |   |   |
| Sample Depth:       | 1,50 m                                                                                               |     |     |   |   |   |   |   |
| Location:           | Ciudad de Sta. Rosa                                                                                  |     |     |   |   |   |   |   |
| Client Name:        | GADPEO                                                                                               |     |     |   |   |   |   |   |
| Remarks:            | Se realizo 4 calicatas via el Quemado                                                                |     |     |   |   |   |   |   |

## CBR Bearing Ratio

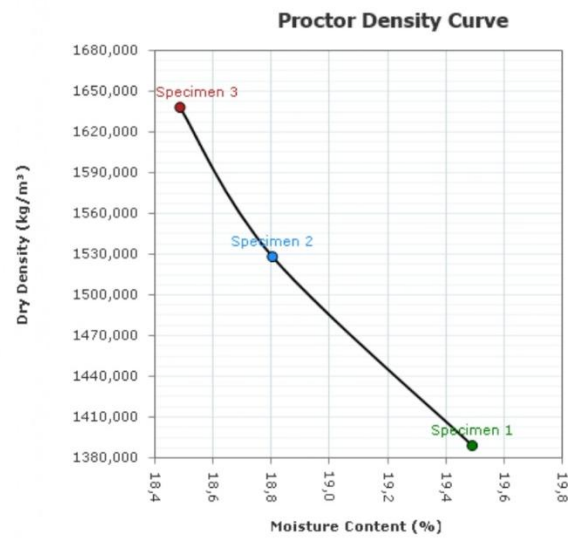
ASTM (D1883) / AASHTO (T193)



| CBR Results          |      |
|----------------------|------|
| CBR @ 0,10 (in)      | 3,0  |
| CBR @ 0,20 (in)      | 3,4  |
| Moisture Content (%) | 19,5 |

## CBR Proctor Density Curve

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)



| CBR Proctor Density Curve    |          |
|------------------------------|----------|
| Maximum Dry Density (kg/m³)  | 1638,410 |
| Optimum Moisture Content (%) | 18,5     |

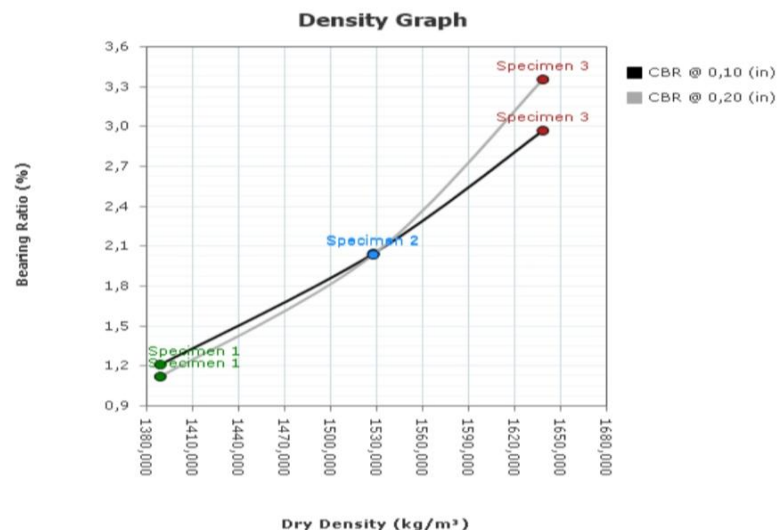
## CBR Test

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)

| Before Soaking               | Specimen Number |          |          |   |   |   |   |   |
|------------------------------|-----------------|----------|----------|---|---|---|---|---|
|                              | 1               | 2        | 3        | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Specific Gravity             | 1,7             | 1,7      | 1,7      |   |   |   |   |   |
| Liquid Limit                 | 26              | 26       | 26       |   |   |   |   |   |
| Plastic Limit                | 128             | 128      | 128      |   |   |   |   |   |
| Surcharge Weight (kg)        | 5,720           | 5,720    | 5,720    |   |   |   |   |   |
| Number of Blows              | 12              | 25       | 56       |   |   |   |   |   |
| Maximum Dry Density (kg/m³)  | 1619,000        | 1619,000 | 1538,000 |   |   |   |   |   |
| Optimum Moisture Content (%) | 19,8            | 19,8     | 19,8     |   |   |   |   |   |
| Mold ID                      | C3              | C2       | C1       |   |   |   |   |   |
| Mold Diameter (m)            | 0,152           | 0,152    | 0,152    |   |   |   |   |   |
| Mold Weight (kg)             | 7,133           | 7,503    | 7,845    |   |   |   |   |   |
| Sample Height (m)            | 0,116           | 0,116    | 0,116    |   |   |   |   |   |
| Mold Volume (m³)             | 0,00210         | 0,00210  | 0,00210  |   |   |   |   |   |
| Moisture Content (%)         | 19,5            | 18,8     | 18,5     |   |   |   |   |   |
| Weight of Mold + Soil (kg)   | 10,655          | 11,355   | 11,965   |   |   |   |   |   |
| Weight of Soil (kg)          | 3,522           | 3,852    | 4,120    |   |   |   |   |   |
| Dry Density (kg/m³)          | 1388,829        | 1527,736 | 1638,410 |   |   |   |   |   |
| Wet Density (kg/m³)          | 1659,520        | 1815,012 | 1941,290 |   |   |   |   |   |
| After Soaking                | 1               | 2        | 3        | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Soaked Sample Height (in)    | 4,8514          | 4,8719   | 4,8799   |   |   |   |   |   |
| Soaked Time (Day)            | 4,0             | 4,0      | 4,0      |   |   |   |   |   |
| Swell (%)                    | 6,2             | 6,7      | 6,9      |   |   |   |   |   |
| Moisture Content (%)         | 36,2            | 32,9     | 29,0     |   |   |   |   |   |
| Weight of Mold + Soil (kg)   | 11,135          | 11,725   | 12,225   |   |   |   |   |   |
| Weight After Soaking (kg)    | 4,002           | 4,222    | 4,380    |   |   |   |   |   |
| Dry Density (kg/m³)          | 1384,987        | 1496,851 | 1599,582 |   |   |   |   |   |
| Wet Density (kg/m³)          | 1885,690        | 1989,351 | 2063,799 |   |   |   |   |   |

## CBR Density Graph

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)



| CBR Results                 |          |
|-----------------------------|----------|
| CBR @ 0,10 (in)             | 3,0      |
| CBR @ 0,20 (in)             | 3,4      |
| Maximum Dry Density (kg/m³) | 1638,410 |

## CBR Test - Specimen 1

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)

| Index | Elapsed Time (hh:mm:ss) | Load (Lbf) | Displacement (in) | Corrected Load (Lbf) | Corrected Penetration (in) | Stress On Piston (psi) | CBR (%) | Corrected CBR (%) |
|-------|-------------------------|------------|-------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|---------|-------------------|
| 0     | 00:00:00                | 2,295      | -0,000614         | 0                    | 0                          | 0                      | 0,0     | 0,0               |
| 1     | 00:00:29                | 21,279     | 0,024390          | 19                   | 0                          | 6                      | 0,0     | 0,0               |
| 2     | 00:01:00                | 28,780     | 0,049400          | 26                   | 0                          | 9                      | 0,0     | 0,0               |
| 3     | 00:01:31                | 34,096     | 0,074387          | 32                   | 0                          | 11                     | 0,0     | 0,0               |
| 4     | 00:02:02                | 38,581     | 0,099389          | 36                   | 0                          | 12                     | 1,2     | 1,2               |
| 5     | 00:02:33                | 42,567     | 0,124390          | 40                   | 0                          | 13                     | 0,0     | 0,0               |
| 6     | 00:03:02                | 46,225     | 0,149389          | 44                   | 0                          | 15                     | 0,0     | 0,0               |
| 7     | 00:03:31                | 49,654     | 0,174393          | 47                   | 0                          | 16                     | 0,0     | 0,0               |
| 8     | 00:04:00                | 52,797     | 0,199401          | 51                   | 0                          | 17                     | 1,1     | 1,1               |
| 9     | 00:04:30                | 55,998     | 0,224399          | 54                   | 0                          | 18                     | 0,0     | 0,0               |
| 10    | 00:05:01                | 59,110     | 0,249390          | 57                   | 0                          | 19                     | 0,0     | 0,0               |
| 11    | 00:05:32                | 62,019     | 0,274397          | 60                   | 0                          | 20                     | 0,0     | 0,0               |
| 12    | 00:06:03                | 64,962     | 0,299391          | 63                   | 0                          | 21                     | 1,1     | 1,1               |
| 13    | 00:06:34                | 67,899     | 0,324388          | 66                   | 0                          | 22                     | 0,0     | 0,0               |
| 14    | 00:07:03                | 70,738     | 0,349391          | 68                   | 0                          | 23                     | 0,0     | 0,0               |
| 15    | 00:07:32                | 73,467     | 0,374392          | 71                   | 0                          | 24                     | 0,0     | 0,0               |
| 16    | 00:08:01                | 76,170     | 0,399387          | 74                   | 0                          | 25                     | 1,1     | 1,1               |
| 17    | 00:08:31                | 78,790     | 0,424387          | 76                   | 0                          | 25                     | 0,0     | 0,0               |
| 18    | 00:09:01                | 81,658     | 0,449390          | 79                   | 0                          | 26                     | 0,0     | 0,0               |
| 19    | 00:09:32                | 84,181     | 0,474393          | 82                   | 0                          | 27                     | 0,0     | 0,0               |
| 20    | 00:10:03                | 86,922     | 0,499079          | 85                   | 0                          | 28                     | 1,1     | 1,1               |

## CBR Test - Specimen 2

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)

| Index | Elapsed Time (hh:mm:ss) | Load (Lbf) | Displacement (in) | Corrected Load (Lbf) | Corrected Penetration (in) | Stress On Piston (psi) | CBR (%) | Corrected CBR (%) |
|-------|-------------------------|------------|-------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|---------|-------------------|
| 0     | 00:00:00                | 6,634      | -0,000035         | 0                    | 0                          | 0                      | 0,0     | 0,0               |
| 1     | 00:00:29                | 33,771     | 0,024972          | 27                   | 0                          | 9                      | 0,0     | 0,0               |
| 2     | 00:00:58                | 46,636     | 0,049969          | 40                   | 0                          | 13                     | 0,0     | 0,0               |
| 3     | 00:01:27                | 58,054     | 0,074978          | 51                   | 0                          | 17                     | 0,0     | 0,0               |
| 4     | 00:01:57                | 67,967     | 0,099965          | 61                   | 0                          | 20                     | 2,0     | 2,0               |
| 5     | 00:02:28                | 76,374     | 0,124970          | 70                   | 0                          | 23                     | 0,0     | 0,0               |
| 6     | 00:02:58                | 83,925     | 0,149969          | 77                   | 0                          | 26                     | 0,0     | 0,0               |
| 7     | 00:03:30                | 91,132     | 0,174975          | 84                   | 0                          | 28                     | 0,0     | 0,0               |
| 8     | 00:04:01                | 98,189     | 0,199977          | 92                   | 0                          | 31                     | 2,0     | 2,0               |
| 9     | 00:04:30                | 104,777    | 0,224981          | 98                   | 0                          | 33                     | 0,0     | 0,0               |
| 10    | 00:04:59                | 111,254    | 0,249974          | 105                  | 0                          | 35                     | 0,0     | 0,0               |
| 11    | 00:05:29                | 117,496    | 0,274973          | 111                  | 0                          | 37                     | 0,0     | 0,0               |
| 12    | 00:05:59                | 123,761    | 0,299971          | 117                  | 0                          | 39                     | 2,1     | 2,1               |
| 13    | 00:06:29                | 129,801    | 0,324969          | 123                  | 0                          | 41                     | 0,0     | 0,0               |
| 14    | 00:07:00                | 135,734    | 0,349969          | 129                  | 0                          | 43                     | 0,0     | 0,0               |
| 15    | 00:07:31                | 141,345    | 0,374965          | 135                  | 0                          | 45                     | 0,0     | 0,0               |
| 16    | 00:08:02                | 147,301    | 0,399966          | 141                  | 0                          | 47                     | 2,0     | 2,0               |
| 17    | 00:08:32                | 153,317    | 0,424973          | 147                  | 0                          | 49                     | 0,0     | 0,0               |
| 18    | 00:09:01                | 159,021    | 0,449967          | 152                  | 0                          | 51                     | 0,0     | 0,0               |
| 19    | 00:09:30                | 164,602    | 0,474972          | 158                  | 0                          | 53                     | 0,0     | 0,0               |
| 20    | 00:10:00                | 170,399    | 0,499911          | 164                  | 0                          | 55                     | 2,1     | 2,1               |

## CBR Test - Specimen 3

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)

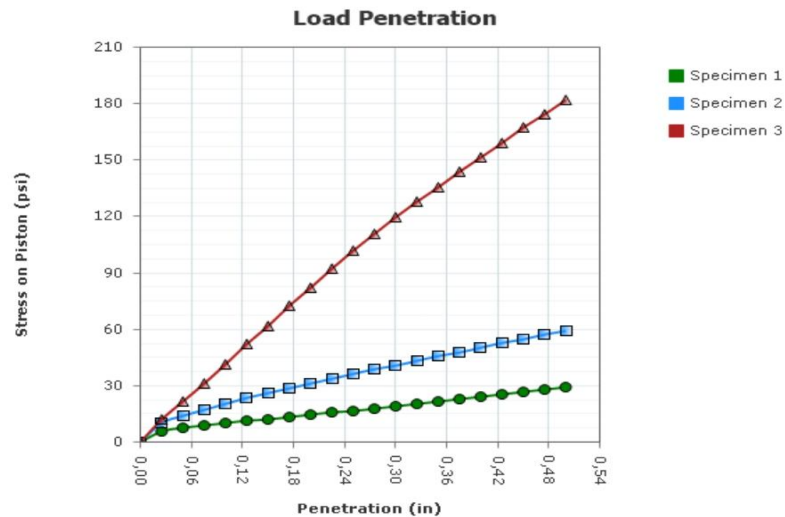
| Index | Elapsed Time (hh:mm:ss) | Load (Lbf) | Displacement (in) | Corrected Load (Lbf) | Corrected Penetration (in) | Stress On Piston (psi) | CBR (%) | Corrected CBR (%) |
|-------|-------------------------|------------|-------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|---------|-------------------|
| 0     | 00:00:00                | 4,883      | 0,000366          | 0                    | 0                          | 0                      | 0,0     | 0,0               |
| 1     | 00:00:31                | 39,922     | 0,025376          | 35                   | 0                          | 12                     | 0,0     | 0,0               |
| 2     | 00:01:01                | 59,303     | 0,050369          | 54                   | 0                          | 18                     | 0,0     | 0,0               |
| 3     | 00:01:30                | 76,721     | 0,075371          | 72                   | 0                          | 24                     | 0,0     | 0,0               |
| 4     | 00:01:59                | 93,899     | 0,100378          | 89                   | 0                          | 30                     | 3,0     | 3,0               |
| 5     | 00:02:29                | 110,140    | 0,125375          | 105                  | 0                          | 35                     | 0,0     | 0,0               |
| 6     | 00:03:00                | 125,384    | 0,150378          | 121                  | 0                          | 40                     | 0,0     | 0,0               |
| 7     | 00:03:30                | 140,748    | 0,175367          | 136                  | 0                          | 45                     | 0,0     | 0,0               |
| 8     | 00:04:02                | 155,804    | 0,200370          | 151                  | 0                          | 50                     | 3,4     | 3,4               |
| 9     | 00:04:33                | 170,615    | 0,225368          | 166                  | 0                          | 55                     | 0,0     | 0,0               |
| 10    | 00:05:02                | 185,035    | 0,250369          | 180                  | 0                          | 60                     | 0,0     | 0,0               |
| 11    | 00:05:31                | 199,720    | 0,275373          | 195                  | 0                          | 65                     | 0,0     | 0,0               |
| 12    | 00:06:01                | 214,356    | 0,300372          | 209                  | 0                          | 70                     | 3,7     | 3,7               |
| 13    | 00:06:31                | 229,068    | 0,325371          | 224                  | 0                          | 75                     | 0,0     | 0,0               |
| 14    | 00:07:02                | 243,316    | 0,350373          | 238                  | 0                          | 79                     | 0,0     | 0,0               |
| 15    | 00:07:32                | 257,058    | 0,375377          | 252                  | 0                          | 84                     | 0,0     | 0,0               |
| 16    | 00:08:04                | 271,031    | 0,400375          | 266                  | 0                          | 89                     | 3,9     | 3,9               |
| 17    | 00:08:36                | 284,834    | 0,425379          | 280                  | 0                          | 93                     | 0,0     | 0,0               |
| 18    | 00:09:04                | 297,788    | 0,450368          | 293                  | 0                          | 98                     | 0,0     | 0,0               |
| 19    | 00:09:33                | 311,203    | 0,475380          | 306                  | 0                          | 102                    | 0,0     | 0,0               |
| 20    | 00:10:03                | 324,267    | 0,500220          | 319                  | 0                          | 106                    | 4,1     | 4,1               |

### Calicata 3

| CBR                         |               |        |        |                 |        |        |                |        |
|-----------------------------|---------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|----------------|--------|
| N° GOLPES: 56 MOLDE: C6     | ANTES SATURAR |        |        | DESPUÉS SATURAR |        |        | LECTURA 0.001" |        |
| RECIP. N°                   | A60           | A37    | A72    | A60 ↑           | A37 →  | A72 ↓  |                |        |
| PESO RECIP. (Wr) gr         | 31.36         | 30.38  | 30.78  | 31.36           | 30.38  | 30.78  | Li             | 40.00  |
| PESO HÚMED.+RECIP. (W1) gr  | 64.95         | 61.24  | 69.63  | 233.35          | 216.93 | 208.46 | 1              |        |
| PESO SECO + RECIP. (W2) gr  | 61.41         | 57.84  | 65.28  | 191.98          | 183.41 | 180.46 | 2              |        |
| PESO DE AGUA (Ww) gr        | 3.54          | 3.40   | 4.35   | 41.37           | 33.52  | 28.00  | 3              |        |
| PESO SECO (Ws) gr           | 30.05         | 27.46  | 34.50  | 160.62          | 153.03 | 149.68 | 4              | 265.00 |
| PESO MOLDE +SUELO HÚMED. gr | 12145         |        |        | 12355           |        |        |                |        |
| N° GOLPES: 25 MOLDE: C5     | ANTES SATURAR |        |        | DESPUÉS SATURAR |        |        | LECTURA 0.001" |        |
| RECIP. N°                   | A48           | A5     | A16    | A48 ↑           | A5 →   | A16 ↓  |                |        |
| PESO RECIP. (Wr) gr         | 31.49         | 30.60  | 30.54  | 31.49           | 30.60  | 30.54  | Li             | 99.00  |
| PESO HÚMED.+RECIP. (W1) gr  | 150.33        | 138.80 | 156.68 | 221.85          | 219.70 | 195.87 | 1              |        |
| PESO SECO + RECIP. (W2) gr  | 136.10        | 125.80 | 141.48 | 178.24          | 183.40 | 167.26 | 2              |        |
| PESO DE AGUA (Ww) gr        | 14.23         | 13.00  | 15.20  | 43.61           | 36.30  | 28.61  | 3              |        |
| PESO SECO (Ws) gr           | 104.61        | 95.20  | 110.94 | 146.75          | 152.80 | 136.72 | 4              | 347.00 |
| PESO MOLDE +SUELO HÚMED. gr | 12355         |        |        | 12690           |        |        |                |        |
| N° GOLPES: 12 MOLDE: C4     | ANTES SATURAR |        |        | DESPUÉS SATURAR |        |        | LECTURA 0.001" |        |
| RECIP. N°                   | A68           | A73    | A61    | A68 ↑           | A73 →  | A61 ↓  |                |        |
| PESO RECIP. (Wr) gr         | 31.54         | 31.55  | 32.03  | 31.54           | 31.55  | 32.03  | Li             | 140.00 |
| PESO HÚMED.+RECIP. (W1) gr  | 144.75        | 155.41 | 163.51 | 218.23          | 199.28 | 189.55 | 1              |        |
| PESO SECO + RECIP. (W2) gr  | 131.39        | 140.60 | 147.60 | 176.19          | 167.58 | 158.43 | 2              |        |
| PESO DE AGUA (Ww) gr        | 13.36         | 14.81  | 15.91  | 42.04           | 31.70  | 31.12  | 3              |        |
| PESO SECO (Ws) gr           | 99.85         | 109.05 | 115.57 | 144.65          | 136.03 | 126.40 | 4              | 350.00 |
| PESO MOLDE +SUELO HÚMED. gr | 11645         |        |        | 12050           |        |        |                |        |

### CBR Test Results

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)



| CBR Results         |                                                                                                      |     |     |   |   |   |   |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|---|---|---|---|
| Results             | 1                                                                                                    | 2   | 3   | 4 | 5 | 6 | 7 |
| CBR @ 0,10 (in)     | 1,0                                                                                                  | 2,1 | 4,2 |   |   |   |   |
| CBR @ 0,20 (in)     | 1,0                                                                                                  | 2,1 | 5,5 |   |   |   |   |
| Project Information |                                                                                                      |     |     |   |   |   |   |
| Project:            | Estudio de Suelos y Diseño de Pavimento Flexible via el Quemado, ciudad de Sta Rosa, prov. de El Oro |     |     |   |   |   |   |
| Project Number:     | 1                                                                                                    |     |     |   |   |   |   |
| Sampling Date:      | 08/04/2025                                                                                           |     |     |   |   |   |   |
| Sample Number:      | calicata 3                                                                                           |     |     |   |   |   |   |
| Sample Depth:       | 1,50 m                                                                                               |     |     |   |   |   |   |
| Location:           | Ciudad de Sta. Rosa                                                                                  |     |     |   |   |   |   |
| Client Name:        | GADPEO                                                                                               |     |     |   |   |   |   |
| Remarks:            | Se realizo 4 calicatas via el Quemado                                                                |     |     |   |   |   |   |

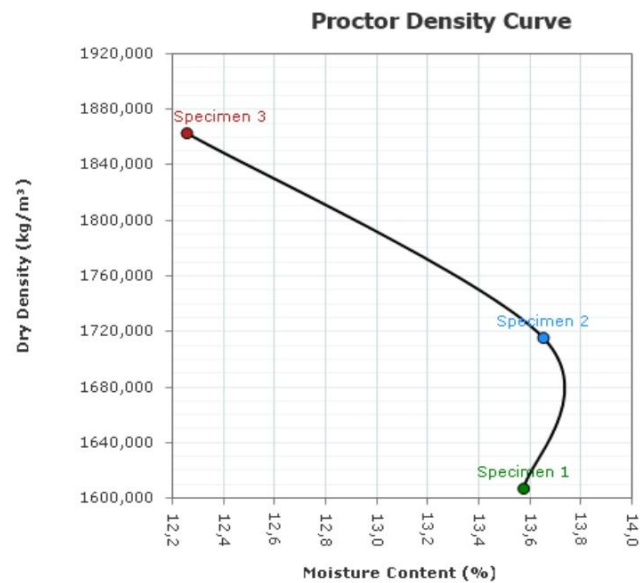
## CBR Test

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)

| Before Soaking               | Specimen Number |          |          |   |   |   |   |   |
|------------------------------|-----------------|----------|----------|---|---|---|---|---|
|                              | 1               | 2        | 3        | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Specific Gravity             | 1,7             | 1,7      | 1,7      |   |   |   |   |   |
| Liquid Limit                 | 26              | 26       | 26       |   |   |   |   |   |
| Plastic Limit                | 128             | 128      | 128      |   |   |   |   |   |
| Surcharge Weight (kg)        | 5,720           | 5,720    | 5,720    |   |   |   |   |   |
| Number of Blows              | 12              | 25       | 56       |   |   |   |   |   |
| Maximum Dry Density (kg/m³)  | 1841,820        | 1841,820 | 1749,720 |   |   |   |   |   |
| Optimum Moisture Content (%) | 13,4            | 13,4     | 13,4     |   |   |   |   |   |
| Mold ID                      | C4              | C5       | C6       |   |   |   |   |   |
| Mold Diameter (m)            | 0,152           | 0,152    | 0,152    |   |   |   |   |   |
| Mold Weight (kg)             | 7,773           | 8,218    | 7,708    |   |   |   |   |   |
| Sample Height (m)            | 0,116           | 0,116    | 0,116    |   |   |   |   |   |
| Mold Volume (m³)             | 0,00210         | 0,00210  | 0,00210  |   |   |   |   |   |
| Moisture Content (%)         | 13,6            | 13,7     | 12,3     |   |   |   |   |   |
| Weight of Mold + Soil (kg)   | 11,645          | 12,355   | 12,145   |   |   |   |   |   |
| Weight of Soil (kg)          | 3,872           | 4,137    | 4,437    |   |   |   |   |   |
| Dry Density (kg/m³)          | 1606,359        | 1715,130 | 1862,386 |   |   |   |   |   |
| Wet Density (kg/m³)          | 1824,436        | 1949,300 | 2090,656 |   |   |   |   |   |
| After Soaking                | 1               | 2        | 3        | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Soaked Sample Height (in)    | 4,7769          | 4,8149   | 4,7919   |   |   |   |   |   |
| Soaked Time (Day)            | 4,0             | 4,0      | 4,0      |   |   |   |   |   |
| Swell (%)                    | 4,6             | 5,4      | 4,9      |   |   |   |   |   |
| Moisture Content (%)         | 52976,9         | 24,8     | 22,1     |   |   |   |   |   |
| Weight of Mold + Soil (kg)   | 12,050          | 12,690   | 12,355   |   |   |   |   |   |
| Weight After Soaking (kg)    | 4,277           | 4,472    | 4,647    |   |   |   |   |   |
| Dry Density (kg/m³)          | 3,797           | 1688,421 | 1792,960 |   |   |   |   |   |
| Wet Density (kg/m³)          | 2015,267        | 2107,147 | 2189,605 |   |   |   |   |   |

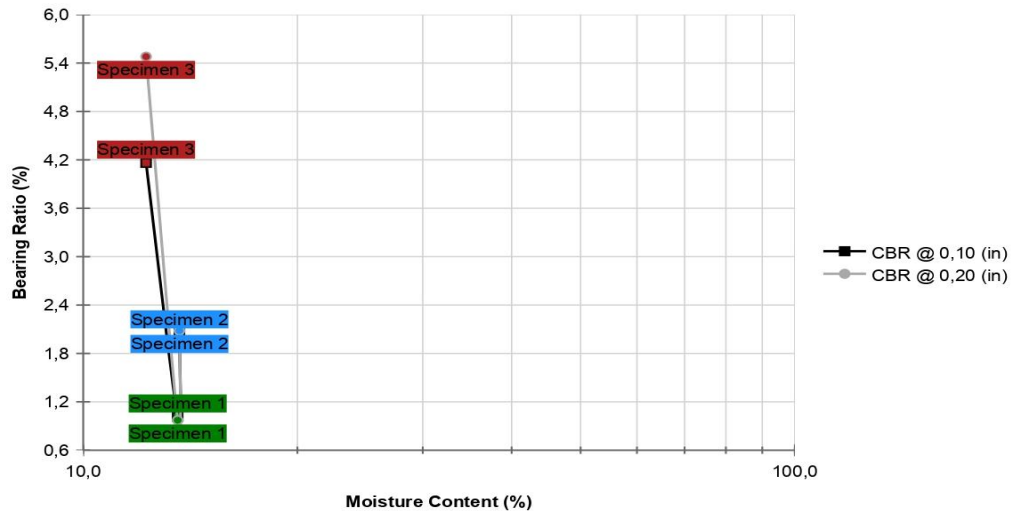
## CBR Proctor Density Curve

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)



## CBR Bearing Ratio

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)

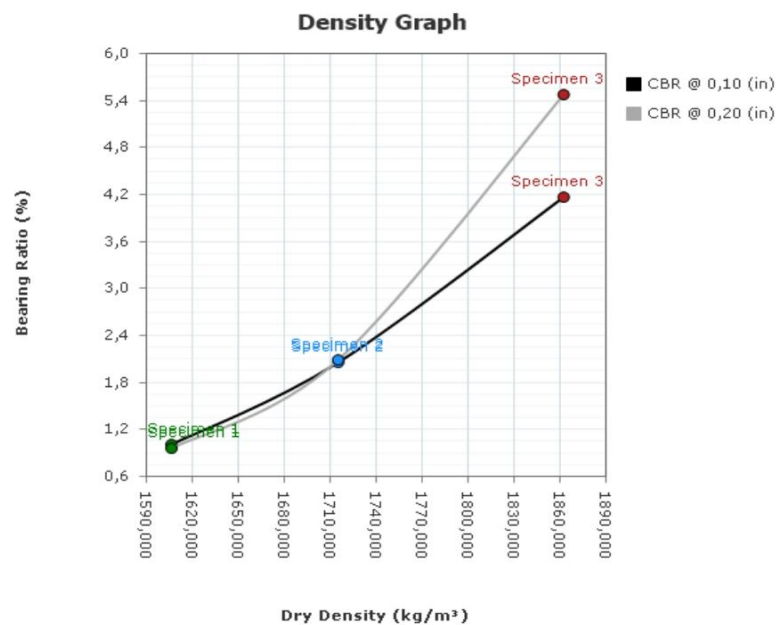


CBR Results

|                      |      |
|----------------------|------|
| CBR @ 0,10 (in)      | 4,2  |
| CBR @ 0,20 (in)      | 5,5  |
| Moisture Content (%) | 13,7 |

## CBR Density Graph

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)



CBR Results

|                             |          |
|-----------------------------|----------|
| CBR @ 0,10 (in)             | 4,2      |
| CBR @ 0,20 (in)             | 5,5      |
| Maximum Dry Density (kg/m³) | 1862,386 |

# CBR Test - Specimen 1

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)

| Index | Elapsed Time (hh:mm:ss) | Load (Lbf) | Displacement (in) | Corrected Load (Lbf) | Corrected Penetration (in) | Stress On Piston (psi) | CBR (%) | Corrected CBR (%) |
|-------|-------------------------|------------|-------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|---------|-------------------|
| 0     | 00:00:00                | 12,596     | 0,000289          | 0                    | 0                          | 0                      | 0,0     | 0,0               |
| 1     | 00:00:30                | 30,130     | 0,025303          | 18                   | 0                          | 6                      | 0,0     | 0,0               |
| 2     | 00:00:59                | 35,422     | 0,050295          | 23                   | 0                          | 8                      | 0,0     | 0,0               |
| 3     | 00:01:28                | 39,437     | 0,075300          | 27                   | 0                          | 9                      | 0,0     | 0,0               |
| 4     | 00:01:57                | 43,066     | 0,100300          | 30                   | 0                          | 10                     | 1,0     | 1,0               |
| 5     | 00:02:27                | 46,470     | 0,125299          | 34                   | 0                          | 11                     | 0,0     | 0,0               |
| 6     | 00:02:58                | 49,741     | 0,150289          | 37                   | 0                          | 12                     | 0,0     | 0,0               |
| 7     | 00:03:28                | 53,014     | 0,175297          | 40                   | 0                          | 13                     | 0,0     | 0,0               |
| 8     | 00:04:00                | 56,351     | 0,200295          | 44                   | 0                          | 15                     | 1,0     | 1,0               |
| 9     | 00:04:30                | 59,793     | 0,225294          | 47                   | 0                          | 16                     | 0,0     | 0,0               |
| 10    | 00:04:59                | 63,116     | 0,250303          | 51                   | 0                          | 17                     | 0,0     | 0,0               |
| 11    | 00:05:29                | 66,524     | 0,275297          | 54                   | 0                          | 18                     | 0,0     | 0,0               |
| 12    | 00:05:58                | 69,984     | 0,300301          | 57                   | 0                          | 19                     | 1,0     | 1,0               |
| 13    | 00:06:28                | 73,291     | 0,325294          | 61                   | 0                          | 20                     | 0,0     | 0,0               |
| 14    | 00:06:59                | 76,933     | 0,350301          | 64                   | 0                          | 21                     | 0,0     | 0,0               |
| 15    | 00:07:29                | 80,506     | 0,375296          | 68                   | 0                          | 23                     | 0,0     | 0,0               |
| 16    | 00:08:01                | 84,385     | 0,400299          | 72                   | 0                          | 24                     | 1,0     | 1,0               |
| 17    | 00:08:31                | 88,247     | 0,425298          | 76                   | 0                          | 25                     | 0,0     | 0,0               |
| 18    | 00:09:00                | 92,163     | 0,450302          | 80                   | 0                          | 27                     | 0,0     | 0,0               |
| 19    | 00:09:29                | 96,191     | 0,475304          | 84                   | 0                          | 28                     | 0,0     | 0,0               |
| 20    | 00:09:59                | 100,174    | 0,500059          | 88                   | 0                          | 29                     | 1,1     | 1,1               |

# CBR Test - Specimen 2

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)

| Index | Elapsed Time (hh:mm:ss) | Load (Lbf) | Displacement (in) | Corrected Load (Lbf) | Corrected Penetration (in) | Stress On Piston (psi) | CBR (%) | Corrected CBR (%) |
|-------|-------------------------|------------|-------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|---------|-------------------|
| 0     | 00:00:00                | -14,415    | -0,000034         | 0                    | 0                          | 0                      | 0,0     | 0,0               |
| 1     | 00:00:30                | 16,154     | 0,024972          | 31                   | 0                          | 10                     | 0,0     | 0,0               |
| 2     | 00:01:01                | 27,641     | 0,049969          | 42                   | 0                          | 14                     | 0,0     | 0,0               |
| 3     | 00:01:33                | 38,037     | 0,074978          | 52                   | 0                          | 17                     | 0,0     | 0,0               |
| 4     | 00:02:04                | 47,338     | 0,099973          | 62                   | 0                          | 21                     | 2,1     | 2,1               |
| 5     | 00:02:35                | 55,842     | 0,124967          | 70                   | 0                          | 23                     | 0,0     | 0,0               |
| 6     | 00:03:03                | 63,872     | 0,149967          | 78                   | 0                          | 26                     | 0,0     | 0,0               |
| 7     | 00:03:32                | 71,836     | 0,174969          | 86                   | 0                          | 29                     | 0,0     | 0,0               |
| 8     | 00:04:01                | 79,313     | 0,199978          | 94                   | 0                          | 31                     | 2,1     | 2,1               |
| 9     | 00:04:32                | 86,808     | 0,224974          | 101                  | 0                          | 34                     | 0,0     | 0,0               |
| 10    | 00:05:03                | 94,307     | 0,249966          | 109                  | 0                          | 36                     | 0,0     | 0,0               |
| 11    | 00:05:35                | 101,478    | 0,274978          | 116                  | 0                          | 39                     | 0,0     | 0,0               |
| 12    | 00:06:06                | 108,621    | 0,299980          | 123                  | 0                          | 41                     | 2,2     | 2,2               |
| 13    | 00:06:37                | 115,444    | 0,324971          | 130                  | 0                          | 43                     | 0,0     | 0,0               |
| 14    | 00:07:05                | 122,490    | 0,349979          | 137                  | 0                          | 46                     | 0,0     | 0,0               |
| 15    | 00:07:34                | 129,381    | 0,374974          | 144                  | 0                          | 48                     | 0,0     | 0,0               |
| 16    | 00:08:03                | 136,092    | 0,399975          | 151                  | 0                          | 50                     | 2,2     | 2,2               |
| 17    | 00:08:34                | 143,180    | 0,424973          | 158                  | 0                          | 53                     | 0,0     | 0,0               |
| 18    | 00:09:05                | 150,110    | 0,449975          | 165                  | 0                          | 55                     | 0,0     | 0,0               |
| 19    | 00:09:36                | 156,999    | 0,474972          | 171                  | 0                          | 57                     | 0,0     | 0,0               |
| 20    | 00:10:07                | 163,977    | 0,499985          | 178                  | 1                          | 59                     | 2,3     | 2,3               |

## CBR Test - Specimen 3

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)

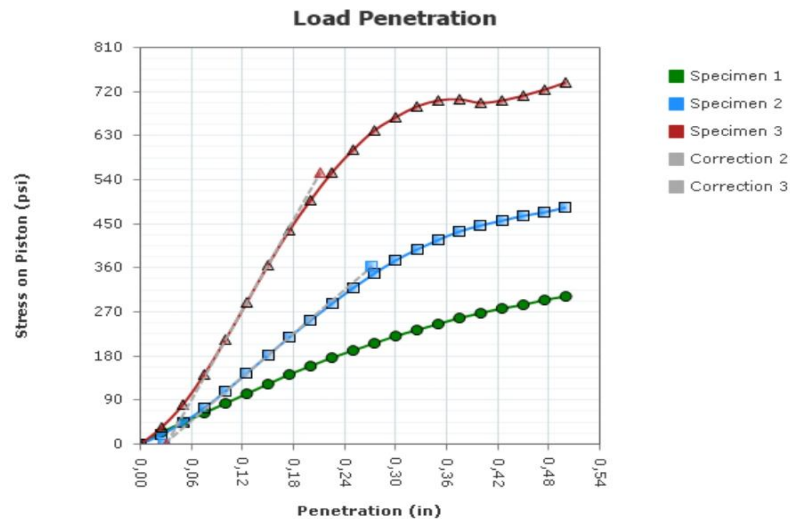
| Index | Elapsed Time (hh:mm:ss) | Load (Lbf) | Displacement (in) | Corrected Load (Lbf) | Corrected Penetration (in) | Stress On Piston (psi) | CBR (%) | Corrected CBR (%) |
|-------|-------------------------|------------|-------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|---------|-------------------|
| 0     | 00:00:00                | 11,175     | 0,000010          | 0                    | 0                          | 0                      | 0,0     | 0,0               |
| 1     | 00:00:30                | 47,332     | 0,025022          | 36                   | 0                          | 12                     | 0,0     | 0,0               |
| 2     | 00:01:00                | 75,466     | 0,050021          | 64                   | 0                          | 21                     | 0,0     | 0,0               |
| 3     | 00:01:31                | 105,099    | 0,075020          | 94                   | 0                          | 31                     | 0,0     | 0,0               |
| 4     | 00:02:04                | 136,053    | 0,100010          | 125                  | 0                          | 42                     | 4,2     | 4,2               |
| 5     | 00:02:35                | 167,259    | 0,125025          | 156                  | 0                          | 52                     | 0,0     | 0,0               |
| 6     | 00:03:03                | 197,248    | 0,150026          | 186                  | 0                          | 62                     | 0,0     | 0,0               |
| 7     | 00:03:33                | 228,421    | 0,175012          | 217                  | 0                          | 72                     | 0,0     | 0,0               |
| 8     | 00:04:02                | 257,776    | 0,200013          | 247                  | 0                          | 82                     | 5,5     | 5,5               |
| 9     | 00:04:33                | 287,397    | 0,225013          | 276                  | 0                          | 92                     | 0,0     | 0,0               |
| 10    | 00:05:04                | 315,869    | 0,250012          | 305                  | 0                          | 102                    | 0,0     | 0,0               |
| 11    | 00:05:37                | 343,797    | 0,275016          | 333                  | 0                          | 111                    | 0,0     | 0,0               |
| 12    | 00:06:08                | 369,304    | 0,300021          | 358                  | 0                          | 119                    | 6,3     | 6,3               |
| 13    | 00:06:39                | 394,669    | 0,325013          | 383                  | 0                          | 128                    | 0,0     | 0,0               |
| 14    | 00:07:08                | 418,191    | 0,350020          | 407                  | 0                          | 136                    | 0,0     | 0,0               |
| 15    | 00:07:38                | 442,488    | 0,375019          | 431                  | 0                          | 144                    | 0,0     | 0,0               |
| 16    | 00:08:08                | 465,903    | 0,400018          | 455                  | 0                          | 152                    | 6,6     | 6,6               |
| 17    | 00:08:39                | 489,236    | 0,425010          | 478                  | 0                          | 159                    | 0,0     | 0,0               |
| 18    | 00:09:10                | 512,640    | 0,450017          | 501                  | 0                          | 167                    | 0,0     | 0,0               |
| 19    | 00:09:40                | 535,150    | 0,475014          | 524                  | 0                          | 175                    | 0,0     | 0,0               |
| 20    | 00:10:11                | 556,999    | 0,499927          | 546                  | 0                          | 182                    | 7,0     | 7,0               |

## Calicata 4

| CBR                         |               |        |        |                 |         |        |                |       |
|-----------------------------|---------------|--------|--------|-----------------|---------|--------|----------------|-------|
| N° GOLPES: 56 MOLDE: C7     | ANTES SATURAR |        |        | DESPUÉS SATURAR |         |        | LECTURA 0.001" |       |
| RECIP. N°                   | N1            | A28    | A44    | A49 ↑           | A52 ➡   | A36 ↓  |                |       |
| PESO RECIP. (Wr) gr         | 31.48         | 31.43  | 29.89  | 29.87           | 31.92   | 31.84  | Li             | 30.00 |
| PESO HÚMED.+RECIP. (W1) gr  | 163.03        | 162.21 | 166.82 | 239.97          | 22.48   | 233.23 | 1              | 10.00 |
| PESO SECO + RECIP. (W2) gr  | 152.82        | 152.13 | 156.46 | 202.54          | 195.35  | 198.04 | 2              | 4.00  |
| PESO DE AGUA (Ww) gr        | 10.21         | 10.08  | 10.36  | 37.43           | -172.87 | 35.19  | 3              | 3.00  |
| PESO SECO (Ws) gr           | 121.34        | 120.70 | 126.57 | 172.67          | 163.43  | 166.20 | 4              | 1.00  |
| PESO MOLDE +SUELO HÚMED. gr | 11170         |        |        | 11500           |         |        |                |       |
| N° GOLPES: 25 MOLDE: C8     | ANTES SATURAR |        |        | DESPUÉS SATURAR |         |        | LECTURA 0.001" |       |
| RECIP. N°                   | A42           | A23    | A96    | A43 ↑           | A77 ➡   | A12 ↓  |                |       |
| PESO RECIP. (Wr) gr         | 30.46         | 31.82  | 31.57  | 31.85           | 31.54   | 31.44  | Li             | 30.00 |
| PESO HÚMED.+RECIP. (W1) gr  | 172.06        | 166.30 | 173.50 | 231.55          | 233.83  | 248.27 | 1              | 19.00 |
| PESO SECO + RECIP. (W2) gr  | 161.14        | 156.14 | 162.89 | 196.01          | 198.86  | 205.29 | 2              | 13.00 |
| PESO DE AGUA (Ww) gr        | 10.92         | 10.16  | 10.61  | 35.54           | 34.97   | 42.98  | 3              | 10.50 |
| PESO SECO (Ws) gr           | 130.68        | 124.32 | 131.32 | 164.16          | 167.32  | 173.85 | 4              | 4.00  |
| PESO MOLDE +SUELO HÚMED. gr | 11055         |        |        | 11505           |         |        |                |       |
| N° GOLPES: 12 MOLDE: C9     | ANTES SATURAR |        |        | DESPUÉS SATURAR |         |        | LECTURA 0.001" |       |
| RECIP. N°                   | A95           | F1     | A65    | A41 ↑           | N3 ➡    | A62 ↓  |                |       |
| PESO RECIP. (Wr) gr         | 31.41         | 31.44  | 31.83  | 30.89           | 31.53   | 30.53  | Li             | 30.00 |
| PESO HÚMED.+RECIP. (W1) gr  | 191.87        | 180.50 | 184.96 | 236.42          | 226.49  | 245.44 | 1              | 18.00 |
| PESO SECO + RECIP. (W2) gr  | 179.42        | 169.16 | 173.44 | 196.53          | 188.68  | 196.94 | 2              | 10.00 |
| PESO DE AGUA (Ww) gr        | 12.45         | 11.34  | 11.52  | 39.89           | 37.81   | 48.50  | 3              | 4.00  |
| PESO SECO (Ws) gr           | 148.01        | 137.72 | 141.61 | 165.64          | 157.15  | 166.41 | 4              | 2.00  |
| PESO MOLDE +SUELO HÚMED. gr | 10900         |        |        | 11440           |         |        |                |       |

## CBR Test Results

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)



| CBR Results         |                                                                                                      |      |      |   |   |   |   |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|---|---|---|---|
| Results             | 1                                                                                                    | 2    | 3    | 4 | 5 | 6 | 7 |
| CBR @ 0,10 (in)     | 8,4                                                                                                  | 14,8 | 30,6 |   |   |   |   |
| CBR @ 0,20 (in)     | 10,6                                                                                                 | 19,4 | 37,6 |   |   |   |   |
| Project Information |                                                                                                      |      |      |   |   |   |   |
| Project:            | Estudio de Suelos y Diseño de Pavimento Flexible via el Quemado, ciudad de Sta Rosa, prov. de El Oro |      |      |   |   |   |   |
| Project Number:     | 1                                                                                                    |      |      |   |   |   |   |
| Sampling Date:      | 08/04/2025                                                                                           |      |      |   |   |   |   |
| Sample Number:      | calicata 4                                                                                           |      |      |   |   |   |   |
| Sample Depth:       | 1,50 m                                                                                               |      |      |   |   |   |   |
| Location:           | Ciudad de Sta. Rosa                                                                                  |      |      |   |   |   |   |
| Client Name:        | GADPEO                                                                                               |      |      |   |   |   |   |
| Remarks:            | Se realizo 4 calicatas via el Quemado                                                                |      |      |   |   |   |   |

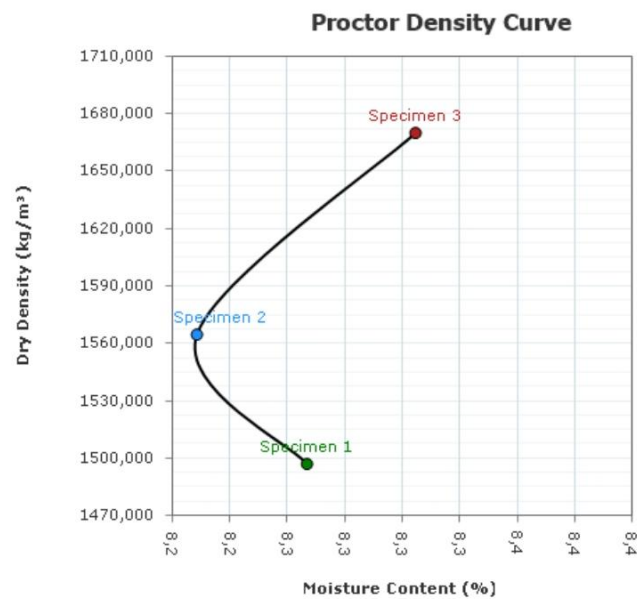
## CBR Test

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)

| Before Soaking               | Specimen Number |          |          |   |   |   |   |   |
|------------------------------|-----------------|----------|----------|---|---|---|---|---|
|                              | 1               | 2        | 3        | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Specific Gravity             | 1,7             | 1,7      | 1,7      |   |   |   |   |   |
| Liquid Limit                 | 26              | 26       | 26       |   |   |   |   |   |
| Plastic Limit                | 128             | 128      | 128      |   |   |   |   |   |
| Surcharge Weight (kg)        | 5,720           | 5,720    | 5,720    |   |   |   |   |   |
| Number of Blows              | 12              | 25       | 56       |   |   |   |   |   |
| Maximum Dry Density (kg/m³)  | 1608,640        | 1608,640 | 1608,640 |   |   |   |   |   |
| Optimum Moisture Content (%) | 9,3             | 9,3      | 9,3      |   |   |   |   |   |
| Mold ID                      | C9              | C8       | C7       |   |   |   |   |   |
| Mold Diameter (m)            | 0,153           | 0,153    | 0,153    |   |   |   |   |   |
| Mold Weight (kg)             | 7,460           | 7,463    | 7,331    |   |   |   |   |   |
| Sample Height (m)            | 0,116           | 0,116    | 0,116    |   |   |   |   |   |
| Mold Volume (m³)             | 0,00213         | 0,00213  | 0,00213  |   |   |   |   |   |
| Moisture Content (%)         | 8,3             | 8,2      | 8,3      |   |   |   |   |   |
| Weight of Mold + Soil (kg)   | 10,900          | 11,055   | 11,170   |   |   |   |   |   |
| Weight of Soil (kg)          | 3,440           | 3,592    | 3,839    |   |   |   |   |   |
| Dry Density (kg/m³)          | 1497,210        | 1564,196 | 1669,994 |   |   |   |   |   |
| Wet Density (kg/m³)          | 1620,883        | 1692,504 | 1808,887 |   |   |   |   |   |
| After Soaking                | 1               | 2        | 3        | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Soaked Sample Height (in)    | 4,5409          | 4,5409   | 4,5379   |   |   |   |   |   |
| Soaked Time (Day)            | 4,0             | 4,0      | 4,0      |   |   |   |   |   |
| Swell (%)                    | -0,6            | -0,6     | -0,6     |   |   |   |   |   |
| Moisture Content (%)         | 25,9            | -26,1    | 19,1     |   |   |   |   |   |
| Weight of Mold + Soil (kg)   | 11,440          | 11,505   | 11,500   |   |   |   |   |   |
| Weight After Soaking (kg)    | 3,980           | 4,042    | 4,169    |   |   |   |   |   |
| Dry Density (kg/m³)          | 1489,628        | 2577,856 | 1649,015 |   |   |   |   |   |
| Wet Density (kg/m³)          | 1875,324        | 1904,538 | 1964,378 |   |   |   |   |   |

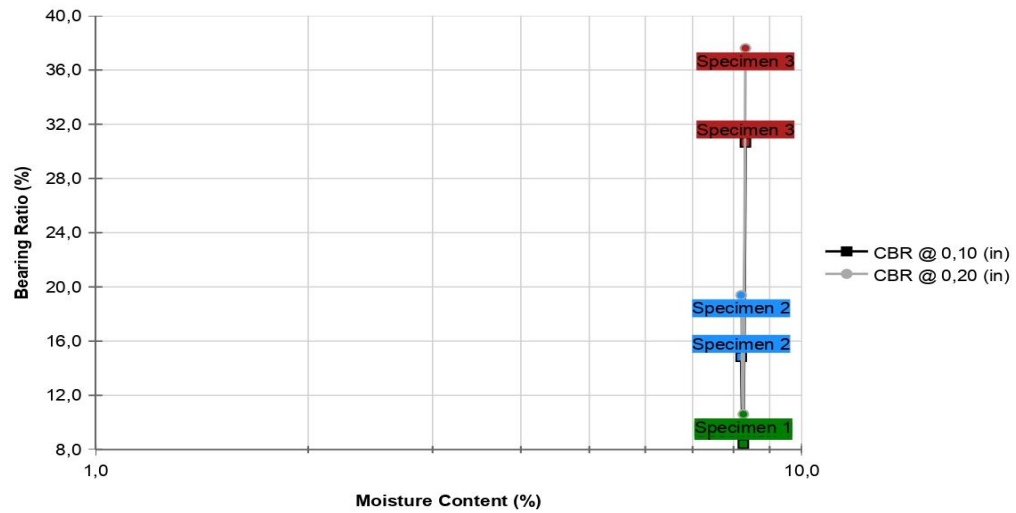
## CBR Proctor Density Curve

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)



## CBR Bearing Ratio

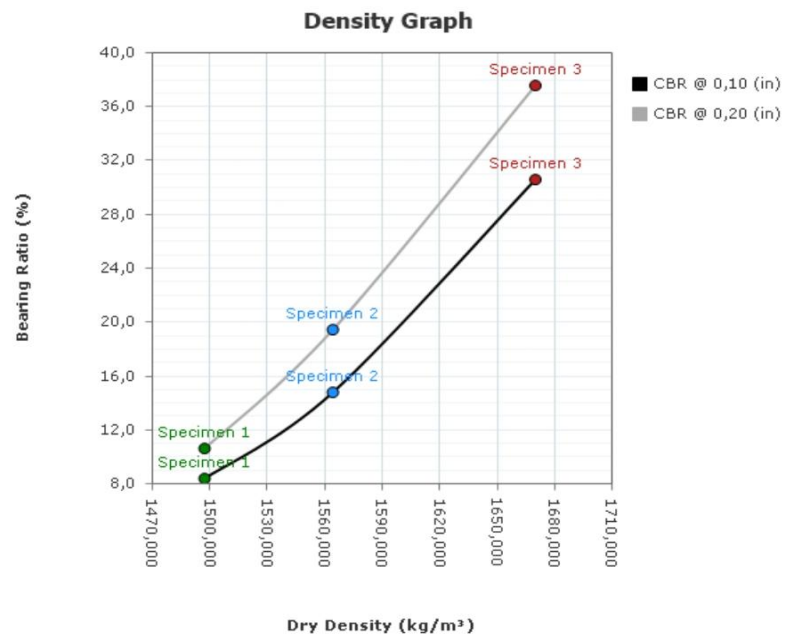
ASTM (D1883) / AASHTO (T193)



| CBR Results          |      |
|----------------------|------|
| CBR @ 0,10 (in)      | 30,6 |
| CBR @ 0,20 (in)      | 37,6 |
| Moisture Content (%) | 8,3  |

## CBR Density Graph

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)



| CBR Results                 |          |
|-----------------------------|----------|
| CBR @ 0,10 (in)             | 30,6     |
| CBR @ 0,20 (in)             | 37,6     |
| Maximum Dry Density (kg/m³) | 1669,994 |

## CBR Test - Specimen 1

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)

| Index | Elapsed Time (hh:mm:ss) | Load (Lbf) | Displacement (in) | Corrected Load (Lbf) | Corrected Penetration (in) | Stress On Piston (psi) | CBR (%) | Corrected CBR (%) |
|-------|-------------------------|------------|-------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|---------|-------------------|
| 0     | 00:00:00                | 1,109      | 0,000752          | 0                    | 0                          | 0                      | 0,0     | 0,0               |
| 1     | 00:00:30                | 74,858     | 0,025768          | 74                   | 0                          | 25                     | 0,0     | 0,0               |
| 2     | 00:01:00                | 133,483    | 0,050766          | 132                  | 0                          | 44                     | 0,0     | 0,0               |
| 3     | 00:01:31                | 193,239    | 0,075753          | 192                  | 0                          | 64                     | 0,0     | 0,0               |
| 4     | 00:02:02                | 253,354    | 0,100755          | 252                  | 0                          | 84                     | 8,4     | 8,4               |
| 5     | 00:02:34                | 313,941    | 0,125752          | 313                  | 0                          | 104                    | 0,0     | 0,0               |
| 6     | 00:03:07                | 372,964    | 0,150753          | 372                  | 0                          | 124                    | 0,0     | 0,0               |
| 7     | 00:03:38                | 427,351    | 0,175756          | 426                  | 0                          | 142                    | 0,0     | 0,0               |
| 8     | 00:04:08                | 478,583    | 0,200767          | 477                  | 0                          | 159                    | 10,6    | 10,6              |
| 9     | 00:04:38                | 529,361    | 0,225766          | 528                  | 0                          | 176                    | 0,0     | 0,0               |
| 10    | 00:05:08                | 576,050    | 0,250757          | 575                  | 0                          | 192                    | 0,0     | 0,0               |
| 11    | 00:05:39                | 621,139    | 0,275767          | 620                  | 0                          | 207                    | 0,0     | 0,0               |
| 12    | 00:06:10                | 663,873    | 0,300760          | 663                  | 0                          | 221                    | 11,6    | 11,6              |
| 13    | 00:06:41                | 703,734    | 0,325753          | 703                  | 0                          | 234                    | 0,0     | 0,0               |
| 14    | 00:07:12                | 741,062    | 0,350762          | 740                  | 0                          | 247                    | 0,0     | 0,0               |
| 15    | 00:07:42                | 775,809    | 0,375753          | 775                  | 0                          | 258                    | 0,0     | 0,0               |
| 16    | 00:08:12                | 806,209    | 0,400766          | 805                  | 0                          | 268                    | 11,7    | 11,7              |
| 17    | 00:08:42                | 834,828    | 0,425767          | 834                  | 0                          | 278                    | 0,0     | 0,0               |
| 18    | 00:09:12                | 858,896    | 0,450760          | 858                  | 0                          | 286                    | 0,0     | 0,0               |
| 19    | 00:09:42                | 883,777    | 0,475763          | 883                  | 0                          | 294                    | 0,0     | 0,0               |
| 20    | 00:10:13                | 907,546    | 0,500670          | 906                  | 0                          | 302                    | 11,6    | 11,6              |

## CBR Test - Specimen 2

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)

| Index | Elapsed Time (hh:mm:ss) | Load (Lbf) | Displacement (in) | Corrected Load (Lbf) | Corrected Penetration (in) | Stress On Piston (psi) | CBR (%) | Corrected CBR (%) |
|-------|-------------------------|------------|-------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|---------|-------------------|
| 0     | 00:00:00                | 0,856      | 0,000685          | 0                    | 0                          | 0                      | 0,0     | 0,0               |
| 1     | 00:00:31                | 62,121     | 0,025690          | 61                   | 0                          | 20                     | 0,0     | 0,0               |
| 2     | 00:01:02                | 134,226    | 0,050688          | 133                  | 0                          | 44                     | 0,0     | 0,0               |
| 3     | 00:01:34                | 223,929    | 0,075695          | 223                  | 0                          | 74                     | 0,0     | 0,0               |
| 4     | 00:02:05                | 326,086    | 0,100690          | 325                  | 0                          | 108                    | 10,8    | 14,8              |
| 5     | 00:02:37                | 433,372    | 0,125699          | 433                  | 0                          | 144                    | 0,0     | 0,0               |
| 6     | 00:03:09                | 544,122    | 0,150688          | 543                  | 0                          | 181                    | 0,0     | 0,0               |
| 7     | 00:03:41                | 655,683    | 0,175687          | 655                  | 0                          | 218                    | 0,0     | 0,0               |
| 8     | 00:04:12                | 762,535    | 0,200688          | 762                  | 0                          | 254                    | 16,9    | 19,4              |
| 9     | 00:04:42                | 863,141    | 0,225696          | 862                  | 0                          | 287                    | 0,0     | 0,0               |
| 10    | 00:05:13                | 958,494    | 0,250691          | 958                  | 0                          | 319                    | 0,0     | 0,0               |
| 11    | 00:05:44                | 1.045,407  | 0,275685          | 1.045                | 0                          | 348                    | 0,0     | 0,0               |
| 12    | 00:06:15                | 1.124,371  | 0,300695          | 1.124                | 0                          | 375                    | 19,7    | 21,1              |
| 13    | 00:06:46                | 1.196,009  | 0,325699          | 1.195                | 0                          | 398                    | 0,0     | 0,0               |
| 14    | 00:07:16                | 1.256,288  | 0,350692          | 1.255                | 0                          | 418                    | 0,0     | 0,0               |
| 15    | 00:07:47                | 1.305,481  | 0,375689          | 1.305                | 0                          | 435                    | 0,0     | 0,0               |
| 16    | 00:08:16                | 1.340,789  | 0,400692          | 1.340                | 0                          | 447                    | 19,4    | 19,9              |
| 17    | 00:08:45                | 1.371,846  | 0,425697          | 1.371                | 0                          | 457                    | 0,0     | 0,0               |
| 18    | 00:09:15                | 1.396,826  | 0,450688          | 1.396                | 0                          | 465                    | 0,0     | 0,0               |
| 19    | 00:09:45                | 1.422,970  | 0,475695          | 1.422                | 0                          | 474                    | 0,0     | 0,0               |
| 20    | 00:10:15                | 1.450,860  | 0,500568          | 1.450                | 0                          | 483                    | 18,6    | 0,0               |

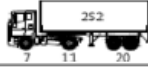
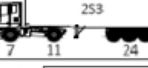
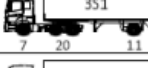
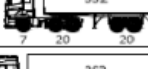
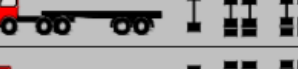
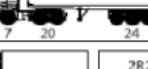
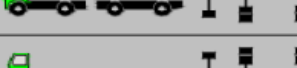
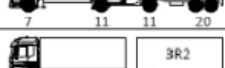
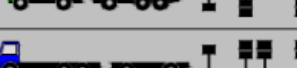
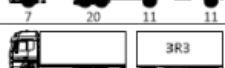
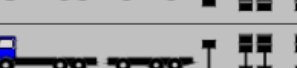
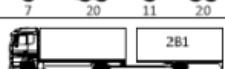
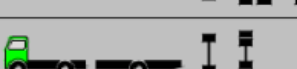
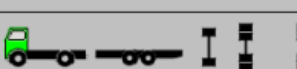
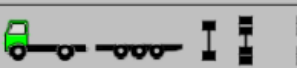
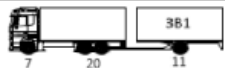
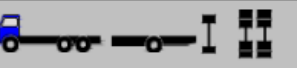
## CBR Test - Specimen 3

ASTM (D1883) / AASHTO (T193)

| Index | Elapsed Time (hh:mm:ss) | Load (Lbf) | Displacement (in) | Corrected Load (Lbf) | Corrected Penetration (in) | Stress On Piston (psi) | CBR (%) | Corrected CBR (%) |
|-------|-------------------------|------------|-------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|---------|-------------------|
| 0     | 00:00:00                | 1,342      | 0,000106          | 0                    | 0                          | 0                      | 0,0     | 0,0               |
| 1     | 00:00:30                | 107,500    | 0,025123          | 106                  | 0                          | 35                     | 0,0     | 0,0               |
| 2     | 00:01:00                | 241,720    | 0,050116          | 240                  | 0                          | 80                     | 0,0     | 0,0               |
| 3     | 00:01:33                | 426,237    | 0,075117          | 425                  | 0                          | 142                    | 0,0     | 0,0               |
| 4     | 00:02:06                | 639,926    | 0,100113          | 639                  | 0                          | 213                    | 21,3    | 30,6              |
| 5     | 00:02:39                | 869,525    | 0,125117          | 868                  | 0                          | 289                    | 0,0     | 0,0               |
| 6     | 00:03:11                | 1.099,645  | 0,150122          | 1.098                | 0                          | 366                    | 0,0     | 0,0               |
| 7     | 00:03:43                | 1.311,817  | 0,175120          | 1.310                | 0                          | 437                    | 0,0     | 0,0               |
| 8     | 00:04:14                | 1.499,600  | 0,200116          | 1.498                | 0                          | 499                    | 33,3    | 37,6              |
| 9     | 00:04:45                | 1.662,791  | 0,225109          | 1.661                | 0                          | 554                    | 0,0     | 0,0               |
| 10    | 00:05:16                | 1.802,251  | 0,250106          | 1.801                | 0                          | 600                    | 0,0     | 0,0               |
| 11    | 00:05:47                | 1.920,935  | 0,275115          | 1.920                | 0                          | 640                    | 0,0     | 0,0               |
| 12    | 00:06:19                | 2.007,873  | 0,300107          | 2.007                | 0                          | 669                    | 35,2    | 36,4              |
| 13    | 00:06:50                | 2.067,075  | 0,325109          | 2.066                | 0                          | 689                    | 0,0     | 0,0               |
| 14    | 00:07:22                | 2.108,344  | 0,350108          | 2.107                | 0                          | 702                    | 0,0     | 0,0               |
| 15    | 00:07:51                | 2.112,554  | 0,375118          | 2.111                | 0                          | 704                    | 0,0     | 0,0               |
| 16    | 00:08:19                | 2.094,126  | 0,400118          | 2.093                | 0                          | 698                    | 30,3    | 30,6              |
| 17    | 00:08:48                | 2.105,216  | 0,425118          | 2.104                | 0                          | 701                    | 0,0     | 0,0               |
| 18    | 00:09:18                | 2.138,885  | 0,450119          | 2.138                | 0                          | 713                    | 0,0     | 0,0               |
| 19    | 00:09:49                | 2.176,079  | 0,475110          | 2.175                | 0                          | 725                    | 0,0     | 0,0               |
| 20    | 00:10:19                | 2.218,144  | 0,499987          | 2.217                | 0                          | 739                    | 28,4    | 0,0               |

## Anexo 6: Tabla nacional de pesos y dimensiones posibles combinaciones

| TIPO        | DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE | DESCRIPCIÓN | PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)                     | LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros) |       |      |      |
|-------------|--------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------|-------|------|------|
|             |                                      |             |                                                  | Largo                                  | Ancho | Alto |      |
| 2 D         |                                      |             | CAMIÓN DE 2 EJES PEQUEÑO                         | 7                                      | 5,00  | 2,60 | 3,00 |
| 2DA         |                                      |             | CAMIÓN DE 2 EJES MEDIANOS                        | 10                                     | 7,50  | 2,60 | 3,50 |
| 2DB         |                                      |             | CAMIÓN DE 2 EJES GRANDES                         | 18                                     | 12,20 | 2,60 | 4,10 |
| 3-A         |                                      |             | CAMIÓN DE 3 EJES                                 | 27                                     | 12,20 | 2,60 | 4,10 |
| 4-C         |                                      |             | CAMIÓN DE 4 EJES                                 | 31                                     | 12,20 | 2,60 | 4,10 |
| 4-0 OCTOPUS |                                      |             | CAMIÓN CON TAMDEN DIRECCIONAL Y TAMDEN POSTERIOR | 32                                     | 12,20 | 2,60 | 4,10 |
| V2DB        |                                      |             | VOLQUETA DE DOS EJES 8 m³                        | 18                                     | 12,20 | 2,60 | 4,10 |
| V3A         |                                      |             | VOLQUETA DE TRES EJES 10-14 m³                   | 27                                     | 12,20 | 2,60 | 4,10 |
| VZS         |                                      |             | VOLQUETA ZS DE 3 EJES 16 m³                      | 27                                     | 12,20 | 2,60 | 4,10 |
| T2          |                                      |             | TRACTO CAMIÓN DE 2 EJES                          | 18                                     | 8,50  | 2,60 | 4,10 |
| T3          |                                      |             | TRACTO CAMIÓN DE 3 EJES                          | 27                                     | 8,50  | 2,60 | 4,10 |
| S3          |                                      |             | SEMIREMOLQUE DE 3 EJES                           | 24                                     | 13,00 | 2,60 | 4,10 |
| S2          |                                      |             | SEMIREMOLQUE DE 2 EJES                           | 20                                     | 13,00 | 2,60 | 4,10 |
| S1          |                                      |             | SEMIREMOLQUE DE 1 EJE                            | 11                                     | 13,00 | 2,60 | 4,10 |
| R2          |                                      |             | REMOLQUE DE 2 EJES                               | 22                                     | 10,00 | 2,60 | 4,10 |
| R3          |                                      |             | REMOLQUE DE 3 EJES                               | 31                                     | 10,00 | 2,60 | 4,10 |
| B1          |                                      |             | REMOLQUE BALANCEADO DE 1 EJE                     | 11                                     | 10,00 | 2,60 | 4,10 |
| B2          |                                      |             | REMOLQUE BALANCEADO DE 2 EJES                    | 20                                     | 10,00 | 2,60 | 4,10 |
| B3          |                                      |             | REMOLQUE BALANCEADO DE 3 EJES                    | 24                                     | 10,00 | 2,60 | 4,10 |

| TIPO | DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE                                                | DESCRIPCIÓN                                                                         | PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)           | LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros) |       |      |      |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------|------|------|
|      |                                                                                     |                                                                                     |                                                             | Largo                                  | Ancho | Alto |      |
| 2S1  |    |    | TRACTO CAMIÓN DE 2 EJES Y SEMIREMOLQUE DE 1 EJE             | 29                                     | 20,50 | 2,60 | 4,30 |
| 2S2  |    |    | TRACTO CAMIÓN DE 2 EJES Y SEMIREMOLQUE DE 2 EJES            | 38                                     | 20,50 | 2,60 | 4,30 |
| 2S3  |    |    | TRACTO CAMIÓN DE 2 DIES Y SEMIREMOLQUE DE 3 EJES            | 42                                     | 20,50 | 2,60 | 4,30 |
| 3S1  |    |    | TRACTO CAMIÓN DE 3 EJES Y SEMIREMOLQUE DE 1 EJE             | 38                                     | 20,50 | 2,60 | 4,30 |
| 3S2  |    |    | TRACTO CAMIÓN DE 3 EJES Y SEMIREMOLQUE DE 2 EJES            | 47                                     | 20,50 | 2,60 | 4,30 |
| 3S3  |    |    | TRACTO CAMIÓN DE 3 EJES Y SEMIREMOLQUE DE 3 EJES            | 48                                     | 20,50 | 2,60 | 4,30 |
| 2R2  |    |    | CAMIÓN REMOLCADOR DE 2 EJES Y REMOLQUE DE 2 EJES            | 40                                     | 20,50 | 2,60 | 4,30 |
| 2R3  |    |    | CAMIÓN REMOLCADOR DE 2 EJES Y REMOLQUE DE 3 EJES            | 48                                     | 20,50 | 2,60 | 4,30 |
| 3R2  |    |    | CAMIÓN REMOLCADOR DE 3 EJES Y REMOLQUE DE 2 EJES            | 48                                     | 20,50 | 2,60 | 4,30 |
| 3R3  |   |   | CAMIÓN REMOLCADOR DE 3 EJES Y REMOLQUE DE 3 EJES            | 48                                     | 20,50 | 2,60 | 4,30 |
| 2B1  |  |  | CAMIÓN REMOLCADOR DE 2 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DL 1 EJE  | 29                                     | 20,50 | 2,60 | 4,30 |
| 2B2  |  |  | CAMIÓN REMOLCADOR DE 2 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 2 EJES | 38                                     | 20,50 | 2,60 | 4,30 |
| 2B3  |  |  | CAMIÓN REMOLCADOR DE 2 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 3 EJES | 42                                     | 20,50 | 2,60 | 4,30 |
| 3B1  |  |  | CAMIÓN REMOLCADOR DE 3 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 1 EJE  | 38                                     | 20,50 | 2,60 | 4,30 |
| 3B2  |  |  | CAMIÓN REMOLCADOR DE 3 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 2 EJES | 47                                     | 20,50 | 2,60 | 4,30 |
| 3B3  |  |  | CAMIÓN REMOLCADOR DE 3 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 3 EJES | 48                                     | 20,50 | 2,60 | 4,30 |

### Anexo 7: Metrado de la vía

| <i>ABSCISAS</i> | <i>ÁREAS (m2)</i> |                | <i>VOL_PARCIALES (m3)</i> |                | <i>VOL_ACUMULADO (m3)</i> |                |
|-----------------|-------------------|----------------|---------------------------|----------------|---------------------------|----------------|
|                 | <i>Corte</i>      | <i>Relleno</i> | <i>Corte</i>              | <i>Relleno</i> | <i>Corte</i>              | <i>Relleno</i> |
| 0+000.00        | 3.63              | 0.01           | 0.00                      | 0.00           | 0.00                      | 0.00           |
| 0+020.00        | 2.03              | 0.04           | 56.60                     | 0.50           | 56.60                     | 0.50           |
| 0+040.00        | 2.67              | 0.01           | 47.00                     | 0.50           | 103.60                    | 1.00           |
| 0+060.00        | 2.68              | 0.02           | 53.50                     | 0.30           | 157.10                    | 1.30           |
| 0+080.00        | 3.43              | 0              | 61.10                     | 0.20           | 218.20                    | 1.50           |
| 0+100.00        | 4.49              | 0              | 79.20                     | 0.00           | 297.40                    | 1.50           |
| 0+120.00        | 6.01              | 0              | 105.00                    | 0.00           | 402.40                    | 1.50           |
| 0+140.00        | 7.47              | 0              | 134.80                    | 0.00           | 537.20                    | 1.50           |
| 0+160.00        | 8.68              | 0              | 161.50                    | 0.00           | 698.70                    | 1.50           |
| 0+180.00        | 10.03             | 0              | 187.10                    | 0.00           | 885.80                    | 1.50           |
| 0+200.00        | 11.99             | 0              | 220.20                    | 0.00           | 1,106.00                  | 1.50           |
| 0+220.00        | 14.14             | 0              | 261.30                    | 0.00           | 1,367.30                  | 1.50           |
| 0+240.00        | 14.89             | 0              | 290.30                    | 0.00           | 1,657.60                  | 1.50           |
| 0+260.00        | 15.86             | 0              | 307.50                    | 0.00           | 1,965.10                  | 1.50           |
| 0+280.00        | 14.1              | 0              | 299.60                    | 0.00           | 2,264.70                  | 1.50           |
| 0+300.00        | 13.49             | 0              | 275.90                    | 0.00           | 2,540.60                  | 1.50           |
| 0+320.00        | 11.44             | 0              | 249.30                    | 0.00           | 2,789.90                  | 1.50           |
| 0+340.00        | 9.62              | 0              | 210.60                    | 0.00           | 3,000.50                  | 1.50           |
| 0+360.00        | 10.4              | 0              | 200.20                    | 0.00           | 3,200.70                  | 1.50           |
| 0+380.00        | 7.78              | 0              | 181.80                    | 0.00           | 3,382.50                  | 1.50           |
| 0+400.00        | 6.25              | 0              | 140.30                    | 0.00           | 3,522.80                  | 1.50           |
| 0+420.00        | 5.33              | 0              | 115.80                    | 0.00           | 3,638.60                  | 1.50           |
| 0+440.00        | 5.81              | 0              | 111.40                    | 0.00           | 3,750.00                  | 1.50           |
| 0+460.00        | 2.79              | 0.03           | 86.00                     | 0.30           | 3,836.00                  | 1.80           |
| 0+480.00        | 0.16              | 0.38           | 29.50                     | 4.10           | 3,865.50                  | 5.90           |
| 0+500.00        | 0                 | 1.33           | 1.60                      | 17.10          | 3,867.10                  | 23.00          |
| 0+520.00        | 0                 | 3.89           | 0.00                      | 52.20          | 3,867.10                  | 75.20          |
| 0+540.00        | 0                 | 5.43           | 0.00                      | 93.20          | 3,867.10                  | 168.40         |
| 0+560.00        | 0                 | 7.04           | 0.00                      | 124.70         | 3,867.10                  | 293.10         |
| 0+580.00        | 0                 | 7.39           | 0.00                      | 144.30         | 3,867.10                  | 437.40         |
| 0+600.00        | 0                 | 6.88           | 0.00                      | 142.70         | 3,867.10                  | 580.10         |
| 0+620.00        | 0                 | 7.59           | 0.00                      | 144.70         | 3,867.10                  | 724.80         |
| 0+640.00        | 0                 | 6.66           | 0.00                      | 142.50         | 3,867.10                  | 867.30         |
| 0+660.00        | 0                 | 6.02           | 0.00                      | 126.80         | 3,867.10                  | 994.10         |
| 0+680.00        | 0                 | 4.51           | 0.00                      | 105.30         | 3,867.10                  | 1,099.40       |
| 0+700.00        | 0                 | 3              | 0.00                      | 75.10          | 3,867.10                  | 1,174.50       |
| 0+720.00        | 0                 | 2.12           | 0.00                      | 51.20          | 3,867.10                  | 1,225.70       |
| 0+740.00        | 0                 | 1.5            | 0.00                      | 36.20          | 3,867.10                  | 1,261.90       |
| 0+760.00        | 0.21              | 0.31           | 2.10                      | 18.10          | 3,869.20                  | 1,280.00       |
| 0+780.00        | 0.87              | 0.09           | 10.80                     | 4.00           | 3,880.00                  | 1,284.00       |
| 0+800.00        | 1.49              | 0.05           | 23.60                     | 1.40           | 3,903.60                  | 1,285.40       |
| 0+820.00        | 1.77              | 0.02           | 32.60                     | 0.70           | 3,936.20                  | 1,286.10       |
| 0+840.00        | 3.8               | 0              | 55.70                     | 0.20           | 3,991.90                  | 1,286.30       |

|          |       |       |        |        |          |          |
|----------|-------|-------|--------|--------|----------|----------|
| 0+860.00 | 4.71  | 0     | 85.10  | 0.00   | 4,077.00 | 1,286.30 |
| 0+880.00 | 4.87  | 0     | 95.80  | 0.00   | 4,172.80 | 1,286.30 |
| 0+900.00 | 5.14  | 0     | 100.10 | 0.00   | 4,272.90 | 1,286.30 |
| 0+920.00 | 6.09  | 0     | 112.30 | 0.00   | 4,385.20 | 1,286.30 |
| 0+940.00 | 6.69  | 0     | 127.80 | 0.00   | 4,513.00 | 1,286.30 |
| 0+960.00 | 9.03  | 0     | 157.20 | 0.00   | 4,670.20 | 1,286.30 |
| 0+980.00 | 15.83 | 0     | 248.60 | 0.00   | 4,918.80 | 1,286.30 |
| 1+000.00 | 15.78 | 0     | 316.10 | 0.00   | 5,234.90 | 1,286.30 |
| 1+020.00 | 15.49 | 0     | 312.70 | 0.00   | 5,547.60 | 1,286.30 |
| 1+040.00 | 11.28 | 0     | 267.70 | 0.00   | 5,815.30 | 1,286.30 |
| 1+060.00 | 9.12  | 0     | 204.00 | 0.00   | 6,019.30 | 1,286.30 |
| 1+080.00 | 6.44  | 0     | 155.60 | 0.00   | 6,174.90 | 1,286.30 |
| 1+100.00 | 4.17  | 0     | 106.10 | 0.00   | 6,281.00 | 1,286.30 |
| 1+120.00 | 3.03  | 0     | 72.00  | 0.00   | 6,353.00 | 1,286.30 |
| 1+140.00 | 1.82  | 0.03  | 48.50  | 0.30   | 6,401.50 | 1,286.60 |
| 1+160.00 | 0.37  | 0.14  | 21.90  | 1.70   | 6,423.40 | 1,288.30 |
| 1+180.00 | 0     | 1.6   | 3.70   | 17.40  | 6,427.10 | 1,305.70 |
| 1+200.00 | 0     | 2.62  | 0.00   | 42.20  | 6,427.10 | 1,347.90 |
| 1+220.00 | 0     | 3.61  | 0.00   | 62.30  | 6,427.10 | 1,410.20 |
| 1+240.00 | 0     | 5.82  | 0.00   | 94.30  | 6,427.10 | 1,504.50 |
| 1+260.00 | 0     | 6.21  | 0.00   | 120.30 | 6,427.10 | 1,624.80 |
| 1+280.00 | 0     | 7.48  | 0.00   | 136.90 | 6,427.10 | 1,761.70 |
| 1+300.00 | 0     | 8.9   | 0.00   | 163.80 | 6,427.10 | 1,925.50 |
| 1+320.00 | 0     | 10.81 | 0.00   | 197.10 | 6,427.10 | 2,122.60 |
| 1+340.00 | 0     | 12.11 | 0.00   | 229.20 | 6,427.10 | 2,351.80 |
| 1+360.00 | 0     | 13.65 | 0.00   | 257.60 | 6,427.10 | 2,609.40 |
| 1+380.00 | 0     | 14.92 | 0.00   | 285.70 | 6,427.10 | 2,895.10 |
| 1+400.00 | 0     | 16.3  | 0.00   | 312.20 | 6,427.10 | 3,207.30 |
| 1+420.00 | 0     | 16.38 | 0.00   | 326.80 | 6,427.10 | 3,534.10 |
| 1+440.00 | 0     | 15.13 | 0.00   | 315.10 | 6,427.10 | 3,849.20 |
| 1+460.00 | 0     | 14.42 | 0.00   | 295.50 | 6,427.10 | 4,144.70 |
| 1+480.00 | 0     | 13.46 | 0.00   | 278.80 | 6,427.10 | 4,423.50 |
| 1+500.00 | 0     | 12.37 | 0.00   | 258.30 | 6,427.10 | 4,681.80 |
| 1+520.00 | 0     | 10.51 | 0.00   | 228.80 | 6,427.10 | 4,910.60 |
| 1+540.00 | 0     | 9.34  | 0.00   | 198.50 | 6,427.10 | 5,109.10 |
| 1+560.00 | 0     | 8.22  | 0.00   | 175.60 | 6,427.10 | 5,284.70 |
| 1+580.00 | 0     | 7.19  | 0.00   | 154.10 | 6,427.10 | 5,438.80 |
| 1+600.00 | 0     | 6.32  | 0.00   | 135.10 | 6,427.10 | 5,573.90 |
| 1+620.00 | 0     | 4.9   | 0.00   | 112.20 | 6,427.10 | 5,686.10 |
| 1+640.00 | 0     | 3.03  | 0.00   | 79.30  | 6,427.10 | 5,765.40 |
| 1+660.00 | 0     | 1.84  | 0.00   | 48.70  | 6,427.10 | 5,814.10 |
| 1+680.00 | 0     | 1.04  | 0.00   | 28.80  | 6,427.10 | 5,842.90 |
| 1+700.00 | 0.14  | 0.28  | 1.40   | 13.20  | 6,428.50 | 5,856.10 |

|          |       |      |        |        |           |          |
|----------|-------|------|--------|--------|-----------|----------|
| 1+720.00 | 0.69  | 0.15 | 8.30   | 4.30   | 6,436.80  | 5,860.40 |
| 1+740.00 | 1.83  | 0.05 | 25.20  | 2.00   | 6,462.00  | 5,862.40 |
| 1+760.00 | 4.06  | 0    | 58.90  | 0.50   | 6,520.90  | 5,862.90 |
| 1+780.00 | 4.12  | 0.01 | 81.80  | 0.10   | 6,602.70  | 5,863.00 |
| 1+800.00 | 4.9   | 0    | 90.20  | 0.10   | 6,692.90  | 5,863.10 |
| 1+820.00 | 5.63  | 0    | 105.30 | 0.00   | 6,798.20  | 5,863.10 |
| 1+840.00 | 7.07  | 0    | 127.00 | 0.00   | 6,925.20  | 5,863.10 |
| 1+860.00 | 8.46  | 0    | 155.30 | 0.00   | 7,080.50  | 5,863.10 |
| 1+880.00 | 9.51  | 0    | 179.70 | 0.00   | 7,260.20  | 5,863.10 |
| 1+900.00 | 11.19 | 0    | 207.00 | 0.00   | 7,467.20  | 5,863.10 |
| 1+920.00 | 11.14 | 0    | 223.30 | 0.00   | 7,690.50  | 5,863.10 |
| 1+940.00 | 11.78 | 0    | 229.20 | 0.00   | 7,919.70  | 5,863.10 |
| 1+960.00 | 11.89 | 0    | 236.70 | 0.00   | 8,156.40  | 5,863.10 |
| 1+980.00 | 11.7  | 0    | 235.90 | 0.00   | 8,392.30  | 5,863.10 |
| 2+000.00 | 11.67 | 0    | 233.70 | 0.00   | 8,626.00  | 5,863.10 |
| 2+020.00 | 10.59 | 0    | 222.60 | 0.00   | 8,848.60  | 5,863.10 |
| 2+040.00 | 8.65  | 0    | 192.40 | 0.00   | 9,041.00  | 5,863.10 |
| 2+060.00 | 7.15  | 0    | 158.00 | 0.00   | 9,199.00  | 5,863.10 |
| 2+080.00 | 6.2   | 0    | 133.50 | 0.00   | 9,332.50  | 5,863.10 |
| 2+100.00 | 6.47  | 0    | 126.70 | 0.00   | 9,459.20  | 5,863.10 |
| 2+120.00 | 6.11  | 0    | 125.80 | 0.00   | 9,585.00  | 5,863.10 |
| 2+140.00 | 5.79  | 0    | 119.00 | 0.00   | 9,704.00  | 5,863.10 |
| 2+160.00 | 5.02  | 0    | 108.10 | 0.00   | 9,812.10  | 5,863.10 |
| 2+180.00 | 3.8   | 0    | 88.20  | 0.00   | 9,900.30  | 5,863.10 |
| 2+200.00 | 2.74  | 0.03 | 65.40  | 0.30   | 9,965.70  | 5,863.40 |
| 2+220.00 | 2.02  | 0.06 | 47.60  | 0.90   | 10,013.30 | 5,864.30 |
| 2+240.00 | 0.85  | 0.13 | 28.70  | 1.90   | 10,042.00 | 5,866.20 |
| 2+260.00 | 0.06  | 0.4  | 9.10   | 5.30   | 10,051.10 | 5,871.50 |
| 2+280.00 | 0     | 1.75 | 0.60   | 21.50  | 10,051.70 | 5,893.00 |
| 2+300.00 | 0     | 2.82 | 0.00   | 45.70  | 10,051.70 | 5,938.70 |
| 2+320.00 | 0     | 3.13 | 0.00   | 59.50  | 10,051.70 | 5,998.20 |
| 2+340.00 | 0     | 5.21 | 0.00   | 83.40  | 10,051.70 | 6,081.60 |
| 2+360.00 | 0     | 6.51 | 0.00   | 117.20 | 10,051.70 | 6,198.80 |
| 2+380.00 | 0     | 6.89 | 0.00   | 134.00 | 10,051.70 | 6,332.80 |
| 2+400.00 | 0     | 7.65 | 0.00   | 145.40 | 10,051.70 | 6,478.20 |
| 2+420.00 | 0     | 8.11 | 0.00   | 157.60 | 10,051.70 | 6,635.80 |
| 2+440.00 | 0     | 7.61 | 0.00   | 157.20 | 10,051.70 | 6,793.00 |
| 2+460.00 | 0     | 6.58 | 0.00   | 141.90 | 10,051.70 | 6,934.90 |
| 2+480.00 | 0     | 6.83 | 0.00   | 134.10 | 10,051.70 | 7,069.00 |
| 2+500.00 | 0     | 5.85 | 0.00   | 126.80 | 10,051.70 | 7,195.80 |
| 2+520.00 | 0.04  | 3.87 | 0.40   | 97.20  | 10,052.10 | 7,293.00 |
| 2+540.00 | 0.03  | 2.8  | 0.70   | 66.70  | 10,052.80 | 7,359.70 |

|          |       |      |        |       |           |          |
|----------|-------|------|--------|-------|-----------|----------|
| 2+560.00 | 0.39  | 0.25 | 4.20   | 30.50 | 10,057.00 | 7,390.20 |
| 2+580.00 | 0.89  | 0.12 | 12.80  | 3.70  | 10,069.80 | 7,393.90 |
| 2+600.00 | 2.1   | 0.01 | 29.90  | 1.30  | 10,099.70 | 7,395.20 |
| 2+620.00 | 4.34  | 0    | 64.40  | 0.10  | 10,164.10 | 7,395.30 |
| 2+640.00 | 5.27  | 0    | 96.10  | 0.00  | 10,260.20 | 7,395.30 |
| 2+660.00 | 3.54  | 0.43 | 88.10  | 4.30  | 10,348.30 | 7,399.60 |
| 2+680.00 | 5.8   | 0    | 93.40  | 4.30  | 10,441.70 | 7,403.90 |
| 2+700.00 | 7.16  | 0    | 129.60 | 0.00  | 10,571.30 | 7,403.90 |
| 2+720.00 | 8.8   | 0    | 159.60 | 0.00  | 10,730.90 | 7,403.90 |
| 2+740.00 | 9.57  | 0    | 183.70 | 0.00  | 10,914.60 | 7,403.90 |
| 2+760.00 | 12.06 | 0    | 216.30 | 0.00  | 11,130.90 | 7,403.90 |
| 2+780.00 | 14.1  | 0    | 261.60 | 0.00  | 11,392.50 | 7,403.90 |
| 2+800.00 | 11.25 | 0    | 253.50 | 0.00  | 11,646.00 | 7,403.90 |
| 2+820.00 | 14.23 | 0    | 254.80 | 0.00  | 11,900.80 | 7,403.90 |
| 2+840.00 | 11.19 | 0    | 254.20 | 0.00  | 12,155.00 | 7,403.90 |
| 2+860.00 | 11.17 | 0    | 223.60 | 0.00  | 12,378.60 | 7,403.90 |
| 2+880.00 | 11.88 | 0    | 230.50 | 0.00  | 12,609.10 | 7,403.90 |
| 2+900.00 | 9.86  | 0    | 217.40 | 0.00  | 12,826.50 | 7,403.90 |
| 2+920.00 | 9.96  | 0    | 198.20 | 0.00  | 13,024.70 | 7,403.90 |
| 2+940.00 | 10.1  | 0    | 200.60 | 0.00  | 13,225.30 | 7,403.90 |
| 2+960.00 | 10.21 | 0    | 203.10 | 0.00  | 13,428.40 | 7,403.90 |
| 2+980.00 | 8.68  | 0    | 188.90 | 0.00  | 13,617.30 | 7,403.90 |
| 3+000.00 | 8.11  | 0    | 167.90 | 0.00  | 13,785.20 | 7,403.90 |
| 3+020.00 | 6.05  | 0    | 141.60 | 0.00  | 13,926.80 | 7,403.90 |
| 3+040.00 | 3.93  | 0.01 | 99.80  | 0.10  | 14,026.60 | 7,404.00 |
| 3+060.00 | 3.75  | 0    | 76.80  | 0.10  | 14,103.40 | 7,404.10 |
| 3+080.00 | 3.12  | 0.05 | 68.70  | 0.50  | 14,172.10 | 7,404.60 |
| 3+100.00 | 6.11  | 0    | 92.30  | 0.50  | 14,264.40 | 7,405.10 |
| 3+120.00 | 8.9   | 0    | 150.10 | 0.00  | 14,414.50 | 7,405.10 |
| 3+140.00 | 8.85  | 0    | 177.50 | 0.00  | 14,592.00 | 7,405.10 |
| 3+160.00 | 5.99  | 0.08 | 148.40 | 0.80  | 14,740.40 | 7,405.90 |
| 3+180.00 | 5.99  | 0    | 119.80 | 0.80  | 14,860.20 | 7,406.70 |
| 3186.845 | 5.85  | 0    | 40.52  | 0.00  | 14,900.72 | 7,406.70 |

## Anexo 8: Reporte de curvas verticales

**Client:**

**Prepared by:**

Client

Preparer

Client Company

Your Company Name

Address 1

123 Main Street

Date: 23/7/2025 19:12:05

Vertical

Alignment:

RASANTE

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 3+186.85

### Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station: 0+219.64 Elevation: 18.702m

PVI Station: 0+244.64 Elevation: 18.577m

PVT Station: 0+269.64 Elevation: 18.703m

Low Point: 0+244.54 Elevation: 18.640m

Grade in: -0.50% Grade out: 0.50%

Change: 1.00% K: 49.800m

Curve Length: 50.000m Curve Radius 4,979.984m

Headlight Distance:

|                                          |          |                    |            |
|------------------------------------------|----------|--------------------|------------|
| Vertical Curve Information:(crest curve) |          |                    |            |
| PVC Station:                             | 0+545.15 | Elevation:         | 20.091m    |
| PVI Station:                             | 0+570.15 | Elevation:         | 20.217m    |
| PVT Station:                             | 0+595.15 | Elevation:         | 20.092m    |
| High Point:                              | 0+570.25 | Elevation:         | 20.155m    |
| Grade in:                                | 0.50%    | Grade out:         | -0.50%     |
| Change:                                  | 1.00%    | K:                 | 49.800m    |
| Curve Length:                            | 50.000m  | Curve Radius       | 4,979.984m |
| Passing Distance: 1,565.172m             |          | Stopping Distance: | 686.915m   |
| Vertical Curve Information:(sag curve)   |          |                    |            |
| PVC Station:                             | 0+985.82 | Elevation:         | 18.139m    |
| PVI Station:                             | 1+010.82 | Elevation:         | 18.014m    |
| PVT Station:                             | 1+035.82 | Elevation:         | 18.179m    |
| Low Point:                               | 1+007.40 | Elevation:         | 18.085m    |
| Grade in:                                | -0.50%   | Grade out:         | 0.66%      |
| Change:                                  | 1.16%    | K:                 | 43.156m    |

|                                          |            |                    |            |
|------------------------------------------|------------|--------------------|------------|
| Curve Length:                            | 50.000m    | Curve Radius       | 4,315.588m |
| Headlight Distance:                      |            |                    |            |
| Vertical Curve Information:(crest curve) |            |                    |            |
| PVC Station:                             | 1+419.48   | Elevation:         | 20.705m    |
| PVI Station:                             | 1+444.48   | Elevation:         | 20.870m    |
| PVT Station:                             | 1+469.48   | Elevation:         | 20.745m    |
| High Point:                              | 1+447.90   | Elevation:         | 20.799m    |
| Grade in:                                | 0.66%      | Grade out:         | -0.50%     |
| Change:                                  | 1.16%      | K:                 | 43.156m    |
| Curve Length:                            | 50.000m    | Curve Radius       | 4,315.588m |
| Passing Distance:                        | 1,359.693m | Stopping Distance: | 598.606m   |
| Vertical Curve Information:(sag curve)   |            |                    |            |
| PVC Station:                             | 1+932.64   | Elevation:         | 18.429m    |
| PVI Station:                             | 1+957.64   | Elevation:         | 18.304m    |
| PVT Station:                             | 1+982.64   | Elevation:         | 18.429m    |
| Low Point:                               | 1+957.64   | Elevation:         | 18.367m    |

|                                          |            |                    |            |
|------------------------------------------|------------|--------------------|------------|
| Grade in:                                | -0.50%     | Grade out:         | 0.50%      |
| Change:                                  | 1.00%      | K:                 | 50.000m    |
| Curve Length:                            | 50.000m    | Curve Radius       | 5,000.000m |
| Headlight Distance:                      |            |                    |            |
| Vertical Curve Information:(crest curve) |            |                    |            |
| PVC Station:                             | 2+401.85   | Elevation:         | 20.525m    |
| PVI Station:                             | 2+426.85   | Elevation:         | 20.650m    |
| PVT Station:                             | 2+451.85   | Elevation:         | 20.525m    |
| High Point:                              | 2+426.85   | Elevation:         | 20.588m    |
| Grade in:                                | 0.50%      | Grade out:         | -0.50%     |
| Change:                                  | 1.00%      | K:                 | 50.000m    |
| Curve Length:                            | 50.000m    | Curve Radius       | 5,000.000m |
| Passing Distance:                        | 1,571.362m | Stopping Distance: | 689.575m   |
| Vertical Curve Information:(sag curve)   |            |                    |            |
| PVC Station:                             | 2+770.09   | Elevation:         | 18.934m    |
| PVI Station:                             | 2+795.09   | Elevation:         | 18.809m    |

|                     |          |              |            |
|---------------------|----------|--------------|------------|
| PVT Station:        | 2+820.09 | Elevation:   | 18.946m    |
| Low Point:          | 2+793.95 | Elevation:   | 18.874m    |
| Grade in:           | -0.50%   | Grade out:   | 0.55%      |
| Change:             | 1.05%    | K:           | 47.711m    |
| Curve Length:       | 50.000m  | Curve Radius | 4,771.122m |
| Headlight Distance: |          |              |            |

## Anexo 9: Alineamiento de curvas horizontales

### Alignment Curve Report

**Client:** Client  
Company

**Project Name:** C:\Users\User\Desktop\tesis julio 125 km\TESIS  
F - copia.dwg

**Project  
Description:**

**Report Date:** 23/7/2025 19:09:20

**Prepared by:**  
Preparer

---

Alignment: EJE VIA

Description:

#### Tangent Data

|         |         |         |                      |
|---------|---------|---------|----------------------|
| Length: | 571.844 | Course: | N 76° 40' 41.1953" E |
|---------|---------|---------|----------------------|

---

#### Circular Curve Data

|        |                  |       |      |
|--------|------------------|-------|------|
| Delta: | 26° 16' 18.3799" | Type: | LEFT |
|--------|------------------|-------|------|

|         |         |
|---------|---------|
| Radius: | 125.000 |
|---------|---------|

|         |        |          |        |
|---------|--------|----------|--------|
| Length: | 57.316 | Tangent: | 29.171 |
|---------|--------|----------|--------|

|          |       |           |       |
|----------|-------|-----------|-------|
| Mid-Ord: | 3.271 | External: | 3.359 |
|----------|-------|-----------|-------|

|        |        |         |                      |
|--------|--------|---------|----------------------|
| Chord: | 56.815 | Course: | N 63° 32' 32.0054" E |
|--------|--------|---------|----------------------|

---

Tangent Data

|         |         |         |                      |
|---------|---------|---------|----------------------|
| Length: | 239.925 | Course: | N 50° 24' 22.8155" E |
|---------|---------|---------|----------------------|

---

Circular Curve Data

|          |                  |           |                      |
|----------|------------------|-----------|----------------------|
| Delta:   | 01° 30' 45.7914" | Type:     | LEFT                 |
| Radius:  | 950.000          |           |                      |
| Length:  | 25.082           | Tangent:  | 12.542               |
| Mid-Ord: | 0.083            | External: | 0.083                |
| Chord:   | 25.081           | Course:   | N 49° 38' 59.9197" E |

---

Tangent Data

|         |         |         |                      |
|---------|---------|---------|----------------------|
| Length: | 437.806 | Course: | N 48° 53' 37.0240" E |
|---------|---------|---------|----------------------|

---

Circular Curve Data

|         |                  |       |       |
|---------|------------------|-------|-------|
| Delta:  | 14° 10' 25.3058" | Type: | RIGHT |
| Radius: | 200.000          |       |       |

|          |        |           |                      |
|----------|--------|-----------|----------------------|
| Length:  | 49.476 | Tangent:  | 24.865               |
| Mid-Ord: | 1.528  | External: | 1.540                |
| Chord:   | 49.349 | Course:   | N 55° 58' 49.6769" E |

---

Tangent Data

|         |         |         |                      |
|---------|---------|---------|----------------------|
| Length: | 103.384 | Course: | N 63° 04' 02.3299" E |
|---------|---------|---------|----------------------|

---

Circular Curve Data

|          |                  |           |                      |
|----------|------------------|-----------|----------------------|
| Delta:   | 02° 29' 29.0176" | Type:     | LEFT                 |
| Radius:  | 450.000          |           |                      |
| Length:  | 19.567           | Tangent:  | 9.785                |
| Mid-Ord: | 0.106            | External: | 0.106                |
| Chord:   | 19.566           | Course:   | N 61° 49' 17.8211" E |

---

Tangent Data

|         |         |         |                      |
|---------|---------|---------|----------------------|
| Length: | 102.887 | Course: | N 60° 34' 33.3123" E |
|---------|---------|---------|----------------------|

---

Circular Curve Data

|          |                  |           |                      |
|----------|------------------|-----------|----------------------|
| Delta:   | 02° 44' 23.8854" | Type:     | LEFT                 |
| Radius:  | 400.000          |           |                      |
| Length:  | 19.129           | Tangent:  | 9.566                |
| Mid-Ord: | 0.114            | External: | 0.114                |
| Chord:   | 19.127           | Course:   | N 59° 12' 21.3695" E |

---

Tangent Data

|         |         |         |                      |
|---------|---------|---------|----------------------|
| Length: | 425.427 | Course: | N 57° 50' 09.4268" E |
|---------|---------|---------|----------------------|

---

Circular Curve Data

|          |                  |           |                      |
|----------|------------------|-----------|----------------------|
| Delta:   | 00° 29' 12.6578" | Type:     | LEFT                 |
| Radius:  | 1200.000         |           |                      |
| Length:  | 10.197           | Tangent:  | 5.098                |
| Mid-Ord: | 0.011            | External: | 0.011                |
| Chord:   | 10.197           | Course:   | N 57° 35' 33.0979" E |

---

Tangent Data

|         |         |         |                      |
|---------|---------|---------|----------------------|
| Length: | 429.769 | Course: | N 57° 20' 56.7690" E |
|---------|---------|---------|----------------------|

---

Circular Curve Data

|          |                  |           |                      |
|----------|------------------|-----------|----------------------|
| Delta:   | 27° 04' 18.5781" | Type:     | LEFT                 |
| Radius:  | 125.000          |           |                      |
| Length:  | 59.062           | Tangent:  | 30.093               |
| Mid-Ord: | 3.472            | External: | 3.571                |
| Chord:   | 58.514           | Course:   | N 43° 48' 47.4800" E |

---

Tangent Data

|         |         |         |                      |
|---------|---------|---------|----------------------|
| Length: | 493.365 | Course: | N 30° 16' 38.1909" E |
|---------|---------|---------|----------------------|

---

Circular Curve Data

|         |                  |          |        |
|---------|------------------|----------|--------|
| Delta:  | 43° 16' 45.7648" | Type:    | RIGHT  |
| Radius: | 80.000           |          |        |
| Length: | 60.429           | Tangent: | 31.738 |

|          |        |           |                      |
|----------|--------|-----------|----------------------|
| Mid-Ord: | 5.638  | External: | 6.066                |
| Chord:   | 59.003 | Course:   | N 51° 55' 01.0733" E |

---

Tangent Data

|         |        |         |                      |
|---------|--------|---------|----------------------|
| Length: | 23.133 | Course: | N 73° 33' 23.9557" E |
|---------|--------|---------|----------------------|

---

Circular Curve Data

|          |                  |           |                      |
|----------|------------------|-----------|----------------------|
| Delta:   | 46° 14' 11.8440" | Type:     | LEFT                 |
| Radius:  | 60.000           |           |                      |
| Length:  | 48.419           | Tangent:  | 25.615               |
| Mid-Ord: | 4.818            | External: | 5.239                |
| Chord:   | 47.116           | Course:   | N 50° 26' 18.0337" E |

---

Tangent Data

|         |        |         |                      |
|---------|--------|---------|----------------------|
| Length: | 10.628 | Course: | N 27° 19' 12.1118" E |
|---------|--------|---------|----------------------|

---

## Anexo 10: Evidencia fotográfica



Ilustración 20. Equipo topográfico



Ilustración 21. Levantamiento topográfico



Ilustración 22. Conteo vehicular



Ilustración 23. Elaboración de calicatas



Ilustración 24. Calicata



Ilustración 25. Extracción de muestras de suelo



Ilustración 26. Preparación de muestras



Ilustración 27. Tamizado a través del tamiz N°4



Ilustración 28. Ensayo de CBR



Ilustración 29. Incorporación de agua para CBR



Ilustración 30. Ensayo Proctor



Ilustración 31. Puesta de muestras en el horno



Ilustración 32. Tamizado por lavado



Ilustración 33. Uso de la tamizadora para granulometría



Ilustración 34. Ensayo de límites de consistencia



Ilustración 35. Muestras de límites de consistencia