



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO VIAL DE LA AV. 16 DE JULIO, DESDE LA AUTOPISTA
E-15 HASTA EL HOTEL PALMAR, CANTÓN SANTA ELENA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Civil**

AUTOR: Kenneth Sebastián Torres Bernal

TUTOR: Ing. Erika Mabel González Tobar, MGTR.

Guayaquil-Ecuador

2025

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Kenneth Sebastián Torres Bernal con documento de identificación N° 0954576187 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 03 de febrero del 2025

Atentamente,

Sebastian Torres B.

Kenneth Sebastián Torres Bernal

0954576187

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

Yo, Kenneth Sebastián Torres Bernal con documento de identificación No. 0954576187, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto técnico: “Diseño vial de la Av. 16 de Julio, desde la Autopista E-15 hasta el Hotel Palmar, Cantón Santa Elena”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 03 de febrero del 2025

Atentamente,

Sebastian Torres B.

Kenneth Sebastián Torres Bernal

0954576187

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Erika Mabel González Tobar con documento de identificación N° 1207198621, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO VIAL DE LA AV. 16 DE JULIO, DESDE LA AUTOPISTA E-15 HASTA EL HOTEL PALMAR, CANTÓN SANTA ELENA, realizado por Kenneth Sebastián Torres Bernal con documento de identificación N° 0954576187, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 03 de febrero del 2025

Atentamente,



Ing. Erika Mabel González Tobar, Mgtr.

1207198621

DEDICATORIA

A mis padres y primeros maestros, gracias por ser el pilar sobre el cual he construido mis sueños, por su apoyo incondicional en cada paso de mi vida y por enseñarme que la disciplina y la perseverancia son las llaves para alcanzar cualquier meta. No hay palabras suficientes para expresar mi gratitud, pero sepan que este logro es tanto mío como suyo, un reflejo de su dedicación y sacrificio.

A mi mujer, mi compañera de vida, mi refugio y mi apoyo incondicional, gracias por tu paciencia en los momentos de estrés y por ser mi apoyo en cada obstáculo, sosteniéndome con tu cariño y creyendo en mí incluso cuando yo dudaba.

A nuestro bebé, el hermoso milagro que crece en tu vientre, quien sin haber nacido ya ilumina mi vida, este logro es también tuyo, y cada página de este trabajo lleva el anhelo de un futuro mejor para nuestra familia, con la promesa de ser siempre el mejor ejemplo que pueda ser.

A mis mascotas Mami y Blue quienes con su amor incondicional y su lealtad silenciosa me acompañan siempre incluso en los momentos difíciles, recordándome cada vez que los veo jugar, que siempre hay espacio para la ternura y la felicidad.

A mis compañeros de curso con quienes he compartido esta experiencia inolvidable y han hecho que este proceso sea mucho más enriquecedor y ameno.

Y a mis abuelos quienes no están conmigo físicamente, sé que estarían orgullosos de este logro, y con el corazón lleno de gratitud, les dedico también este triunfo.

Kenneth Sebastián Torres Bernal

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la vida, la salud y la fortaleza para recorrer este camino. Su guía ha sido mi luz en los momentos de duda y su bendición me ha permitido llegar hasta aquí.

A mis padres, cuyo amor, sacrificio y enseñanzas han sido la base de todo lo que soy. Gracias por cada palabra de aliento, por cada gesto de apoyo sin ustedes, nada de esto habría sido posible.

A mi familia quienes han sido un motor indispensable en este proceso, cada palabra de aliento ha sido una motivación para no perder el horizonte y poder cumplir mi meta de ser Ingeniero Civil.

A mi tutora quien me ha brindado todo su apoyo y su guía para poder culminar mi tesis, aún con el tiempo en contra ha sabido como ayudarme para poder entregar un trabajo de calidad.

A mis docentes quienes durante este proceso académico han sido partícipes en mi formación, brindándome su experiencia y entusiasmo para no flaquear ante las adversidades y poder lograr el objetivo de ser un excelente profesional.

Gracias a todos ustedes por hacer posible este logro.

Kenneth Sebastián Torres Bernal

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo principal el planteamiento del diseño geométrico de la vía de acceso a la comuna Palmar, ubicada en una región de alto tránsito vehicular y turístico. Esta vía, que constituye un eje importante de conectividad, presenta un deterioro considerable debido a factores como el constante flujo vehicular y la falta de mantenimiento regular. Por lo tanto, se propone un diseño vial que optimice las condiciones de tránsito, garantizando seguridad y eficiencia para los usuarios.

El desarrollo del diseño se basa en un análisis técnico exhaustivo que incluye estudios topográficos y ensayos de suelos. Los datos topográficos permitieron determinar las pendientes, curvas y características geométricas adecuadas, mientras que los ensayos de suelo proporcionaron parámetros clave como la capacidad portante y el grado de compactación. Para el estudio de suelos, nos basamos en la normativa AASHTO 93 la cual determinó un tipo de suelo A-3, y según SUCS tenemos un material de arena mal graduada, arena con gravas, con poca o nada de finos. La vía se clasifica con una vía de clase 2, según el TPDA para una proyección a 20 años se tiene un crecimiento de 2.40% vehículos anualmente.

Como resultado, se plantea un diseño geométrico que incluye ajustes en el perfil longitudinal y la sección transversal de la vía, optimizando las pendientes, radios de curvatura y anchos de carril con distancia de 3m y berma de 1.5m para garantizar la funcionalidad de la carretera. Adicionalmente, se prevé un sistema de drenaje que reduzca el impacto de las lluvias, evitando la acumulación de agua y el deterioro prematuro.

Además, este diseño contempla las proyecciones de crecimiento poblacional y el incremento del flujo vehicular en la región, factores clave para garantizar la sostenibilidad de la vía a largo plazo. Al incorporar estos elementos en el planteamiento geométrico, se

asegura que la propuesta de infraestructura no solo responde a las necesidades actuales de la comuna y los turistas, sino que también pueda adaptarse a los requerimientos futuros. Esto refuerza la visión estratégica del proyecto, que busca no solo mejorar las condiciones de tránsito, sino también promover un desarrollo ordenado y sostenible.

Este proyecto, al enfocarse en el diseño y no en la ejecución, busca proporcionar un a ase técnica sólida para futuras intervenciones en la infraestructura de la vía.

Palabras clave: Diseño vial, diseño geométrico, infraestructura vial, tránsito, análisis de suelos, conectividad.

ABSTRACT

The main objective of this work is to propose the geometric design of the access road to the Palmar commune, located in a region of high vehicular and tourist traffic. This road, which is an important axis of connectivity, is considerably deteriorated due to factors such as the constant vehicular flow and the lack of regular maintenance. Therefore, a road design is proposed that optimizes traffic conditions, guaranteeing safety and efficiency for users.

The development of the design is based on an exhaustive technical analysis that includes topographic studies and soil tests. The topographic data allowed us to determine the appropriate slopes, curves and geometric characteristics, while the soil tests provided key parameters such as the bearing capacity and the degree of compaction. For the soil study, we based ourselves on the AASHTO 93 regulations which determined a soil type A-3, and according to SUCS we have a poorly graded sand material, sand with gravel, with little or no fines. The road is classified as a class 2 road, according to the TPDA for a 20-year projection there is a 2.40% annual vehicle growth.

As a result, a geometric design is proposed that includes adjustments to the longitudinal profile and cross section of the road, optimizing the slopes, curvature radii and lane widths with a distance of 3m and a berm of 1.5m to ensure the functionality of the road. Additionally, a drainage system is planned to reduce the impact of rain, avoiding the accumulation of water and premature deterioration.

In addition, this design considers the projections of population growth and the increase in vehicular flow in the region, key factors to ensure the long-term sustainability of the road. By incorporating these elements into the geometric approach, it is ensured that the infrastructure proposal not only responds to the current needs of the community

and tourists but can also adapt to future requirements. This reinforces the strategic vision of the project, which seeks not only to improve traffic conditions, but also to promote orderly and sustainable development.

This project, by focusing on design rather than execution, seeks to provide a solid technical basis for future interventions in the road infrastructure.

Keywords: Road design, road restoration, road infrastructure, traffic, soil analysis, connectivity.

ÍNDICE GENERAL

| | | |
|--------|--|----|
| 1 | CAPITULO I..... | 18 |
| 1.1 | Introducción..... | 18 |
| 1.2 | Problemática..... | 21 |
| 1.3 | Delimitación del problema..... | 26 |
| 1.3.1 | Delimitación espacial..... | 26 |
| 1.3.2 | Delimitación temporal..... | 26 |
| 1.4 | Objetivos..... | 27 |
| 1.4.1 | Objetivo general..... | 27 |
| 1.4.2 | Objetivos específicos..... | 27 |
| 1.5 | Justificación..... | 27 |
| 1.6 | Marco hipotético..... | 30 |
| 2 | CAPITULO II..... | 31 |
| 2.1 | Marco teórico..... | 31 |
| 2.1.1 | Propiedades geotécnicas del suelo..... | 31 |
| 2.2 | Clasificación de los suelos..... | 33 |
| 2.2.1 | Sistema AASTHO..... | 33 |
| 2.2.2 | Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)..... | 34 |
| 2.3 | Límites de Atterberg..... | 35 |
| 2.4 | Ensayo Proctor..... | 36 |
| 2.5 | Ensayo California Bearing Ratio (CBR)..... | 38 |
| 2.6 | Topografía..... | 39 |
| 2.6.1 | Tipos de terrenos..... | 39 |
| 2.7 | Clasificación de las carreteras..... | 40 |
| 2.7.1 | Tipos de carreteras..... | 40 |
| 2.7.2 | Carreteras según su funcionamiento..... | 40 |
| 2.7.3 | Carreteras según su diseño..... | 41 |
| 2.8 | Tráfico..... | 43 |
| 2.8.1 | Trafico promedio diario anual (TPDA)..... | 43 |
| 2.8.2 | Importancia del TPDA..... | 44 |
| 2.8.3 | Volumen de tráfico..... | 45 |
| 2.9 | Característica geométrica de una vía..... | 46 |
| 2.9.1 | Elementos geométricos principales..... | 46 |
| 2.10 | Software de diseño vial..... | 47 |
| 2.10.1 | Ventajas adicionales de las herramientas tecnológicas..... | 48 |
| 2.11 | Diseño de pavimento..... | 49 |
| 2.11.1 | Pavimento flexible..... | 49 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.11.2 | Componentes del pavimento flexible | 49 |
| 2.11.3 | Consideraciones de diseño | 50 |
| 2.11.4 | Ventajas del pavimento flexible | 51 |
| 2.11.5 | Retos en el diseño y construcción..... | 51 |
| 2.11.6 | Innovaciones en pavimentos flexibles | 51 |
| 2.12 | Marco legal..... | 52 |
| 2.12.1 | Normas del MTOP..... | 52 |
| 2.12.2 | Especificaciones AASHTO..... | 53 |
| 2.12.3 | Normas ASTM | 53 |
| 3 | CAPITULO III | 55 |
| 3.1 | Marco metodológico | 55 |
| 3.1.1 | Situación actual del sector..... | 55 |
| 3.1.2 | Ubicación del proyecto | 55 |
| 3.2 | Levantamiento topográfico | 56 |
| 3.3 | Estudio de tráfico..... | 58 |
| 3.3.1 | Conteo de tráfico vehicular | 58 |
| 3.4 | Estudio de suelos | 66 |
| 3.4.1 | Ensayo de contenido de humedad | 66 |
| 3.4.2 | Muestreo de los agregados | 66 |
| 3.4.3 | Ensayo granulométrico | 66 |
| 3.4.4 | Ensayo límites de Atterberg | 77 |
| 3.4.5 | Ensayo Proctor..... | 77 |
| 3.4.6 | Ensayo CBR | 81 |
| 3.4.7 | Selección del CBR de diseño | 86 |
| 3.5 | Diseño geométrico | 87 |
| 3.5.1 | Diseño horizontal..... | 87 |
| 3.5.2 | Sección transversal | 88 |
| 3.6 | Diseño de pavimento..... | 88 |
| 3.6.1 | Método AASHTO 93..... | 88 |
| 3.6.2 | Cálculo de factor ESAL'S..... | 89 |
| 3.6.3 | Confiabilidad de diseño | 89 |
| 3.6.4 | Desviación estándar Z_r | 89 |
| 3.6.5 | Desviación estándar del sistema 'So' | 89 |
| 3.6.6 | Índice de serviciabilidad " ΔPSI " | 90 |
| 3.6.7 | Módulo de resiliente de la subrasante 'Mr' | 90 |
| 3.6.8 | Determinación de coeficientes estructurales | 91 |
| 3.6.9 | Factores de drenaje 'Cd' | 91 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 3.6.10 | Cálculo de número estructural..... | 91 |
| 3.6.11 | Espesores calculados para diseño | 91 |
| 4 | CAPITULO IV | 92 |
| 4.1 | Análisis de resultados | 92 |
| 4.1.1 | Topografía | 92 |
| 4.1.2 | Estudio del tráfico..... | 92 |
| 4.1.3 | Conteo vehicular..... | 92 |
| 4.1.4 | Cálculo del tráfico promedio diario semanal (TPDS) | 92 |
| 4.1.5 | Factor de ajuste mensual (Fm) | 93 |
| 4.1.6 | Factor de ajuste diario (Fd) | 94 |
| 4.1.7 | Cálculo del tráfico promedio anual (TPDA)..... | 94 |
| 4.1.8 | Tráfico diario..... | 95 |
| 4.1.9 | Tráfico proyectado..... | 96 |
| 4.1.10 | Clasificación de la vía..... | 98 |
| 4.2 | Trazado horizontal..... | 99 |
| 4.2.1 | Diseño geométrico horizontal | 99 |
| 4.2.2 | Velocidad de diseño..... | 99 |
| 4.2.3 | Velocidad de circulación..... | 100 |
| 4.2.4 | Distancia de visibilidad..... | 100 |
| 4.3 | Alineamiento horizontal de las carreteras | 101 |
| 4.3.1 | Sección transversal | 101 |
| 4.4 | Señalización horizontal | 102 |
| 4.4.1 | Líneas longitudinales | 102 |
| 4.4.2 | Líneas de separación de flujos opuestos | 103 |
| 4.4.3 | Doble línea mixta..... | 104 |
| 4.4.4 | Ancho de carril | 104 |
| 4.4.5 | Velocidad máxima..... | 105 |
| 4.4.6 | Zona escolar | 106 |
| 4.5 | Diseño estructural del pavimento | 106 |
| 4.5.1 | Método AASHTO 93..... | 108 |
| 4.5.2 | Cálculo de factor ESAL'S..... | 109 |
| 4.5.3 | Confiabilidad (R)..... | 111 |
| 4.5.4 | Desviación estándar (Zr)..... | 111 |
| 4.5.5 | Desviación estándar del sistema (So) | 112 |
| 4.5.6 | Índice de serviciabilidad (PSI) | 113 |
| 4.5.7 | Módulo resiliente de la subrasante (Mr) | 116 |
| 4.5.8 | Determinación de coeficientes estructurales | 116 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 4.5.9 | Cálculo de número estructural..... | 117 |
| 4.5.10 | Espesores calculados para diseño | 118 |
| 5 | CONCLUSIONES | 120 |
| 6 | RECOMENDACIONES | 121 |
| 7 | BIBLIOGRAFÍA | 122 |
| 8 | ANEXOS..... | 129 |
| 8.1 | Anexo fotográfico..... | 129 |
| | | 129 |
| 8.2 | Anexo – <i>Planos diseño geométrico de la vía</i> | 144 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1 <i>Condiciones actuales de la vía – tramo 1</i> | 24 |
| Figura 2 <i>Condiciones actuales de la vía – tramo 2</i> | 24 |
| Figura 3 <i>Condiciones actuales de la vía – tramo 3</i> | 25 |
| Figura 4 <i>Condiciones actuales de la vía – tramo 4</i> | 25 |
| Figura 5 <i>Clasificación de los suelos según la ASTM</i> | 33 |
| Figura 6 <i>Plasticidad de los suelos</i> | 35 |
| Figura 7 <i>Especificaciones de la prueba Proctor modificada (Norma ASTM D-1577)</i> . | 37 |
| Figura 8 <i>Comparaciones entre el Proctor estándar y modificado</i> | 37 |
| Figura 9 <i>Sistema de clasificación de suelos según su valor de CBR</i> | 39 |
| Figura 10 <i>Camino Básico</i> | 41 |
| Figura 11 <i>Carretera convencional básica</i> | 41 |
| Figura 12 <i>Carretera de mediana capacidad (Normal)</i> | 42 |
| Figura 13 <i>Carretera de mediana capacidad (Excepcional)</i> | 42 |
| Figura 14 <i>Vías de alta capacidad interurbana</i> | 43 |
| Figura 15 <i>Clasificación funcional de las vías en base al TPDA</i> | 44 |
| Figura 16 <i>Velocidad de operación promedio</i> | 47 |
| Figura 17 <i>Ubicación Satelital de la Vía</i> | 56 |
| Figura 18 <i>Nivel topográfico en la vía de estudio</i> | 57 |
| Figura 19 <i>Toma de puntos para el levantamiento topográfico de la vía</i> | 57 |
| Figura 20 <i>Análisis granulométrico Calicata 1</i> | 68 |
| Figura 21 <i>Clasificación AASHTO Calicata 1</i> | 69 |
| Figura 22 <i>Clasificación SUCS Calicata 1</i> | 70 |
| Figura 23 <i>Análisis granulométrico Calicata 2</i> | 71 |
| Figura 24 <i>Clasificación AASHTO Calicata 2</i> | 72 |
| Figura 25 <i>Clasificación SUCS Calicata 2</i> | 73 |
| Figura 26 <i>Análisis granulométrico Calicata 3</i> | 74 |
| Figura 27 <i>Clasificación AASHTO Calicata 3</i> | 75 |
| Figura 28 <i>Clasificación SUCS Calicata 3</i> | 76 |
| Figura 29 <i>Límites de Atterberg</i> | 77 |
| Figura 30 <i>Proctor normal y Proctor modificado</i> | 78 |
| Figura 31 <i>Análisis ensayo Proctor Modificado Calicata 1</i> | 79 |
| Figura 32 <i>Análisis ensayo Proctor Modificado Calicata 2-3</i> | 80 |
| Figura 33 <i>Análisis de CBR Calicata 1</i> | 82 |
| Figura 34 <i>Análisis de CBR Calicata 1</i> | 83 |
| Figura 35 <i>Análisis de CBR Calicata 2-3</i> | 84 |
| Figura 36 <i>Análisis de CBR Calicata 2-3</i> | 85 |
| Figura 37 <i>Porcentaje CBR de diseño</i> | 86 |
| Figura 38 <i>Factor de ajuste mensual (Fm)</i> | 93 |
| Figura 39 <i>Tasa de crecimiento vehicular</i> | 97 |
| Figura 40 <i>Clasificación funcional de las vías según el TPDA</i> | 98 |
| Figura 41 <i>Velocidad de diseño para terreno llano o plano</i> | 100 |
| Figura 42 <i>Sección transversal de la vía</i> | 102 |
| Figura 43 <i>Línea de separación de flujos opuestos bidireccional</i> | 103 |
| Figura 44 <i>Línea continua y línea segmentada</i> | 104 |
| Figura 45 <i>Símbolo de velocidad máxima en mm</i> | 105 |
| Figura 46 <i>Símbolo de zona escolar en mm</i> | 106 |
| Figura 47 <i>Distribución de los espesores de las capas del pavimento</i> | 108 |
| Figura 48 <i>Valores recomendados de nivel de confiabilidad</i> | 111 |

| | | |
|------------------|--|-----|
| Figura 49 | <i>Valores recomendados de desviación estándar normal (Z_r)</i> | 112 |
| Figura 50 | <i>Valores recomendados para índice de serviciabilidad inicial (P_i)</i> | 114 |
| Figura 51 | <i>Valores recomendados para índice de serviciabilidad final (P_f)</i> | 115 |
| Figura 52 | <i>Coefficientes estructurales de las capas del pavimento (a)</i> | 116 |
| Figura 53 | <i>Espesores de las capas del pavimento (d)</i> | 117 |
| Figura 54 | <i>Coefficientes de drenaje (m) para bases y subbases</i> | 117 |
| Figura 55 | <i>Comprobación de número estructural (SN) mediante programa Ecuación</i> | 118 |
| Figura 56 | <i>Cálculo de espesores del pavimento mediante software Excel</i> | 119 |

INDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------------|---|-----|
| Tabla 1 | <i>Coordenadas UTM de la vía de estudio</i> | 55 |
| Tabla 2 | <i>Conteo manual vehicular sábado 18 de enero de 2025</i> | 59 |
| Tabla 3 | <i>Conteo manual vehicular domingo 19 de enero de 2025</i> | 60 |
| Tabla 4 | <i>Conteo manual vehicular lunes 20 de enero de 2025</i> | 61 |
| Tabla 5 | <i>Conteo manual vehicular martes 21 de enero de 2025</i> | 62 |
| Tabla 6 | <i>Conteo manual vehicular miércoles 22 de enero de 2025</i> | 63 |
| Tabla 7 | <i>Conteo manual vehicular jueves 23 de enero de 2025</i> | 64 |
| Tabla 8 | <i>Conteo manual vehicular viernes 24 de enero de 2025</i> | 65 |
| Tabla 9 | <i>Tamaños nominales de aberturas para el ensayo granulométrico</i> | 67 |
| Tabla 10 | <i>Clasificación de suelos según su valor de CBR</i> | 81 |
| Tabla 11 | <i>Tabla resumida de las propiedades geotécnicas del suelo</i> | 87 |
| Tabla 12 | <i>Factor de ajuste diario (Fd)</i> | 94 |
| Tabla 13 | <i>Cálculo del tráfico en la vía de estudio</i> | 95 |
| Tabla 14 | <i>Cálculo del tráfico asignado (TA)</i> | 96 |
| Tabla 15 | <i>Tráfico proyectado a 20 años</i> | 97 |
| Tabla 16 | <i>Relación de línea de separación de flujos opuestos</i> | 103 |
| Tabla 17 | <i>Ancho de carriles según velocidad máxima</i> | 105 |
| Tabla 18 | <i>Cálculo de factor ESAL'S</i> | 110 |

1 CAPITULO I

1.1 Introducción

El diseño y optimización de las infraestructuras viales es una necesidad fundamental para garantizar una circulación eficiente y segura, especialmente en aquellas áreas de alto tránsito, como es el caso de la vía principal que conecta la comuna de Palmar con las regiones cercanas (Tzic Chávez, 2024). Esta vía, como uno de los accesos primarios a la zona, soporta tanto el flujo vehicular local como el de los turistas que visitan la región. A lo largo del tiempo, el constante paso de vehículos y las condiciones climáticas han causado un deterioro considerable en su superficie, lo que ha formado una cadena de problemas que perturban el movimiento y la seguridad vial (Miranda Zela, 2024). En este contexto, el objetivo primordial de este propósito es llevar a cabo un diseño integral para restaurar y optimizar las condiciones de esta vía, atendiendo a las causas que han llevado a su deterioro y proponiendo soluciones apropiadas para certificar su funcionalidad ha desarrollado aplazamiento.

La Comuna Palmar, situada en la costa ecuatoriana, se caracteriza por su ubicación estratégica entre puntos clave de la región, conectando áreas urbanas y rurales. Esta comunidad cuenta con una economía basada principalmente en la agricultura, la pesca artesanal y el turismo, actividades que dependen directamente de una infraestructura vial eficiente. El mal estado de la vía principal que conecta a la comuna ha afectado significativamente la calidad de vida de los habitantes, dificultando el acceso a servicios básicos como salud y educación, y limitando la comercialización de sus productos

El tránsito frecuente de vehículos, sumado a las intensas lluvias y a la falta de mantenimiento adecuado, ha provocado la visión de grietas, agujeros y hundimientos en diferentes tramos de la vía, lo que ha empeorado su condición a lo largo de los años. Esto

no solo personifica un inconveniente para la circulación de los residentes locales, sino que también desarrolla el riesgo de incidentes y afecta negativamente la experiencia de los turistas que transitan por la zona. Por tanto, es imperativo ejecutar una observación exhaustiva del cambio presente de la vía, con el fin de determinar las acciones correctivas necesarias para devolverle su capacidad de uso, mejorar la seguridad vial y optimizar su estructura para el tránsito futuro.

El diseño geométrico requiere un enfoque integral que considere tanto los aspectos técnicos relacionados con el estado del pavimento, como el comportamiento del tráfico y las características del suelo. Para ello, se realizarán estudios geotécnicos que consientan comprender las propiedades del terreno y su capacidad para aguantar las cargas vehiculares. A partir de estos resultados, se podrán definir las soluciones más efectivas y duraderas para restaurar la vía y evitar su deterioro prematuro en el futuro. Además, será esencial tomar en cuenta las proyecciones del tráfico vehicular, ya que el flujo de turistas y el aumento poblacional de la zona podrían demandar una capacidad mayor de la que actualmente tiene la vía.

Este proyecto no solo tiene una huella inmediata en el progreso de las circunstancias de movilidad y seguridad para los usuarios actuales, sino que también se busca brindar una solución a largo plazo que admita el progreso ordenado y sostenible de la región. El diseño geométrico será crucial para reducir los tiempos de desplazamiento, prevenir accidentes y mejorar la calidad del servicio vial para todos los usuarios (Pimentel Torres & Niño Orellano, 2024). Asimismo, se espera que esta interposición tenga un efecto real en la imagen de la zona como destino turístico, ya que una vía bien mantenida contribuye a la percepción general de la región como un lugar seguro y accesible.

La mejora de esta vía no solo facilitará la movilidad de los residentes, sino que también potenciará el acceso a oportunidades económicas, al permitir una conexión más ágil entre la comunidad y los mercados cercanos. Además, una infraestructura adecuada incrementará la afluencia de turistas, lo que beneficiará la economía local. Por otro lado, el diseño de una vía funcional y segura contribuirá a fortalecer el tejido social de la comunidad, brindando mejores condiciones para su desarrollo sostenible.

Es importante destacar que la optimización de esta vía no solo tiene beneficios para los residentes y turistas, sino que además habrá un impacto efectivo en el desarrollo económico local (Roldan Zabala, 2024). Una vía eficiente y en buen estado facilita el acceso a los comercios, servicios y actividades económicas de la zona, lo que contribuye al bienestar de la comunidad. Además, el progreso de la infraestructura vial también favorecerá la circulación de automóviles comerciales y de carga, lo cual es esencial dentro de la logística de la región. Así, la restauración de esta vía representa una inversión estratégica en la infraestructura de la zona, con efectos positivos tanto a corto como a largo plazo (Soto Arauzo, 2024).

La intervención no solo se enfocará en la reparación de los daños visibles en la calzada, sino que también buscará optimizar la estructura de la vía, mejorando su capacidad de carga y garantizando su durabilidad durante el constante tráfico vehicular y las condiciones ambientales de la región. Un diseño adecuado de la restauración permitirá que la vía se adapte a las necesidades actuales de la comunidad, pero también que sea capaz de responder a los requerimientos futuros, en especial con respecto al crecimiento del tráfico vehicular, un factor crucial en una zona de alto tránsito como lo es esta vía de acceso (Carrillo Vieira, 2025).

De esta manera, la restauración y optimización de la vía representa una intervención estratégica para mejorar no solo la disposición de vida de los habitantes, sino también para fomentar el progreso económico y social de la comuna. El proyecto contribuirá a la seguridad vial, la deflación de accidentes y la optimización del tiempo de desplazamiento, lo que tendrá un impacto positivo en todos los usuarios de la vía.

Además de los beneficios directos para los usuarios de la vía, el diseño de esta infraestructura vial jugará un papel crucial en la sostenibilidad del desarrollo de la zona. Una vía en buen estado no solo perfecciona la eficacia en la vida de los habitantes locales, sino que también facilita el flujo de turistas, lo que puede generar oportunidades de crecimiento económico a través del incremento de la actividad comercial y el acceso a servicios (Quiroz Hidalgo & Vargas Montoro, 2024).

Dada la importancia de esta vía como acceso principal a la zona, su correcta optimización contribuirá a asegurar la conectividad entre diferentes puntos clave de la región, favoreciendo tanto la movilidad de los residentes como la atracción de visitantes a la zona. En este sentido, la intervención vial no solo busca una mejora inmediata en las condiciones de circulación, sino también una planificación adecuada que considere las necesidades futuras de la región, permitiendo un desarrollo ordenado y eficiente del territorio.

1.2 Problemática

La avenida en estudio, como principal vía de acceso a la comuna Palmar, ha sufrido un notable deterioro debido a diversos factores relacionados con el alto tráfico vehicular, condiciones climáticas y la falta de mantenimiento adecuado a lo largo del tiempo. Esta vía de estudio que comprende una longitud aproximada de 1km desde la autopista E-15 hasta el Hotel Palmar, que se ha convertido en un eje crucial para la

movilidad de residentes y turistas, presenta una serie de deficiencias estructurales que afectan su funcionalidad y seguridad. Los baches, grietas y hundimientos son algunos de los problemas más evidentes, los cuales no solo inciden en la bienestar y seguridad de los choferes, sino que también ponen en riesgo la integridad de los vehículos y afectan la eficacia de la carga en la zona.

El tráfico vehicular recurrente, que incluye tanto el flujo local como el generado por los turistas que visitan la zona, contribuye en gran medida a este deterioro. La avenida, al ser un punto de acceso principal y una de las rutas más utilizadas, enfrenta un desgaste acelerado debido al paso constante de vehículos pesados, además de las fluctuaciones climáticas que provocan el desgaste del pavimento. Estas condiciones han llevado a una situación donde la vía ya no es capaz de soportar adecuadamente la carga vehicular diaria, resultando en una infraestructura vial que requiere urgente atención para garantizar tanto su funcionalidad como la seguridad de los usuarios, en la Comuna Palmar se cuenta con asentamiento de origen huancavilca de aproximadamente 6.000 habitantes, esta se localiza en la costa ecuatoriana, específicamente en la parroquia Colonche, dentro del cantón Santa Elena, en la provincia de Santa Elena. Esta municipalidad fue establecida el 22 de febrero de 1936 y, a través del Acuerdo Ministerial No. 185 del 22 de febrero de 1938, se reconocen sus derechos ancestrales o consuetudinarios conforme a lo estipulado en la Ley de Organización y Régimen de Comunas y en la Constitución de la República del Ecuador (Ecuador , 1971).

El mal estado de la vía no solo impacta a los residentes, sino también a los visitantes, quienes al enfrentarse a una circulación inadecuada pueden tener una mala impresión del lugar, afectando así la percepción del destino turístico. La falta de una vía en condiciones óptimas puede generar inconvenientes en los tiempos de traslado, aumentar el riesgo de accidentes y dificultar la circulación eficiente. Además, el deterioro

de la avenida afecta negativamente la economía local, ya que limita la movilidad de los productos y servicios dentro y fuera de la zona, lo cual podría repercutir en los comercios y otras actividades que dependen de una infraestructura vial adecuada para su funcionamiento (Romero Guevara, 2023).

Es evidente que este deterioro es consecuencia de la falta de una planificación de mantenimiento a largo plazo y la incapacidad de la infraestructura para soportar el volumen de tráfico que recorre por ella. La separación de trabajos de restitución y la falta de estudios previos que permitan determinar las características del suelo y la estructura necesaria para soportar el tráfico actual han contribuido a agravar la situación. A lo largo del tiempo, la avenida ha sido sometida a reparaciones puntuales que no han logrado solucionar de manera definitiva los problemas estructurales, lo que ha generado un círculo vicioso de reparaciones temporales sin una solución integral (López, 2024).

Este escenario de deterioro de la vía no solo requiere una intervención inmediata para mejorar la calidad de circulación, sino también una planificación a largo plazo que contemple el análisis de la estructura vial existente, el tipo de material adecuado para su diseño y la correcta distribución de los recursos para una reparación sostenible (Astete Tebes, 2024). Sin una intervención adecuada, la situación podría empeorar, lo que podría traer consigo mayores problemas de seguridad, más costos de mantenimiento y, en última instancia, una afectación a la aptitud de vida de las poblaciones de la zona y los turistas que la visitan.

Por lo tanto, es urgente un proyecto que permita una intervención a la avenida a un nivel funcional óptimo, con una intervención que no solo repare los daños visibles, sino que considere la sustentabilidad a largo plazo de la infraestructura vial. Esta rehabilitación debe responder a los requerimientos del tráfico actual, así como a las

proyecciones futuras, con el objetivo de asegurar que la vía cumpla su rol de manera eficiente y segura, tanto para los residentes como para los visitantes.

Figura 1

Condiciones actuales de la vía – tramo 1



Nota. Imagen tomada por el autor

Figura 2

Condiciones actuales de la vía – tramo 2



Nota. Imagen tomada por el autor

Figura 3

Condiciones actuales de la vía – tramo 3



Nota. Imagen tomada por el autor

Figura 4

Condiciones actuales de la vía – tramo 4



Nota. Imagen tomada por el autor

1.3 Delimitación del problema

1.3.1 Delimitación espacial

La delimitación espacial del proyecto de diseño vial de la Av. 16 de Julio cubre un tramo de 1 km de longitud, ubicado en el cantón Santa Elena, específicamente desde la intersección con la Autopista E-15 hasta el área contigua al Hotel Palmar. Esta distancia define el alcance de la intervención dentro del contexto urbano y vial de la zona.

El proyecto busca optimizar las condiciones de circulación en este tramo, mejorando la infraestructura vial existente mediante la reconfiguración de los carriles, la adecuación de espacios peatonales y la implementación de medidas para incrementar la seguridad vial. La delimitación espacial, en este caso, es esencial para enfocar los esfuerzos de intervención en un segmento clave para la conectividad entre diferentes puntos de la región, asegurando un flujo vehicular más eficiente y una mayor accesibilidad para los usuarios.

Este tramo específico fue seleccionado debido a su relevancia dentro de la red vial del cantón, así como por su importancia para el tránsito local y regional, conectando áreas residenciales, comerciales y de transporte en Santa Elena. La delimitación permite una planificación detallada de las acciones necesarias, facilitando la gestión de recursos y la ejecución de las obras dentro de un área bien definida.

1.3.2 Delimitación temporal

La delimitación temporal del proyecto de diseño vial para la Av. 16 de Julio, en el tramo que va desde la Autopista E-15 hasta las proximidades del Hotel Palmar, se concentra exclusivamente en la elaboración de un diseño vial que pueda ser considerado para futuras intervenciones viales.

El proceso se focaliza en el desarrollo de las propuestas de diseño y en el análisis detallado de las condiciones actuales de la vía, así como en la identificación de posibles mejoras en términos de seguridad vial, movilidad y eficiencia del tráfico. Este proyecto abarca exclusivamente la fase de diseño geométrico y planificación vial, con un plazo estimado de 4 meses.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Realizar diseño geométrico y constitutivo para la Av. 16 de Julio, desde la Autopista E-15 hasta el Hotel Palmar, Cantón Santa Elena.

1.4.2 Objetivos específicos

- Ejecutar el levantamiento de datos topográficos de la Av. 16 de Julio, desde la Autopista E-15 hasta el Hotel Palmar, Cantón Santa Elena.
- Trazar el diseño vial de la Av. 16 de Julio, acorde a las normativas presentes del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOB).
- Realizar análisis de tráfico para identificar las condiciones del flujo vehicular del área.

1.5 Justificación

La Av. 16 de Julio es una de las vitales vías de acceso a la comuna Palmar, situada en el cantón Santa Elena, división de Santa Elena. Esta arteria vial conecta diversas áreas de la ciudad y sirve como una de las principales rutas tanto para coches privados como para la movilización pública. Sin embargo, el estado actual de la vía presenta serias

dificultades que afectan tanto la seguridad vial como la eficacia del tráfico, convirtiéndola en una prioridad para su diseño.

Actualmente, la construcción vial de la Av. 16 de Julio se visualiza deteriorada. El pavimento presenta grietas, baches y hundimientos, lo que no solo genera un riesgo constante de accidentes, sino que también aumenta la congestión vehicular y los tiempos de tránsito. Según un estudio realizado por la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) en 2022, el mal estado de las vías urbanas en Ecuador es responsable de un 25% de los accidentes de tránsito en áreas metropolitanas (Sulqui Narvaez, 2024). En este contexto, el diseño de esta vía no solo es necesaria para mejorar las condiciones de seguridad, sino también para optimizar el flujo vehicular, reducir los tiempos de desplazamiento y minimizar las emisiones contaminantes derivadas de la congestión.

Además de la problemática del pavimento, la infraestructura peatonal es insuficiente. Las aceras son estrechas, en su mayoría están mal diseñadas y no cumplen con las normativas de accesibilidad para personas con movilidad reducida. Esta falta de adecuación para peatones agrava la situación, incrementando el riesgo de accidentes, especialmente en una zona con un flujo considerable de personas, incluidas muchas que se desplazan a pie debido a la limitación del transporte privado.

La comuna Palmar, con un promedio de habitantes 6000 habitantes, es una zona de alta densidad poblacional. Teniendo en cuenta el último censo del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), más del 50% de los residentes de Palmar dependen de la Av. 16 de Julio para acceder al transporte público, al comercio local y a valores esenciales (Cano Navarrete, y otros, 2024). Diariamente, más de 335 vehículos transitan por esta vía. Este alto volumen de tránsito no solo incrementa el riesgo de accidentes, sino que también genera retrasos significativos en el transporte público y privado.

En consecuencia, el diseño de esta avenida no solo mejorará la seguridad vial, sino que también aliviará la congestión, reducirá el tiempo de viaje y mejorará la accesibilidad a los servicios básicos.

La intervención en la Av. 16 de Julio debe alinearse con las políticas públicas de movilidad sostenible que se están promoviendo a nivel nacional y local. En ciudades como Quito y Cuenca, se han implementado exitosamente proyectos de diseño vial que incorporan carriles exclusivos para transporte público, ciclo vía y áreas peatonales más amplias, con el objetivo de promover alternativas de transporte menos contaminantes y mejorar la calidad de vida urbana. En un estudio reciente realizado por la Fundación Ecuatoriana de Movilidad Sostenible (FEMOS), se destaca que la incorporación de ciclo vía y el fomento del uso del transporte público puede reducir hasta un 15% la congestión vehicular en las ciudades ecuatorianas, al mismo tiempo que se reduce la huella de carbono del transporte urbano (Hernández Latorre, Villacís, & Flores, 2024).

El diseño de la Av. 16 de Julio no solo tiene un impacto directo en la seguridad vial y la eficiencia del tránsito, sino que también tendrá un impacto positivo en la economía local. Una publicación realizada por la Cámara de Comercio de Guayaquil en 2021 señaló que la mejora de la infraestructura vial en zonas comerciales incrementa la circulación de individuos, favoreciendo el progreso económico de los comercios locales. Este impacto económico se reflejaría en un mayor acceso a los servicios comerciales de la comuna, beneficiando especialmente a pequeñas y medianas empresas que dependen del tráfico constante de clientes y proveedores (Litardo S. & Villavicencio M., 2021).

De igual manera, un proyecto bien diseñado, que contemple la mejora de la infraestructura peatonal y la implementación de carriles exclusivos para transporte público, contribuiría a la sostenibilidad de la comuna. La incorporación de estos

elementos alinearía el proyecto con los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo Urbano, que promueve la creación de ciudades más sostenibles y accesibles, en consonancia con las políticas de movilidad urbana sustentable del país.

A nivel global, la tendencia es clara: las ciudades que invierten en infraestructura vial adecuada y en movilidad sostenible ven un adelanto significativo en la disposición de vida de sus habitantes (en Acción, 2017).

1.6 Marco hipotético

¿Cómo afecta el estado de la Av. 16 de Julio en la seguridad vial de peatones, conductores y ciclistas que utilizan esta vía para desplazarse dentro de Palmar?

¿Qué mecanismos de mantenimiento preventivo podrían integrarse en el diseño para asegurar que la vía se mantenga en buen estado durante su vida útil, evitando costosas reparaciones a largo plazo?

¿El diseño de la vía contempla medidas de accesibilidad para personas con discapacidad, garantizando que todos los usuarios puedan utilizarla de manera segura?

2 CAPITULO II

2.1 Marco teórico

2.1.1 Propiedades geotécnicas del suelo

El estudio detallado de las propiedades geotécnicas del suelo constituye una base primordial para garantizar el éxito en cualquier proyecto de infraestructura vial. Estas características físicas y mecánicas determinan la cabida del terreno para aguantar las cargas estructurales y las fuerzas dinámicas impuestas por el tránsito vehicular, además de garantizar la estabilidad de las estructuras durante su vida útil (Chavarria A., 2018)

Los parámetros geotécnicos más importantes incluyen los relacionados con la capacidad portante, drenaje, cohesión, fricción interna, plasticidad, y compactación, cada uno fundamental para el diseño y construcción (Dueñas E., 2023)

- **Capacidad Portante**

La cabida portante del suelo define el nivel máximo de carga que puede ser aplicado sobre su superficie sin provocar un fallo estructural. Este aspecto crítico se evalúa mediante procedimientos estandarizados como:

- **Ensayo de penetración estándar (SPT)**

Este método consiste en introducir un cilindro metálico en el terreno mediante golpes controlados, utilizando un martillo estandarizado. El conteo de golpes necesarios para penetrar una hondura específica (generalmente 30 cm) proporciona una predicción directa de la firmeza del suelo. Este ensayo es crucial para clasificar suelos y evaluar si requieren estabilización o refuerzo adicional (Zavaleta Benites & Aponte Sánchez, 2019).

- **Ensayo de placa de carga**

En este procedimiento, una placa metálica rígida se coloca sobre el suelo y se somete a cargas progresivas. Las deformaciones resultantes permiten calcular el módulo de reacción del terreno, un parámetro esencial para establecer la capacidad de apoyo en proyectos de carreteras, particularmente en bases y subbases (Chancuaña Minga & Jave Huamán, 2024).

- **Drenaje y Permeabilidad**

El procedimiento del suelo ante la muestra de agua es otro factor determinante en el diseño vial (Arias Orozco & Manrique Martinez, 2022). La acumulación de agua en las capas inferiores puede debilitar la estructura, por lo que es vital examinar la permeabilidad:

- **Ensayos de laboratorio**

Empleando permeámetros de carga invariable o variable, se determina el factor de filtración en suelos granulares y cohesivos, identificando la capacidad del agua para moverse a través de los poros del material (Espina Gómez, 2024).

- **Pruebas de campo**

Los métodos in situ, como las pruebas de bombeo o infiltración, complementan los datos de laboratorio y son esenciales para sistemas de drenaje complejos (Soto Cánovas, 2023).

- **Cohesión y Fricción Interna**

Las propiedades de enlace y fricción interna controlan la estabilidad del suelo bajo esfuerzos externos:

Cohesión (c): Representa la fuerza de atracción entre partículas, predominante en suelos arcillosos.

Fricción interna (ϕ): Este ángulo define la resistencia al deslizamiento entre partículas de suelos granulares. Su evaluación mediante ensayos de corte directo o triaxial es clave para diseñar taludes y cimentaciones.

2.2 Clasificación de los suelos

2.2.1 Sistema AASTHO

Figura 5

Clasificación de los suelos según la ASTM

| Clasificación General | Material Granular | | | | | | Material limo arcillosos | | | | | |
|--|---------------------------------------|---------|---------------------------------------|---------|---------|---------|--------------------------|----------------|-------------------|---------|---------|--|
| | A-1 | | A-2 | | | | A-3 | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 | |
| Grupos | A-1a | A-1b | A-2-4 | A-2-6 | | A-3 | A-4 | A-5 | A-6 | A-7-5 | A-7-6 | |
| Subgrupos | A-1a | A-1b | A-2-4 | A-2-6 | | A-3 | A-4 | A-5 | A-6 | A-7-5 | A-7-6 | |
| % pasante | | | | | | | | | | | | |
| #10 | 50% max | | | | | | | | | | | |
| #40 | 30% max | 50% max | | | | | 51% min | | | | | |
| #200 | 15% max | 25% max | 35% max | 35% max | 35% max | 35% max | 10% max | 36% max | 36% max | 36% max | 36% max | |
| Característica del material que pasa por el tamiz #40 | | | | | | | | | | | | |
| LL | | | 40% max | 41% max | 40% max | 41% max | <u>NP</u> | 40% max | 41% max | 40% max | 41% max | |
| LP | 6% max | 6% max | 10% max | 10% max | 11% max | 11% max | | 10% max | 10% max | 11% max | 11% max | |
| IG | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 max | 4 max | 0 | 8 max | 12 max | 16 max | 20 max | |
| Tipo de material | Fragmentos pétreos de gravas y arenas | | Gravas y arenas, limosas y arcillosas | | | | Arena fina | Suelos limosos | Suelos arcillosos | | | |

Nota. Tomada de la normativa (ASTM D-3282, 2024)

La clasificación AASHTO organiza los suelos en materiales granulares y limo-arcillosos, considerando su uso en estructuras de pavimentos. Este método categoriza las

superficies en siete grupos primordiales (A-1 a A-7) y varios subgrupos, según sus propiedades físicas y mecánicas (Gallegos Pandacina, 2022).

Material granular: Incluye los grupos A-1, A-2 y A-3. Estos suelos tienen baja plasticidad y alta capacidad portante. Son ideales para subbases y bases de pavimentos.

Material limo-arcilloso: Incluye los conjuntos A-4 a A-7. Estos suelos tienen alta plasticidad y menor capacidad portante. Son menos adecuados para estructuras de pavimentos sin tratamiento (Arroyo Tejeda, 2021).

Parámetros clave: La clasificación se basa en la comisión de material que pasa por los tamices #10, #40 y #200, así como en los términos de liquidez (LL) y plasticidad (LP). Estos parámetros permiten determinar el índice de grupo (IG), que indica la aptitud del suelo para aplicaciones viales (Porta Rutte, 2023)

2.2.2 Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

El sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) agrupa los suelos según su textura y propiedades plásticas. Este sistema utiliza símbolos combinados para identificar el tipo de suelo, como:

Gravas (G): GP (mal graduadas), GW (bien graduadas).

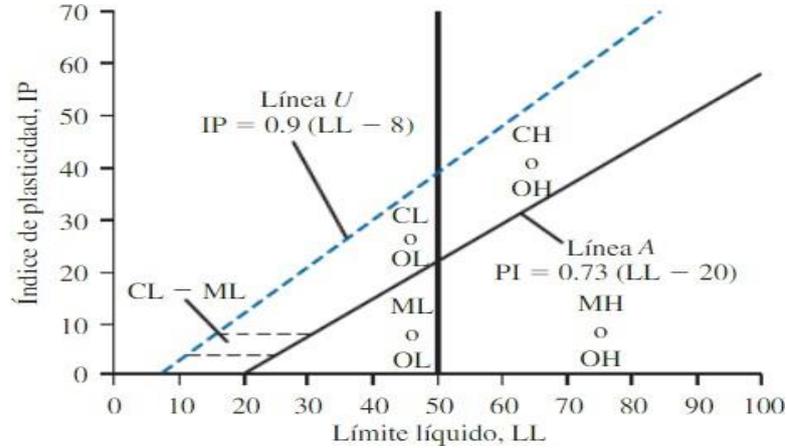
Arenas (S): SP (mal graduadas), SW (bien graduadas).

Limos (M) y arcillas (C): Clasificadas según su compresión y plasticidad. Suelos de baja plasticidad se identifican con la letra L y suelos de alta plasticidad con la letra H.

Mezclas: Combinaciones como SM (arena limosa) o GC (grava arcillosa) se incluyen para reflejar la complejidad de algunos suelos naturales.

Figura 6

Plasticidad de los suelos



Nota. Fundamentos de ingeniería de cimentaciones Séptima edición. (Das, 2015)

2.3 Límites de Atterberg

Determina el rango de humedad en el cual la superficie cambia entre estados sólido, plástico y líquido. Este análisis incluye:

Límite líquido (LL): Representa la humedad mínima para que la superficie pase de estado plástico a líquido.

Límite plástico (LP): Define el adjunto de agua necesario para que el suelo comience a deformarse sin romperse.

Índice de plasticidad (IP): La discrepancia entre LL y LP, que identifica la trabajabilidad del suelo y su capacidad para ser compactado.

Compactación y Densidad Relativa

La compactación mejora la capacidad portante y reduce la compresibilidad del suelo, aumentando su consistencia y eliminando vacíos. La densidad relativa es un parámetro crucial en suelos granulares, ya que describe su nivel de compactación en comparación con estados extremos (suelos y densos) (Echezuría, 2021).

2.4 Ensayo Proctor

Se monopoliza para establecer la consistencia máxima y el contenido óptimo de humedad de un suelo. Este ensayo es fundamental para establecer los parámetros de compactación durante la edificación de las capas estructurales del pavimento (Campos Zamata & Ramos Huichi, 2024). Los tipos de ensayo incluyen:

Proctor estándar: Se utiliza para suelos con baja densidad y aplicaciones menos exigentes.

Proctor modificado: Aplica una energía de compactación mayor y es ideal para suelos en estructuras de pavimento sometidas a tráfico pesado.

Los resultados permiten identificar la relación entre la densidad seca y el contenido de humedad, asegurando una compactación óptima que minimice asentamientos y garantice la estabilidad de la estructura.

Figura 7

Especificaciones de la prueba Proctor modificada (Norma ASTM D-1577)

| ELEMENTO | METODO A | METODO B | METODO C | METODO D |
|---------------------------------|--|--|--|--|
| Diámetro del molde | 101,6 mm | 152,4 mm | 101,6 mm | 152,4 mm |
| Volumen del molde | 943,3 cm ³ | 943,3 cm ³ | 943,3 cm ³ | 2124 cm ³ |
| Peso del martillo | 44,5 N | 44,5 N | 44,5 N | 44,5 N |
| Altura de la caída del martillo | 457,2 mm | 457,2 mm | 457,2 mm | 457,2 mm |
| Número de golpes de martillo | 25 | 56 | 25 | 56 |
| Número de Capas de Compactación | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Energía de Compactación | 2696 Kn*m/m ³ | 2697 Kn*m/m ³ | 2698 Kn*m/m ³ | 2699 Kn*m/m ³ |
| Suelo Utilizado | Porción que pasa el tamiz núm. 4 (4.57 mm). Puede ser utilizada si 20% o menos del peso de material es retenido en el tamiz núm. 4 | Porción que pasa el tamiz núm. 4 (4.57 mm). Puede ser utilizada si 20% o menos del peso de material es retenido en el tamiz núm. 4 | Porción que pasa el tamiz de 9.5 mm. Puede utilizarse si el suelo retenido en el tamiz núm. 4 es más de 20% y 20% o menos del peso es retenido en el tamiz de 9.5 mm | Porción que pasa el tamiz de 19 mm. Puede utilizarse si más de 20% del material es retenido en el tamiz de 9.5 mm y menos de 30% del peso es retenido en el tamiz de 19 mm |

Nota. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. (Das, 2015)

Figura 8

Comparaciones entre el Proctor estándar y modificado

| COMPARACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO VS PROCTOR ESTANDAR | | |
|---|--|--|
| AASHTO | T-99 | T-180 |
| Volumen del molde, m ³ | Método A, C: 0,000943 ±0,000008 Método B, D: 0,002124 ±0,000021 | Método A, C: 0,000943 ±0,000008 Método B, D: 0,002124 ±0,000021 |
| Diámetro del molde, mm | Método A, C: 101,6 ±0,41 Método B, D: 152,4 ±2,54 | Método A, C: 101,6 ±0,41 Método B, D: 152,4 ±2,54 |
| Altura del molde, mm | 116,43 ±0,13 | 116,43 ±0,13 |
| Altura del collar desmontable, mm | 50,80 ±0,64 | 50,80 ±0,64 |
| Diámetro del pistón, mm | 50,8 | 50,8 |
| Masa del pistón, kg | 2495 | 4536 |
| Altura de caída | 305 | 457 |
| Capas | 3 | 5 |
| Golpes por capas | Método A, C: 25 Método B, D: 56 | Método A, C: 25 Método B, D: 56 |
| Tamaño del material, mm | Método A, C: mínimo 4,75 Método B, D: mínimo 19,0 | Método A, C: mínimo 4,75 Método B, D: mínimo 19,0 |
| Tamaño de la muestra, Kg | Método A: 3 | Método A: 7 |
| Energía KN -m / m ³ | Método A: 5(1) 592 | Método A: 11(1) 2693 |

Nota. AASHTO T-180

2.5 Ensayo California Bearing Ratio (CBR)

Es un método ampliamente utilizado para determinar la capacidad de soporte de las superficies y materia prima granulares bajo situaciones de carga controladas. Este ensayo es esencial en el diseño de suelos, ya que los resultados obtenidos permiten calcular los espesores adecuados de las capas estructurales para avalar la durabilidad y funcionalidad de la vía (Bobadilla Sánchez & Huamán Changanquí, 2024).

El ensayo se lleva a cabo compactando modelos de suelo en moldes estandarizados, ajustándolas a las condiciones óptimas de humedad y consistencia previamente determinadas. Posteriormente, se aplica una gabela progresiva mediante un pistón estándar, midiendo la penetración a diferentes niveles de carga. El índice CBR se calcula como la proporción de la presión necesaria para causar una penetración específica en la muestra, comparado con un material de referencia (normalmente piedra triturada) (Campoverde Zeas, 2024).

Los valores del índice CBR se interpretan de la siguiente manera:

- **CBR superior al 20%:** Estos valores indican que el suelo es apto para ser monopolizado como base o subbase sin necesidad de modificaciones significativas.
- **CBR entre 5% y 20%:** Suelos con capacidad de soporte moderada que podrían requerir estabilización para su uso en capas de pavimento.
- **CBR inferior al 5%:** Materiales con baja resistencia que deben ser reemplazados o tratados mediante técnicas como la adición de cal, cemento o mezclas asfálticas.

El análisis de CBR es una herramienta clave para optimizar los recursos materiales en proyectos de infraestructura. Permite seleccionar los materiales más adecuados y diseñar espesores óptimos que aseguren un desempeño eficiente y económico del pavimento bajo las condiciones de tráfico y clima esperadas (LEYVA CHOQUE, 2024).

Figura 9

Sistema de clasificación de suelos según su valor de CBR

| SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SU VALOR DE CBR | | | | |
|--|-----------------------|------------------|------------------------|----------------------|
| CBR | CLASIFICACION GENERAL | USOS | SISTEMA UNIFICADO | |
| | | | UNIFICADO | AASHTO |
| 0 - 3 | Muy Pobre | Sub-rasante | OH, CH, MH, OL | A5, A6, A7 |
| 3 - 7 | Pobre a Regular | Sub-rasante | OH, CH, MH, OL | A4, A5, A6, A7 |
| 7 - 20 | Regular | Sub-base | OL, CL, ML, SC, SM, SP | A2, A4, A6, A7 |
| 20 - 50 | Bueno | Base, Subbase | GM, GC, GW, SM, SP, GP | A1-b, A2-5, A3, A2-6 |
| > 50 | Excelente | Base | GW, GM | A1-a, A2-4, A3 |

Nota. Manual de laboratorio de suelos de Joseph Bowle

2.6 Topografía

2.6.1 Tipos de terrenos

La clasificación del terreno según su relieve es crucial para definir el trazado geométrico de la vía. Los tipos de terrenos más comunes son:

Planos: Ofrecen condiciones ideales para el diseño vial, con menores costos de movimiento de tierra y menor complejidad constructiva.

Ondulados: Requieren ajustes en el diseño geométrico, como la implementación de pendientes moderadas y curvas horizontales.

Escarpaos: Presentan mayores desafíos técnicos debido a la necesidad de cortes, rellenos y obras de contención.

El análisis topográfico permite optimizar el trazado, minimizando los impactos ambientales y los costos de construcción.

2.7 Clasificación de las carreteras

2.7.1 Tipos de carreteras

Según su diseño y funcionalidad, las carreteras se dividen en:

Urbanas: Diseñadas para manejar densidades de tráfico elevadas, con velocidades moderadas y características específicas como avenidas, intersecciones señalizadas y pasos peatonales (Priale Romero & Reyes Aliaga, 2024)

Rurales: Conectan áreas interurbanas, operan con densidades de tráfico más bajas y permiten velocidades de operación más altas debido a su menor interacción con zonas habitadas (Soto Fuentes, 2022).

2.7.2 Carreteras según su funcionamiento

Primarias: Infraestructuras principales que enlazan centros urbanos mayores y facilitan el transporte nacional de bienes y personas. Su diseño prioriza la capacidad y la durabilidad.

Secundarias: Sirven para conectar localidades intermedias, actuando como vías de distribución entre redes primarias y terciarias.

Terciarias: Accesos locales que generalmente presentan diseños más simples y pavimentos económicos, adaptados para soportar menores volúmenes de tráfico.

Las especificaciones geométricas y estructurales varían según la clasificación funcional, asegurando que cada tipo de carretera cumpla con su propósito.

2.7.3 Carreteras según su diseño

- Camino básico

Figura 10

Camino Básico



Nota. (NEVI-12. MTOP, 2013, p. 65)

- Carretera convencional básica

Figura 11

Carretera convencional básica

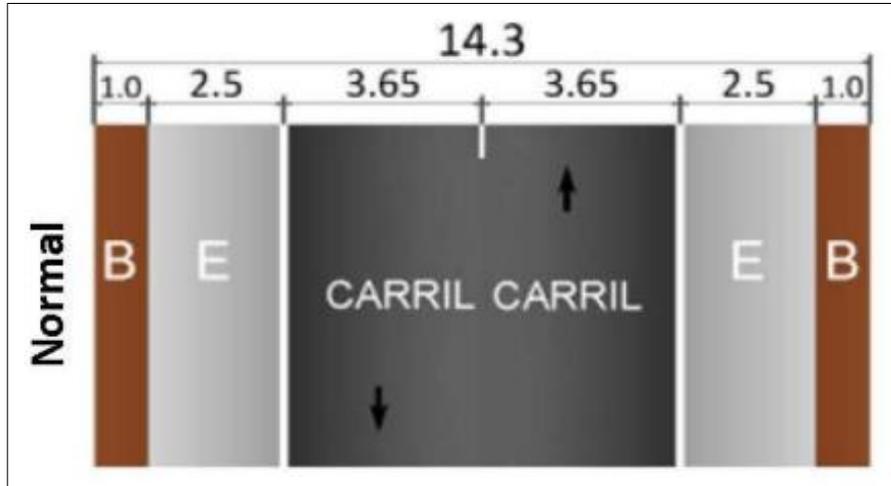


Nota. (NEVI-12. MTOP, 2013, p. 65)

- Carretera de Mediana Capacidad (Normal)

Figura 12

Carretera de mediana capacidad (Normal)

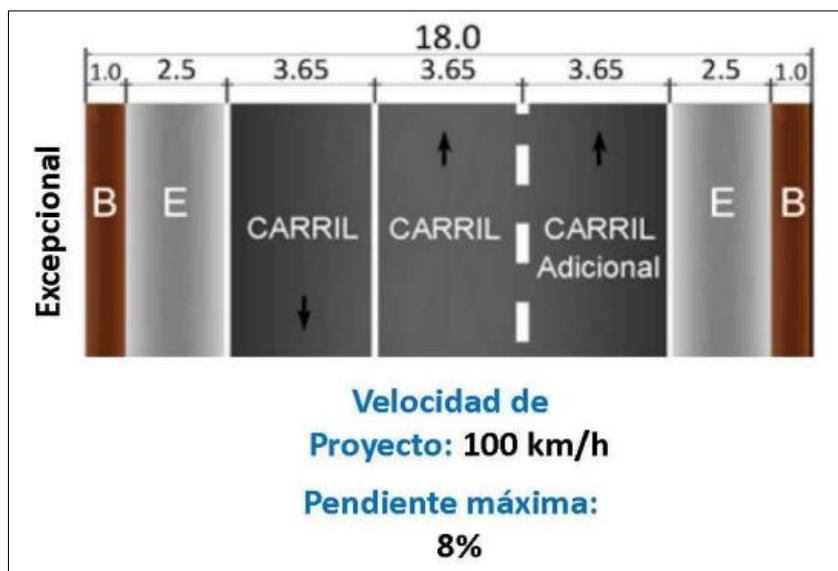


Nota. (NEVI-12. MTOP, 2013, p. 66)

- Carretera de mediana capacidad (Excepcional)

Figura 13

Carretera de mediana capacidad (Excepcional)

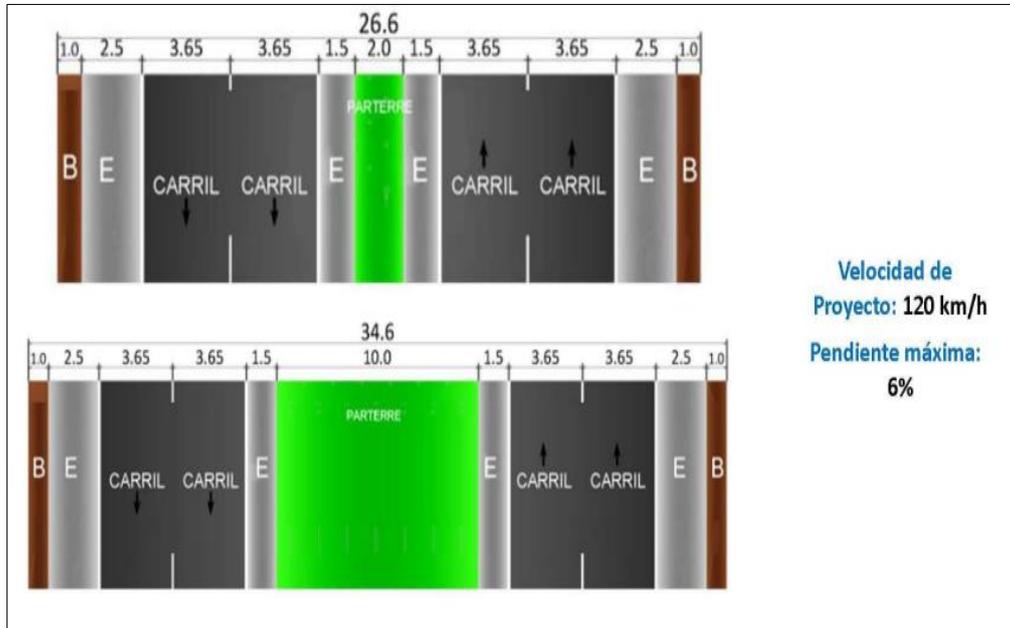


Nota. (NEVI-12. MTOP, 2013, p. 65)

- **Vías de alta capacidad interurbana**

Figura 14

Vías de alta capacidad interurbana



Nota. (NEVI-12. MTOP, 2013, p. 67)

2.8 Tráfico

2.8.1 Tráfico promedio diario anual (TPDA)

El análisis de tráfico es un mecanismo esencial en el diseño y organización de carreteras, ya que permite estimar el volumen vehicular actual y futuro. Esto garantiza que la infraestructura propuesta pueda soportar las demandas de tránsito durante su vida útil (Celis Odar & Soto Castro, 2024).

El TPDA es un indicador clave en el diseño vial, ya que irradia el volumen promedio de vehículos que transitan por una vía a lo largo del período. Su cálculo considera conteos vehiculares realizados en diferentes periodos, ajustados por factores estacionales y horarios. Este parámetro es fundamental para dimensionar la capacidad de la vía y proyectar el desgaste de las capas de pavimento (Celis Odar & Soto Castro, 2024).

El cálculo del TPDA sigue una metodología precisa que incluye:

Obtención de datos de conteo vehicular: Los conteos deben realizarse en múltiples puntos representativos de la vía, abarcando diferentes horarios y días de la semana, comprendidos entre días festivos y fines de semana.

Ajustes por variaciones estacionales: Los datos obtenidos se corrigen mediante factores de ajuste estacional que reflejan los cambios en los patrones de tráfico según las estaciones del año.

Figura 15

Clasificación funcional de las vías en base al TPDA

| Clasificación Funcional de las Vías en base al TPDA_d | | | |
|--|--------------------------------|---|------------------------|
| Descripción | Clasificación Funcional | Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA_d) al año de horizonte | |
| | | Límite Inferior | Límite Superior |
| Autopista | AP2 | 80000 | 120000 |
| | AP1 | 50000 | 80000 |
| Autovía o Carretera Multicarril | AV2 | 26000 | 50000 |
| | AV1 | 8000 | 26000 |
| Carretera de 2 carriles | C1 | 1000 | 8000 |
| | C2 | 500 | 1000 |
| | C3 | 0 | 500 |

Nota. Tomado de (NEVI-12. MTOP, 2013, pág. 64)

2.8.2 Importancia del TPDA

El TPDA no solo permite dimensionar la capacidad de la vía, sino también anticipar necesidades futuras. Un valor alto de TPDA puede indicar la necesidad de construir vías más amplias, incorporar carriles adicionales o implementar sistemas inteligentes de gestión del tráfico. Además, sirve como base para el diseño de intersecciones y puentes, garantizando que la infraestructura sea adecuada tanto para las demandas actuales como para las proyectadas.

2.8.3 Volumen de tráfico

El análisis detallado del volumen de tráfico incluye los siguientes aspectos:

Identificación de horas punta: La identificación precisa de las horas de mayor flujo vehicular permite diseñar soluciones específicas, como carriles reversibles, ampliaciones temporales y ajustes en los semáforos, que optimicen la circulación durante los picos de demanda. Esto también ayuda a prevenir congestionamientos y minimizar los tiempos de viaje en estas franjas horarias.

Distribución vehicular por tipo: La diferenciación entre vehículos livianos, como automóviles y motocicletas, y pesados, como camiones y autobuses, es fundamental debido al impacto desproporcionado que estos últimos generan en la estructura vial. Por ejemplo, los vehículos pesados contribuyen significativamente al desgaste del pavimento y requieren espesores adicionales en las capas estructurales. Este análisis también permite evaluar la necesidad de restricciones de horario para vehículos de carga (Pinto Vergara & Saldaña Huarcaya, 2023).

Proyecciones de tráfico futuro: Las proyecciones se basan en estudios económicos y demográficos, considerando factores como el crecimiento poblacional, la expansión urbana y las tendencias económicas locales. Estas estimaciones aseguran que el diseño de la carretera sea sostenible, evitando que la infraestructura quede obsoleta ante aumentos previstos en el volumen de tránsito. Herramientas de simulación, como PTV Vissim, ayudan a modelar estos escenarios futuros con mayor precisión (Cerna Rodas, Lozada Barbagelata, & Retuerto Cordova, 2021).

2.9 Característica geométrica de una vía

Las características geométricas son elementos esenciales que influyen directamente en la seguridad, eficiencia y funcionalidad del tránsito. Un diseño adecuado permite avalar la comodidad de los beneficiarios y reducir las inseguridades de accidentes. Estas características están reguladas por normativas nacionales e internacionales, las cuales establecen parámetros mínimos y recomendados según el tipo y función de la carretera (Macías Freire, 2024).

2.9.1 Elementos geométricos principales

Radios mínimos de curva: Los radios de curva determinan la comodidad y seguridad del trazado horizontal de la vía. Un radio insuficiente puede generar incomodidad en los usuarios, aumentar las probabilidades de accidentes y limitar las velocidades de operación. En carreteras de alta velocidad, se diseñan radios más amplios que permitan una transformación suave y segura para los coches (Lumba Bernal, 2024).

Pendientes máximas: Las pendientes afectan la capacidad de tránsito, especialmente para vehículos pesados. Pendientes pronunciadas pueden ocasionar pérdida de control en descensos o dificultades para ascender. Por esta razón, las normativas establecen valores máximos que oscilan entre el 6% y el 10%, dependiendo del tipo de carretera y el entorno geográfico (Hurtado Crespo, 2023).

Anchos de carril y bermas: El ancho de los carriles y las bermas debe ser suficiente para acomodar los vehículos de manera segura, incluso en situaciones de emergencia. En carreteras principales, los anchos de carril típicos varían entre 3,5 y 3,75 metros, mientras que las bermas deben ser lo justamente amplias para consentir el estacionamiento o maniobras de emergencia sin obstruir el flujo de tráfico (Celis Casterno, 2022).

La visibilidad es un parámetro crítico para avalar la seguridad vial, particularmente en tramos con curvas, intersecciones y pendientes. Los trayectos mínimos de claridad de parada y adelantamiento se calculan en función de la velocidad de diseño y las condiciones del terreno, asegurando que los conductores puedan reaccionar ante imprevistos (Sánchez Carrillo & Rincón Rey, 2022).

El peralte, es una inclinación transversal aplicada en curvas para compensar las fuerzas centrífugas. Esta característica permite que los vehículos mantengan estabilidad a mayores velocidades. Además, las transiciones suaves entre diferentes formaciones garantizan un confort adecuado para los usuarios (Terrones Vera, 2024).

Figura 16

Velocidad de operación promedio

| VELOCIDAD DE DISEÑO Km/h | VELOCIDAD DE OPERACIÓN PROMEDIO Km/h VOLUMEN DE TRANSITO | | |
|--------------------------|--|-------|------|
| | BAJO | MEDIO | ALTO |
| 40 | 38 | 35 | 33 |
| 50 | 47 | 42 | 40 |
| 60 | 56 | 52 | 45 |
| 70 | 63 | 60 | 55 |
| 80 | 72 | 65 | 60 |
| 100 | 88 | 75 | - |
| 120 | 105 | 85 | - |

Nota. (NEVI-12-MTOP, 2013)

2.10 Software de diseño vial

El uso de herramientas tecnológicas permite optimizar el diseño y la organización de proyectos viales, mejorando la precisión, reduciendo costos y facilitando la toma de disposiciones basada en datos. Para la elaboración del diseño geométrico de este proyecto usaremos Civil 3D.

Civil 3D: Este software es líder en el diseño de infraestructuras viales gracias a su capacidad de modelar trazados tridimensionales detallados. Permite realizar análisis topográficos, diseñar alineaciones horizontales y verticales, generar secciones transversales y calcular volúmenes de movimiento de tierra con gran precisión. También facilita la integración con sistemas BIM, mejorando la colaboración entre disciplinas.

2.10.1 Ventajas adicionales de las herramientas tecnológicas

El uso de software especializado ofrece beneficios significativos, tales como:

- **Reducción de errores:** Los modelos digitales permiten identificar y corregir inconsistencias en las fases iniciales del diseño.
- **Simulación de escenarios:** Los programas permiten evaluar diferentes alternativas y escenarios de diseño, facilitando la selección de la opción más eficiente.
- **Optimización de recursos:** Las herramientas tecnológicas ayudan a calcular materiales, costos y tiempos de ejecución con mayor precisión, lo que se traduce en ahorros significativos durante la construcción.
- **Sostenibilidad:** Al integrar análisis ambientales, estos programas permiten diseñar proyectos más corteses con el medio ambiente y con mínimo impacto en las comunidades circundantes.

El progreso en tecnologías como la inteligencia artificial y el modelado predictivo está revolucionando el diseño vial. Estas herramientas no solo mejoran la eficiencia en las etapas de planificación y diseño, sino que también permiten prever comportamientos

futuros del tráfico y las infraestructuras, garantizando proyectos más duraderos y adaptables.

2.11 Diseño de pavimento

2.11.1 Pavimento flexible

Se compone de varias capas diseñadas para mercantilizar las cargas vehiculares hacia la subrasante, avalando una operación segura y duradera. Estas capas trabajan de manera conjunta para soportar el tráfico proyectado, minimizar el deterioro y proporcionar un plano de rodadura adecuada para los beneficiarios.

2.11.2 Componentes del pavimento flexible

- **Subrasante:** es la capa más honda del pavimento y sirve como base originario sobre la cual descansan las capas superiores. En proyectos de pavimentación, esta capa debe ser evaluada y mejorada, en caso de ser necesario, mediante técnicas de estabilización mecánica o química. Su cabida portante es fundamental, ya que influye directamente en el diseño y el espesor de las capas principales. La calidad de la subrasante se mide mediante ensayos como el CBR, que determina su resistencia bajo carga (Chancuaña Minga & Jave Huamán, 2024).
- **Subbase y base:** Estas son capas intermedias colocadas entre la subrasante y la carpeta asfáltica. La subbase está compuesta por materiales granulares seleccionados, mientras que la base puede ser granular o tratada con cemento. Estas capas distribuyen las cargas de modo igual hacia la subrasante, incrementando la resistencia estructural y protegiendo las capas inferiores de las tensiones formadas por el tráfico. Además, actúan como una barrera para el agua, reduciendo el riesgo de saturación en la subrasante.

- **Carpeta asfáltica:** es la capa superficial y visible del pavimento, diseñada para resistir el deterioro producido por el tráfico vehicular y las circunstancias climáticas. Se fabrica con una mezcla de agregados y ligante asfáltico, optimizada para garantizar durabilidad, resistencia a la fatiga y comodidad de rodadura. Esta capa debe ser impermeable para evitar la infiltración de agua y proporcionar un buen nivel de fricción para la seguridad de los usuarios (Galdos Valdivia & Rodríguez Valverde, 2022)

2.11.3 Consideraciones de diseño

El diseño de pavimentos flexibles está orientado a garantizar la funcionalidad y longevidad de la estructura vial. Para ello, se consideran los siguientes parámetros clave:

1. **Tráfico proyectado:** Se evalúa en términos de ejes equivalentes (EE), que representan el efecto acumulado de las cargas vehiculares a lo largo de la vida útil de la carretera. Es esencial para dimensionar el grosor de cada capa del piso.
2. **Condiciones climáticas:** Las temperaturas extremas y la presencia de agua afectan significativamente el desempeño del pavimento. Por lo tanto, es fundamental considerar estos factores en el diseño, seleccionando mezclas asfálticas y materiales que sean resistentes al envejecimiento térmico, la oxidación y los ciclos de enfriamiento y deshielo.
3. **Resultados de ensayos de materiales:** Pruebas como el CBR, el módulo resiliente y el ensayo Marshall proporcionan datos críticos sobre la calidad y comportamiento de los materiales utilizados. Estos ensayos aseguran que las propiedades mecánicas de los materiales cumplan con los requisitos estructurales del diseño.

2.11.4 Ventajas del pavimento flexible

- **Adaptabilidad:** Gracias a su estructura compuesta por múltiples capas, el pavimento flexible puede adaptarse a las deformaciones de la subrasante sin sufrir fallos inmediatos.
- **Rapidez en la construcción:** Este tipo de pavimento puede ser construido en etapas, permitiendo el uso parcial de la vía durante la ejecución del proyecto.
- **Facilidad de mantenimiento:** Las reparaciones de pavimentos flexibles son rápidas y económicas, ya que generalmente implican el diseño de la carpeta asfáltica sin necesidad de intervenir en las capas inferiores.

2.11.5 Retos en el diseño y construcción

- **Control de calidad:** Es fundamental garantizar que los materiales y procesos de construcción cumplan con los estándares establecidos, ya que cualquier falta puede enredar la durabilidad del pavimento.
- **Gestión de aguas:** La penetración de agua en las capas menores puede provocar debilitamiento de la estructura, por lo que es crucial incluir sistemas de drenaje adecuados.
- **Carga creciente:** Con el tiempo, el incremento en el tráfico y las cargas vehiculares puede superar las proyecciones iniciales, requiriendo estrategias de diseño que consideren márgenes de seguridad.

2.11.6 Innovaciones en pavimentos flexibles

En la actualidad, se están incorporando tecnologías avanzadas como:

- **Asfaltos modificados:** Mejora de las propiedades del ligante asfáltico mediante polímeros y aditivos para aumentar su resistencia y durabilidad.

- **Uso de materiales reciclados:** Incorporación de RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) para reducir precio y restar el impacto ambiental.

El pavimento flexible, al ser una solución versátil y eficiente, sigue siendo la opción predominante en la construcción de carreteras, adaptándose constantemente a las demandas del desarrollo vial moderno.

2.12 Marco legal

El marco legal que rige el esbozo y la edificación de construcción vial en Ecuador establece lineamientos claros para avalar la seguridad, funcionalidad y sostenibilidad de los proyectos. Este marco incluye tanto normativas nacionales como internacionales, que aseguran el cumplimiento de estándares técnicos y ambientales.

2.12.1 Normas del MTOP

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) es la autoridad principal que regula las especificaciones técnicas para el diseño, construcción y mantenimiento de carreteras en Ecuador (VIAL, 2013). Estas normas establecen:

- **Criterios geométricos:** Medidas imperceptibles y enormes para el diseño de alineaciones horizontales, verticales y secciones transversales, considerando la seguridad vial y la comodidad de los beneficiarios.
- **Especificaciones de materiales:** Requisitos para agregados, suelos, mezclas asfálticas y concretos, asegurando su calidad y durabilidad.
- **Procedimientos constructivos:** Métodos estándar para la ejecución de obras, desde el preparativo de la subrasante hasta la colocación de la carpeta asfáltica.

- **Control de calidad:** Directrices para la inspección y verificación durante todas las etapas del proyecto, garantizando que se efectúen las descripciones establecidas.

2.12.2 Especificaciones AASHTO

La Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO) proporciona estándares internacionales que son ampliamente utilizados en el diseño y evaluación de carreteras (Zokaie, 2000). Entre los aspectos más relevantes se incluyen:

- **Diseño estructural de pavimentos:** Métodos para calcular espesores óptimos de cada capa, basados en el tráfico proyectado y las situaciones de la tierra.
- **Criterios de diseño geométrico:** Lineamientos para garantizar la seguridad y eficiencia en las vías, concordar a velocidades y volúmenes de tráfico específicos.
- **Normas de carga vehicular:** Parámetros para el diseño de puentes y otras estructuras, asegurando su capacidad para soportar cargas máximas permitidas

2.12.3 Normas ASTM

La Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM) establece especificaciones técnicas para la precisión y ensayo de materia prima utilizados en infraestructura vial (ASTM-1577, – 20). Estas normas incluyen:

- **Ensayos de suelos y agregados:** Pruebas como granulometría, límites de Atterberg, CBR y módulo resiliente, esenciales para valorar la disposición de los materiales de edificación.
- **Control de calidad de mezclas asfálticas:** Métodos para verificar propiedades como estabilidad, flujo y resistencia al envejecimiento.

- **Especificaciones de ligantes asfálticos:** Requisitos para asegurar el desempeño de los asfaltos bajo diversas condiciones climáticas y de carga.
- **Consideraciones ambientales y sociales:** Además de las especificaciones técnicas, el marco legal incluye normativas relacionadas con la sostenibilidad y el impacto ambiental.
- **Evaluaciones de impacto ambiental:** Estudios que identifiquen y mitiguen efectos perjudiciales en el ambiente natural y social.
- **Uso de materiales reciclados:** Fomento de prácticas sostenibles, como el reciclaje de pavimentos existentes.
- **Consulta con comunidades:** Procesos de participación ciudadana para garantizar que las obras beneficien a las comunidades locales y respeten sus derechos.

Importancia del cumplimiento normativo

El cumplimiento de las normativas nacionales e internacionales no solo asegura la calidad técnica de los proyectos, sino que también protege el bienestar de los usuarios y minimiza riesgos legales. La integración de estos estándares en todos los cursos del proyecto, desde la organización hasta la maniobra, es clave para avalar la sostenibilidad y el éxito de las construcciones viales en el país.

3 CAPITULO III

3.1 Marco metodológico

3.1.1 Situación actual del sector

El sector en estudio corresponde a una vía que conecta áreas residenciales, comerciales y turísticas cercanas al Hotel Palmar, ubicado en la Comuna Palmar. Actualmente, la vía presenta deficiencias en su infraestructura, tales como irregularidades en el trazado geométrico, falta de pavimentación adecuada y sistemas de drenaje insuficientes. Esto afecta directamente la transpirabilidad, tanto para vehículos como para peatones, incrementando los tiempos de viaje y reduciendo la seguridad vial.

El flujo vehicular en la zona está compuesto principalmente por vehículos livianos, transporte público y de carga pequeña, lo que genera una demanda constante que el diseño vial actual no puede satisfacer eficientemente. Además, la presencia de establecimientos turísticos en las inmediaciones aumenta la importancia de un diseño geométrico que garantice conectividad y accesibilidad en el sector.

3.1.2 Ubicación del proyecto

La Av. 16 de Julio se encuentra ubicada en la Comuna Palmar, Cantón Santa Elena, entre la Autopista E-15 y la Playa de Palmar. La ubicación específica del tramo de la vía de estudio se encuentra delimitada por coordenadas proporcionadas en un sistema de referencia geográfico (UTM).

Tabla 1

Coordenadas UTM de la vía de estudio

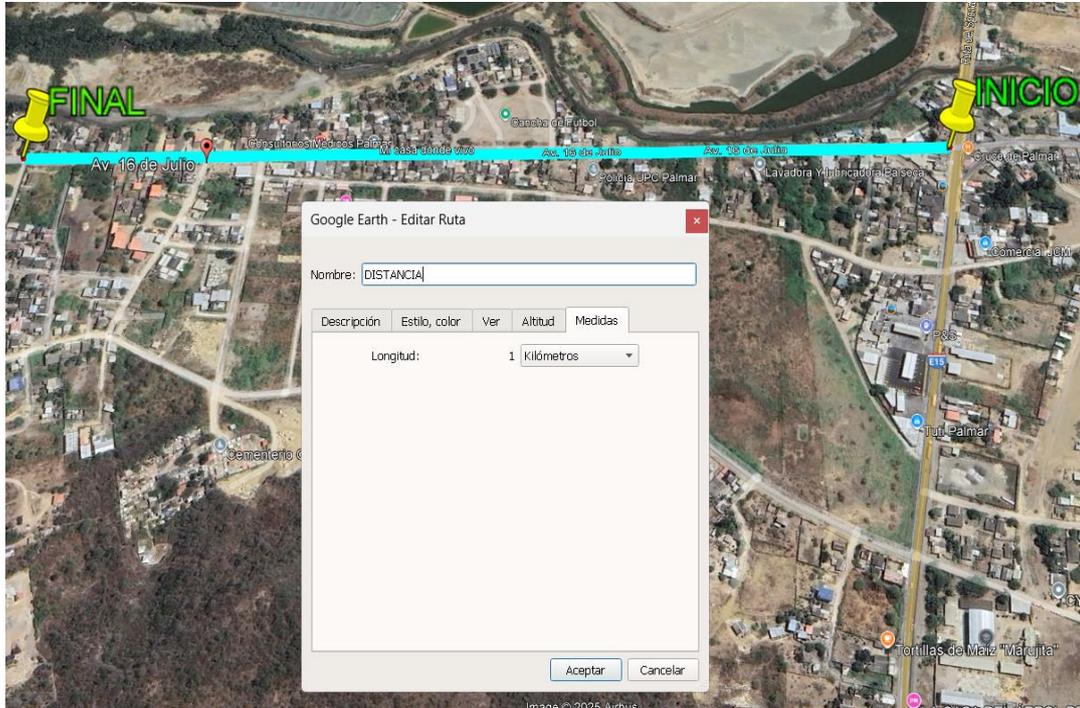
| | ESTE | NORTE |
|---------------|-------------|--------------|
| INICIO | 531.065 m | 9,776.692 m |
| FINAL | 530.108 m | 9,776.394 m |

Nota. Tabla creada por el autor.

La vía de estudio tiene 1 km de longitud.

Figura 17

Ubicación Satelital de la Vía



Nota. Google Earth, 2025

3.2 Levantamiento topográfico

Para este proyecto técnico de titulación se realizó el levantamiento topográfico desde el Cruce de Palmar hasta el Hotel Palmar, se usó una estación total para obtener mediciones y puntos específicos de abscisas cada 20 metros, así mismo se utilizó un nivel topográfico para medir desniveles entre puntos los cuales se encuentran a diferentes alturas, de esta manera se facilitó el traslado de cotas desde su punto de referencia conocido (BM) a un punto desconocido. El levantamiento topográfico se realizó el día 19 de enero de 2025, con una duración de 6 horas.

Figura 18

Nivel topográfico en la vía de estudio



Nota. Tomada por el autor

Figura 19

Toma de puntos para el levantamiento topográfico de la vía



Nota. Tomada por padre del autor

3.3 Estudio de tráfico

3.3.1 Conteo de tráfico vehicular

Se realizó un conteo vehicular durante 7 días consecutivos (sábado a viernes), cubriendo un período de 12 horas diarias (7:00 a 19:00). Se empleó el método manual de conteo vehicular, donde se enumera el tipo de vehículo circundante en lapsos de 30 minutos para registrar motocicletas, vehículos livianos, pesados y camiones.

Tabla 2*Conteo manual vehicular sábado 18 de enero de 2025*

| FECHA | HORARIO | LIVIANOS | | PESADOS - BUSES (2E) | PESADOS - CAMIONES | | VEHICULOS TOTALES |
|-----------|----------------|----------|------------|-------------------------|-----------------------|------|----------------------|
| | | AUTOS | CAMIONETAS | | (2E) | (3E) | |
| 1/18/2025 | 7:00 - 7:30 | 40 | 25 | 12 | 2 | 1 | 80 |
| 1/18/2025 | 7:30 - 8:00 | 39 | 29 | 11 | 3 | | 82 |
| 1/18/2025 | 8:00 - 8:30 | 41 | 31 | 14 | | 2 | 88 |
| 1/18/2025 | 8:30 - 9:00 | 39 | 25 | 15 | 2 | | 81 |
| 1/18/2025 | 9:00 - 9:30 | 40 | 27 | 13 | 4 | 1 | 85 |
| 1/18/2025 | 9:30 - 10:00 | 39 | 24 | 10 | | | 73 |
| 1/18/2025 | 10:00 - 10:30 | 38 | 31 | 9 | 4 | | 82 |
| 1/18/2025 | 10:30 - 11:00 | 42 | 28 | 11 | 1 | 2 | 84 |
| 1/18/2025 | 11:00 - 11:30 | 39 | 33 | 13 | | 2 | 87 |
| 1/18/2025 | 11:30 - 12:00 | 39 | 27 | 10 | 3 | | 79 |
| 1/18/2025 | 12:00 - 12:30 | 41 | 29 | 14 | 2 | | 86 |
| 1/18/2025 | 12:30 - 13:00 | 45 | 32 | 15 | | 1 | 93 |
| 1/18/2025 | 13:00 - 13:30 | 42 | 28 | 11 | | 2 | 83 |
| 1/18/2025 | 13:30 - 14:00 | 38 | 27 | 16 | 2 | | 83 |
| 1/18/2025 | 14:00 - 14:30 | 39 | 22 | 13 | | | 74 |
| 1/18/2025 | 14:30 - 15:00 | 41 | 21 | 14 | 1 | 1 | 78 |
| 1/18/2025 | 15:00 - 15:30 | 37 | 24 | 10 | | | 71 |
| 1/18/2025 | 15:30 - 16:00 | 39 | 27 | 9 | 3 | 2 | 80 |
| 1/18/2025 | 16:00 - 16:30 | 36 | 23 | 11 | 1 | | 71 |
| 1/18/2025 | 16:30 - 17:00 | 38 | 26 | 13 | | 1 | 78 |
| 1/18/2025 | 17:00 - 17:30 | 42 | 24 | 10 | 2 | 3 | 81 |
| 1/18/2025 | 17:30 - 18:00 | 40 | 22 | 12 | | | 74 |
| 1/18/2025 | 18:00 - 18:30 | 39 | 21 | 11 | 3 | 1 | 75 |
| 1/18/2025 | 18:30 - 19:00 | 37 | 25 | 14 | 2 | | 78 |
| | TOTALES | 950 | 631 | 291 | 35 | 19 | 1926 |

Elaborado por: Torres (2025)

Tabla 3*Conteo manual vehicular domingo 19 de enero de 2025*

| FECHA | HORARIO | LIVIANOS | | PESADOS - BUSES (2E) | PESADOS - CAMIONES | | VEHICULOS TOTALES |
|-----------|----------------|----------|------------|-------------------------|-----------------------|------|----------------------|
| | | AUTOS | CAMIONETAS | | (2E) | (3E) | |
| 1/19/2025 | 7:00 - 7:30 | 38 | 22 | 10 | 2 | 1 | 73 |
| 1/19/2025 | 7:30 - 8:00 | 39 | 24 | 11 | 2 | | 76 |
| 1/19/2025 | 8:00 - 8:30 | 37 | 25 | 12 | | 1 | 75 |
| 1/19/2025 | 8:30 - 9:00 | 40 | 26 | 10 | 1 | | 77 |
| 1/19/2025 | 9:00 - 9:30 | 37 | 28 | 12 | 3 | | 80 |
| 1/19/2025 | 9:30 - 10:00 | 36 | 24 | 9 | | 1 | 70 |
| 1/19/2025 | 10:00 - 10:30 | 38 | 27 | 12 | 2 | | 79 |
| 1/19/2025 | 10:30 - 11:00 | 39 | 28 | 11 | 3 | 1 | 82 |
| 1/19/2025 | 11:00 - 11:30 | 40 | 26 | 13 | | | 79 |
| 1/19/2025 | 11:30 - 12:00 | 39 | 27 | 14 | 2 | 2 | 84 |
| 1/19/2025 | 12:00 - 12:30 | 41 | 25 | 13 | 1 | | 80 |
| 1/19/2025 | 12:30 - 13:00 | 38 | 30 | 9 | | 1 | 78 |
| 1/19/2025 | 13:00 - 13:30 | 41 | 27 | 12 | | 2 | 82 |
| 1/19/2025 | 13:30 - 14:00 | 38 | 29 | 14 | 1 | | 82 |
| 1/19/2025 | 14:00 - 14:30 | 39 | 25 | 11 | | | 75 |
| 1/19/2025 | 14:30 - 15:00 | 38 | 22 | 13 | 1 | 1 | 75 |
| 1/19/2025 | 15:00 - 15:30 | 37 | 27 | 12 | | | 76 |
| 1/19/2025 | 15:30 - 16:00 | 39 | 30 | 11 | 2 | | 82 |
| 1/19/2025 | 16:00 - 16:30 | 40 | 28 | 13 | 1 | | 82 |
| 1/19/2025 | 16:30 - 17:00 | 39 | 23 | 9 | | 1 | 72 |
| 1/19/2025 | 17:00 - 17:30 | 41 | 21 | 14 | 1 | 2 | 79 |
| 1/19/2025 | 17:30 - 18:00 | 39 | 22 | 12 | | | 73 |
| 1/19/2025 | 18:00 - 18:30 | 38 | 25 | 10 | 3 | 1 | 77 |
| 1/19/2025 | 18:30 - 19:00 | 39 | 23 | 13 | 1 | | 76 |
| | TOTALES | 930 | 614 | 280 | 26 | 14 | 1864 |

Elaborado por: Torres (2025)

Tabla 4*Conteo manual vehicular lunes 20 de enero de 2025*

| FECHA | HORARIO | LIVIANOS | | PESADOS - BUSES (2E) | PESADOS - CAMIONES | | VEHICULOS TOTALES |
|-----------|----------------|----------|------------|-------------------------|-----------------------|------|----------------------|
| | | AUTOS | CAMIONETAS | | (2E) | (3E) | |
| 1/20/2025 | 7:00 - 7:30 | 35 | 20 | 8 | 2 | 1 | 66 |
| 1/20/2025 | 7:30 - 8:00 | 36 | 22 | 10 | | | 68 |
| 1/20/2025 | 8:00 - 8:30 | 33 | 19 | 9 | 2 | | 63 |
| 1/20/2025 | 8:30 - 9:00 | 36 | 21 | 8 | | | 65 |
| 1/20/2025 | 9:00 - 9:30 | 38 | 20 | 9 | 1 | 1 | 69 |
| 1/20/2025 | 9:30 - 10:00 | 35 | 19 | 11 | | | 65 |
| 1/20/2025 | 10:00 - 10:30 | 34 | 21 | 7 | 2 | | 64 |
| 1/20/2025 | 10:30 - 11:00 | 32 | 25 | 8 | 1 | | 66 |
| 1/20/2025 | 11:00 - 11:30 | 35 | 19 | 11 | | 1 | 66 |
| 1/20/2025 | 11:30 - 12:00 | 33 | 27 | 9 | | | 69 |
| 1/20/2025 | 12:00 - 12:30 | 36 | 24 | 8 | 2 | | 70 |
| 1/20/2025 | 12:30 - 13:00 | 34 | 22 | 10 | 1 | | 67 |
| 1/20/2025 | 13:00 - 13:30 | 37 | 25 | 9 | | 2 | 73 |
| 1/20/2025 | 13:30 - 14:00 | 33 | 20 | 8 | | | 61 |
| 1/20/2025 | 14:00 - 14:30 | 32 | 22 | 11 | 1 | 1 | 67 |
| 1/20/2025 | 14:30 - 15:00 | 35 | 18 | 9 | 1 | | 63 |
| 1/20/2025 | 15:00 - 15:30 | 33 | 21 | 10 | | | 64 |
| 1/20/2025 | 15:30 - 16:00 | 35 | 17 | 8 | 2 | 1 | 63 |
| 1/20/2025 | 16:00 - 16:30 | 33 | 23 | 7 | 1 | | 64 |
| 1/20/2025 | 16:30 - 17:00 | 35 | 19 | 10 | | 2 | 66 |
| 1/20/2025 | 17:00 - 17:30 | 33 | 21 | 7 | 1 | | 62 |
| 1/20/2025 | 17:30 - 18:00 | 36 | 18 | 9 | | | 63 |
| 1/20/2025 | 18:00 - 18:30 | 35 | 17 | 8 | 1 | 1 | 62 |
| 1/20/2025 | 18:30 - 19:00 | 34 | 23 | 9 | 2 | | 68 |
| | TOTALES | 828 | 503 | 213 | 20 | 10 | 1574 |

Elaborado por: Torres (2025)

Tabla 5*Conteo manual vehicular martes 21 de enero de 2025*

| FECHA | HORARIO | LIVIANOS | | PESADOS - BUSES (2E) | PESADOS - CAMIONES | | VEHICULOS TOTALES |
|-----------|----------------|----------|------------|-------------------------|-----------------------|------|----------------------|
| | | AUTOS | CAMIONETAS | | (2E) | (3E) | |
| 1/21/2025 | 7:00 - 7:30 | 34 | 21 | 8 | 2 | | 65 |
| 1/21/2025 | 7:30 - 8:00 | 33 | 18 | 7 | 1 | | 59 |
| 1/21/2025 | 8:00 - 8:30 | 31 | 20 | 8 | | | 59 |
| 1/21/2025 | 8:30 - 9:00 | 36 | 21 | 8 | 2 | 1 | 68 |
| 1/21/2025 | 9:00 - 9:30 | 34 | 17 | 9 | 1 | | 61 |
| 1/21/2025 | 9:30 - 10:00 | 35 | 19 | 10 | | | 64 |
| 1/21/2025 | 10:00 - 10:30 | 34 | 18 | 7 | | 2 | 61 |
| 1/21/2025 | 10:30 - 11:00 | 31 | 23 | 7 | 1 | | 62 |
| 1/21/2025 | 11:00 - 11:30 | 35 | 16 | 10 | | | 61 |
| 1/21/2025 | 11:30 - 12:00 | 30 | 22 | 9 | | 1 | 62 |
| 1/21/2025 | 12:00 - 12:30 | 36 | 23 | 9 | 1 | | 69 |
| 1/21/2025 | 12:30 - 13:00 | 33 | 27 | 8 | 3 | | 71 |
| 1/21/2025 | 13:00 - 13:30 | 37 | 25 | 10 | | | 72 |
| 1/21/2025 | 13:30 - 14:00 | 34 | 22 | 8 | | | 64 |
| 1/21/2025 | 14:00 - 14:30 | 32 | 19 | 10 | 2 | 2 | 65 |
| 1/21/2025 | 14:30 - 15:00 | 33 | 21 | 9 | | | 63 |
| 1/21/2025 | 15:00 - 15:30 | 31 | 23 | 10 | | | 64 |
| 1/21/2025 | 15:30 - 16:00 | 34 | 18 | 8 | | | 60 |
| 1/21/2025 | 16:00 - 16:30 | 33 | 21 | 7 | 1 | 1 | 63 |
| 1/21/2025 | 16:30 - 17:00 | 32 | 18 | 10 | | | 60 |
| 1/21/2025 | 17:00 - 17:30 | 33 | 20 | 8 | 2 | 2 | 65 |
| 1/21/2025 | 17:30 - 18:00 | 34 | 19 | 9 | | | 62 |
| 1/21/2025 | 18:00 - 18:30 | 36 | 17 | 9 | | 2 | 64 |
| 1/21/2025 | 18:30 - 19:00 | 31 | 18 | 7 | 2 | | 58 |
| | TOTALES | 802 | 486 | 205 | 18 | 11 | 1522 |

Elaborado por: Torres (2025)

Tabla 6*Conteo manual vehicular miércoles 22 de enero de 2025*

| FECHA | HORARIO | LIVIANOS | | PESADOS - BUSES (2E) | PESADOS - CAMIONES | | VEHICULOS TOTALES |
|-----------|----------------|----------|------------|-------------------------|-----------------------|------|----------------------|
| | | AUTOS | CAMIONETAS | | (2E) | (3E) | |
| 1/22/2025 | 7:00 - 7:30 | 31 | 19 | 8 | | | 58 |
| 1/22/2025 | 7:30 - 8:00 | 33 | 22 | 6 | 2 | | 63 |
| 1/22/2025 | 8:00 - 8:30 | 30 | 18 | 9 | | 1 | 58 |
| 1/22/2025 | 8:30 - 9:00 | 36 | 21 | 7 | 1 | | 65 |
| 1/22/2025 | 9:00 - 9:30 | 34 | 19 | 9 | | 2 | 64 |
| 1/22/2025 | 9:30 - 10:00 | 35 | 17 | 10 | | | 62 |
| 1/22/2025 | 10:00 - 10:30 | 32 | 22 | 7 | 2 | 1 | 64 |
| 1/22/2025 | 10:30 - 11:00 | 30 | 25 | 7 | 1 | | 63 |
| 1/22/2025 | 11:00 - 11:30 | 35 | 23 | 9 | | | 67 |
| 1/22/2025 | 11:30 - 12:00 | 31 | 24 | 10 | 1 | 1 | 67 |
| 1/22/2025 | 12:00 - 12:30 | 33 | 20 | 8 | | | 61 |
| 1/22/2025 | 12:30 - 13:00 | 35 | 18 | 11 | 1 | 1 | 66 |
| 1/22/2025 | 13:00 - 13:30 | 37 | 25 | 9 | 2 | | 73 |
| 1/22/2025 | 13:30 - 14:00 | 33 | 22 | 10 | | | 65 |
| 1/22/2025 | 14:00 - 14:30 | 31 | 17 | 7 | 2 | | 57 |
| 1/22/2025 | 14:30 - 15:00 | 35 | 23 | 9 | | | 67 |
| 1/22/2025 | 15:00 - 15:30 | 34 | 21 | 10 | 1 | | 66 |
| 1/22/2025 | 15:30 - 16:00 | 35 | 19 | 8 | | 1 | 63 |
| 1/22/2025 | 16:00 - 16:30 | 34 | 23 | 9 | 1 | | 67 |
| 1/22/2025 | 16:30 - 17:00 | 35 | 20 | 10 | | 1 | 66 |
| 1/22/2025 | 17:00 - 17:30 | 36 | 21 | 8 | 2 | | 67 |
| 1/22/2025 | 17:30 - 18:00 | 33 | 17 | 9 | | | 59 |
| 1/22/2025 | 18:00 - 18:30 | 35 | 18 | 7 | 1 | 1 | 62 |
| 1/22/2025 | 18:30 - 19:00 | 33 | 20 | 9 | | | 62 |
| | TOTALES | 806 | 494 | 206 | 17 | 9 | 1532 |

Elaborado por: Torres (2025)

Tabla 7*Conteo manual vehicular jueves 23 de enero de 2025*

| FECHA | HORARIO | LIVIANOS | | PESADOS - BUSES (2E) | PESADOS - CAMIONES | | VEHICULOS TOTALES |
|-----------|----------------|----------|------------|-------------------------|-----------------------|------|----------------------|
| | | AUTOS | CAMIONETAS | | (2E) | (3E) | |
| 1/23/2025 | 7:00 - 7:30 | 30 | 18 | 7 | 1 | 2 | 58 |
| 1/23/2025 | 7:30 - 8:00 | 31 | 20 | 7 | | 1 | 59 |
| 1/23/2025 | 8:00 - 8:30 | 30 | 17 | 8 | 1 | 1 | 57 |
| 1/23/2025 | 8:30 - 9:00 | 35 | 19 | 6 | 1 | | 61 |
| 1/23/2025 | 9:00 - 9:30 | 34 | 19 | 8 | | 1 | 62 |
| 1/23/2025 | 9:30 - 10:00 | 36 | 21 | 9 | 2 | 2 | 70 |
| 1/23/2025 | 10:00 - 10:30 | 33 | 22 | 6 | | | 61 |
| 1/23/2025 | 10:30 - 11:00 | 31 | 20 | 8 | 1 | | 60 |
| 1/23/2025 | 11:00 - 11:30 | 35 | 24 | 11 | | 2 | 72 |
| 1/23/2025 | 11:30 - 12:00 | 32 | 21 | 8 | | | 61 |
| 1/23/2025 | 12:00 - 12:30 | 33 | 22 | 9 | 2 | | 66 |
| 1/23/2025 | 12:30 - 13:00 | 34 | 18 | 10 | 1 | 1 | 64 |
| 1/23/2025 | 13:00 - 13:30 | 37 | 24 | 9 | | | 70 |
| 1/23/2025 | 13:30 - 14:00 | 34 | 22 | 9 | 1 | | 66 |
| 1/23/2025 | 14:00 - 14:30 | 31 | 19 | 7 | | | 57 |
| 1/23/2025 | 14:30 - 15:00 | 33 | 18 | 8 | 1 | | 60 |
| 1/23/2025 | 15:00 - 15:30 | 34 | 20 | 11 | 2 | 1 | 68 |
| 1/23/2025 | 15:30 - 16:00 | 32 | 17 | 8 | | 1 | 58 |
| 1/23/2025 | 16:00 - 16:30 | 34 | 22 | 9 | 1 | | 66 |
| 1/23/2025 | 16:30 - 17:00 | 31 | 20 | 10 | | | 61 |
| 1/23/2025 | 17:00 - 17:30 | 36 | 23 | 8 | 1 | 2 | 70 |
| 1/23/2025 | 17:30 - 18:00 | 30 | 17 | 9 | | | 56 |
| 1/23/2025 | 18:00 - 18:30 | 35 | 19 | 8 | 2 | | 64 |
| 1/23/2025 | 18:30 - 19:00 | 36 | 21 | 9 | | 1 | 67 |
| | TOTALES | 797 | 483 | 202 | 17 | 15 | 1514 |

Elaborado por: Torres (2025)

Tabla 8*Conteo manual vehicular viernes 24 de enero de 2025*

| FECHA | HORARIO | LIVIANOS | | PESADOS - BUSES (2E) | PESADOS - CAMIONES | | VEHICULOS TOTALES |
|-----------|----------------|----------|------------|-------------------------|-----------------------|------|----------------------|
| | | AUTOS | CAMIONETAS | | (2E) | (3E) | |
| 1/24/2025 | 7:00 - 7:30 | 38 | 22 | 10 | | | 70 |
| 1/24/2025 | 7:30 - 8:00 | 39 | 27 | 11 | 2 | 1 | 80 |
| 1/24/2025 | 8:00 - 8:30 | 38 | 26 | 12 | 1 | 1 | 78 |
| 1/24/2025 | 8:30 - 9:00 | 39 | 25 | 13 | | | 77 |
| 1/24/2025 | 9:00 - 9:30 | 40 | 28 | 13 | 3 | 2 | 86 |
| 1/24/2025 | 9:30 - 10:00 | 37 | 24 | 10 | | 1 | 72 |
| 1/24/2025 | 10:00 - 10:30 | 36 | 30 | 11 | | | 77 |
| 1/24/2025 | 10:30 - 11:00 | 40 | 28 | 11 | 2 | | 81 |
| 1/24/2025 | 11:00 - 11:30 | 37 | 30 | 10 | 4 | 2 | 83 |
| 1/24/2025 | 11:30 - 12:00 | 39 | 28 | 9 | | 1 | 77 |
| 1/24/2025 | 12:00 - 12:30 | 36 | 29 | 12 | | | 77 |
| 1/24/2025 | 12:30 - 13:00 | 40 | 27 | 13 | 2 | | 82 |
| 1/24/2025 | 13:00 - 13:30 | 39 | 26 | 11 | | 1 | 77 |
| 1/24/2025 | 13:30 - 14:00 | 38 | 27 | 14 | 2 | 1 | 82 |
| 1/24/2025 | 14:00 - 14:30 | 36 | 24 | 13 | 3 | | 76 |
| 1/24/2025 | 14:30 - 15:00 | 40 | 21 | 11 | | | 72 |
| 1/24/2025 | 15:00 - 15:30 | 38 | 22 | 10 | 1 | | 71 |
| 1/24/2025 | 15:30 - 16:00 | 37 | 21 | 9 | 3 | 2 | 72 |
| 1/24/2025 | 16:00 - 16:30 | 38 | 20 | 11 | 1 | 1 | 71 |
| 1/24/2025 | 16:30 - 17:00 | 35 | 26 | 12 | | | 73 |
| 1/24/2025 | 17:00 - 17:30 | 39 | 21 | 10 | 2 | | 72 |
| 1/24/2025 | 17:30 - 18:00 | 38 | 22 | 11 | 1 | | 72 |
| 1/24/2025 | 18:00 - 18:30 | 36 | 21 | 10 | | 1 | 68 |
| 1/24/2025 | 18:30 - 19:00 | 35 | 23 | 13 | 2 | | 73 |
| | TOTALES | 908 | 598 | 270 | 29 | 14 | 1819 |

Elaborado por: Torres (2025)

3.4 Estudio de suelos

3.4.1 Ensayo de contenido de humedad

Se realiza tomando una muestra de suelo representativa que se pesa antes y después de someterla a secado en un horno a 105-110°C, hasta adquirir un peso constante. La discrepancia entre el peso húmedo y el seco consiente calcular el porcentaje de humedad en la tierra. Este parámetro es crucial, ya que la humedad afecta directamente propiedades mecánicas como la firmeza al esfuerzo tajante y la cabida de soporte del terreno. Este conocimiento resulta fundamental para el bosquejo de sistemas de desagüe y para establecer las condiciones óptimas de compactación.

3.4.2 Muestreo de los agregados

En el ensayo de muestreo de agregados, las muestras se recolectan de principios seleccionadas, como canteras locales, siguiendo los estándares establecidos por la norma ASTM D75. Posteriormente, se evalúan propiedades como el tamaño, forma, resistencia y limpieza de los agregados. Estas características son esenciales, ya que influyen en la permanencia y constancia de las capas de bases y subbases. Los agregados con propiedades óptimas aseguran un mejor comportamiento estructural y un desempeño más eficiente en las obras (D75, 2024).

3.4.3 Ensayo granulométrico

El análisis granulométrico se traslada a cabo mediante tamizado, monopolizando una serie de cedazos con aberturas específicas. Las partículas retenidas en cada tamiz se pesan, y se resuelve para su distribución porcentual. Este ensayo permite determinar la colocación del tamaño de las partículas, lo cual es esencial para evaluar la compactibilidad, permeabilidad y capacidad de drenaje del suelo o agregado. Una granulometría adecuada mejora la interrelación entre las partículas, reduce el riesgo de asentamientos diferenciales y garantiza un buen comportamiento estructural.

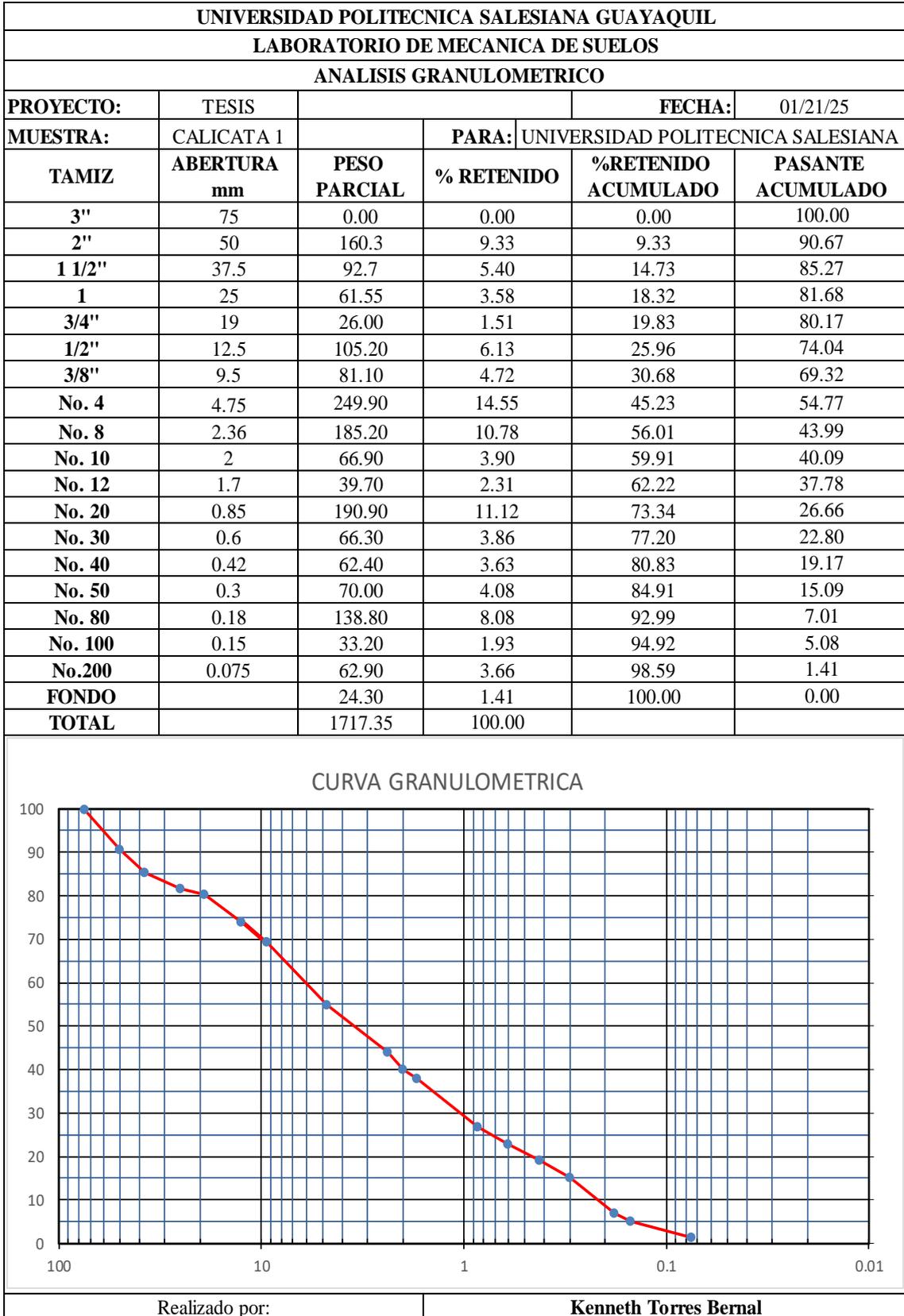
Tabla 9*Tamaños nominales de aberturas para el ensayo granulométrico*

| TAMAÑOS NOMINALES DE ABERTURA | |
|--------------------------------------|-------------|
| ASTM | (mm) |
| 3" | 75 |
| 2" | 50 |
| 1½" | 37,5 |
| 1" | 25 |
| ¾" | 19 |
| ⅜" | 9,5 |
| N° 4 | 4,75 |
| N° 8 | 2,36 |
| N° 10 | 2 |
| N° 12 | 1,7 |
| N° 20 | 0,85 |
| N° 30 | 0,6 |
| N° 40 | 0,42 |
| N° 50 | 0,3 |
| N° 80 | 0,18 |
| N° 100 | 0,15 |
| N° 200 | 0,075 |

Elaborado por: Torres (2025)

Figura 20

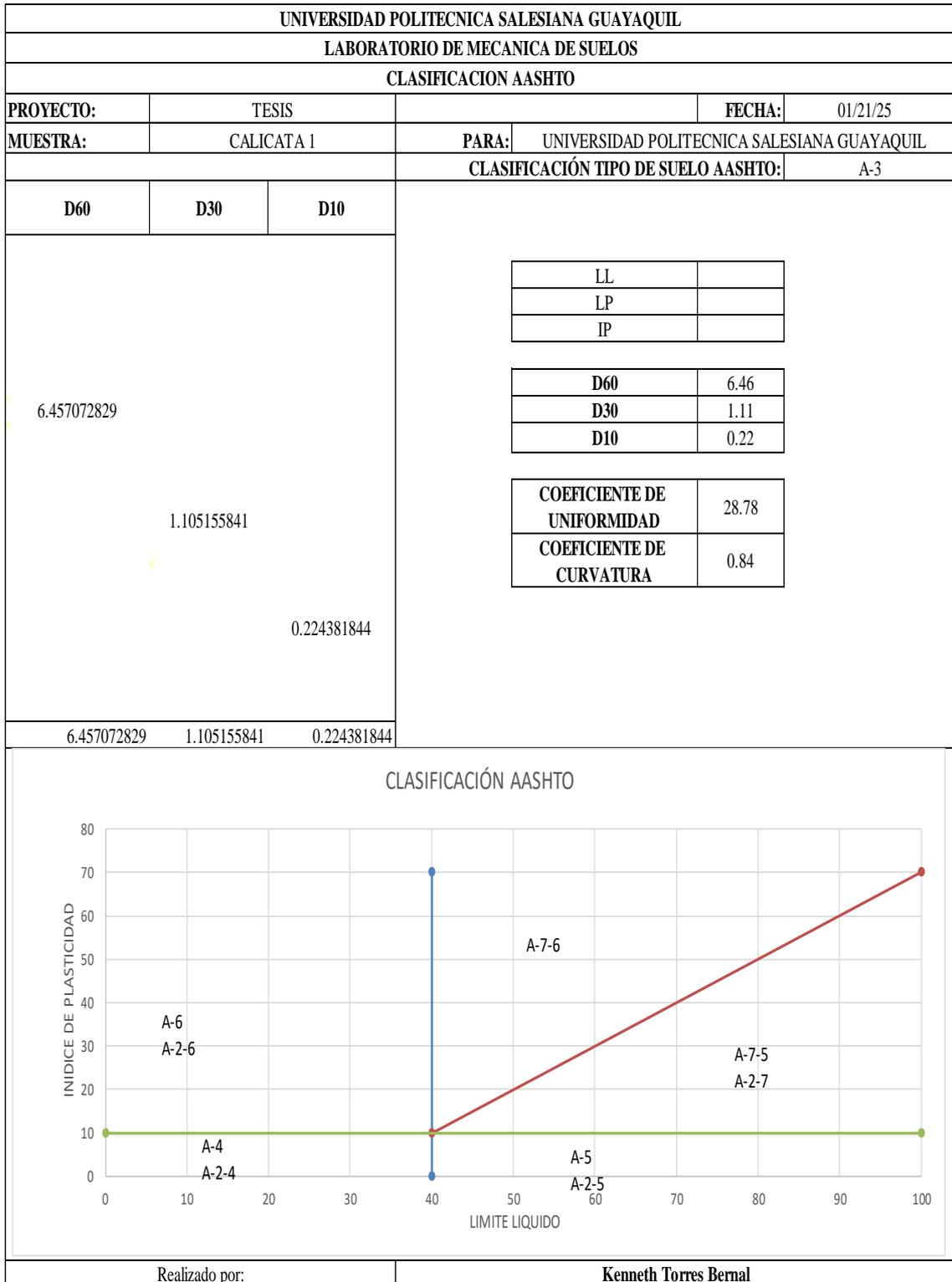
Análisis granulométrico Calicata 1



Elaborado por: Torres (2025)

Figura 21

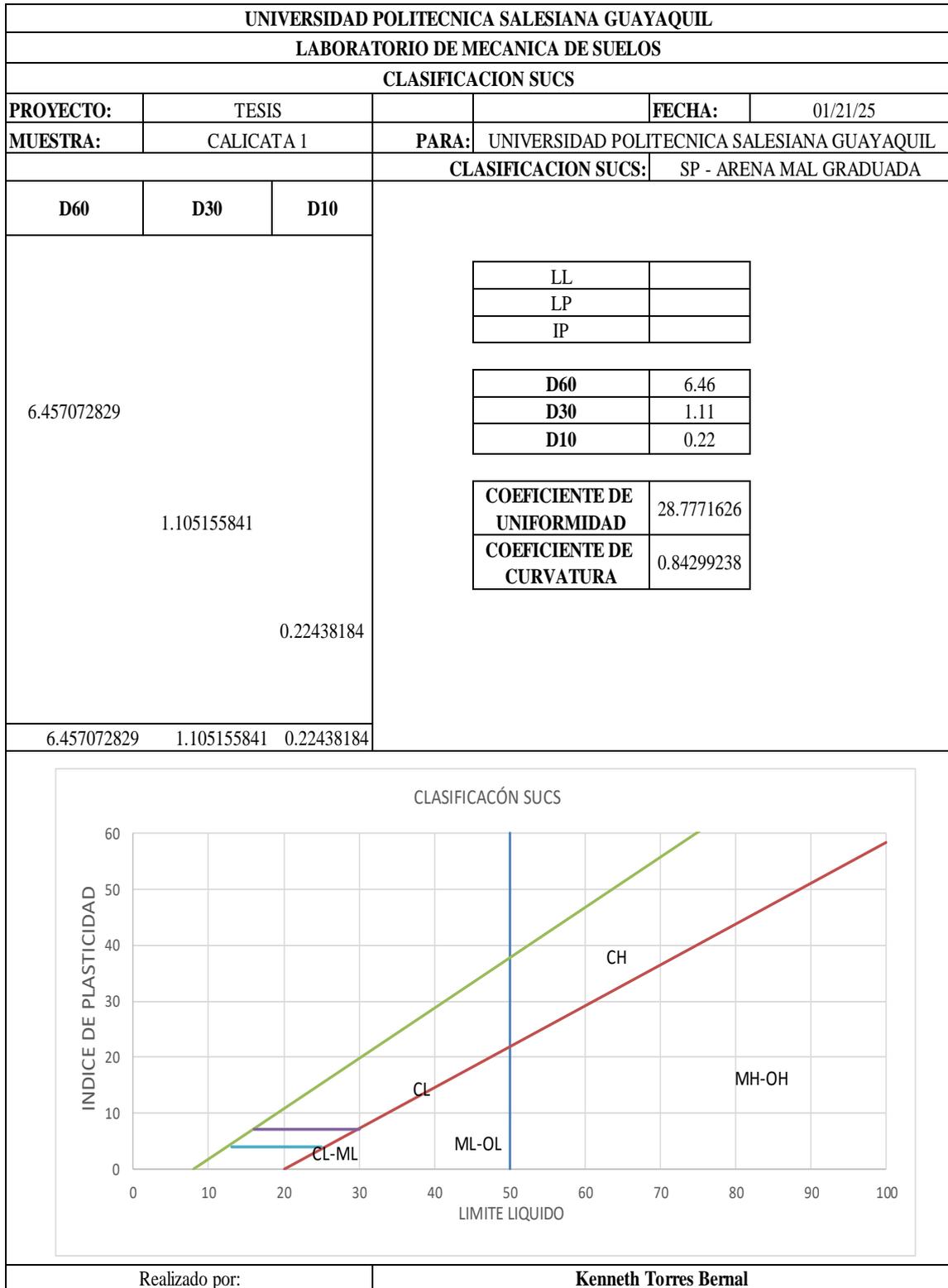
Clasificación AASHTO Calicata 1



Elaborado por: Torres (2025)

Figura 22

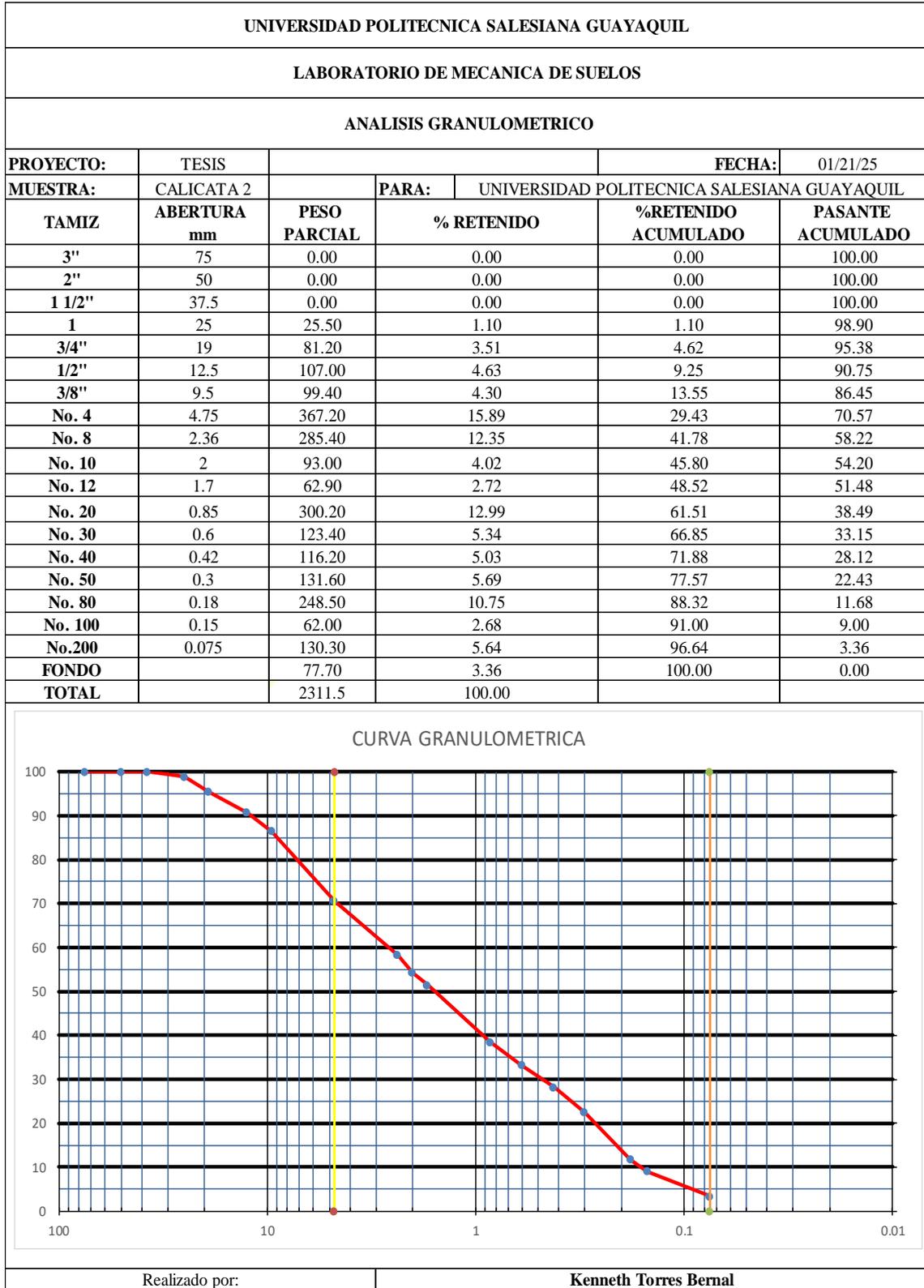
Clasificación SUCS Calicata 1



Elaborado por: Torres (2025)

Figura 23

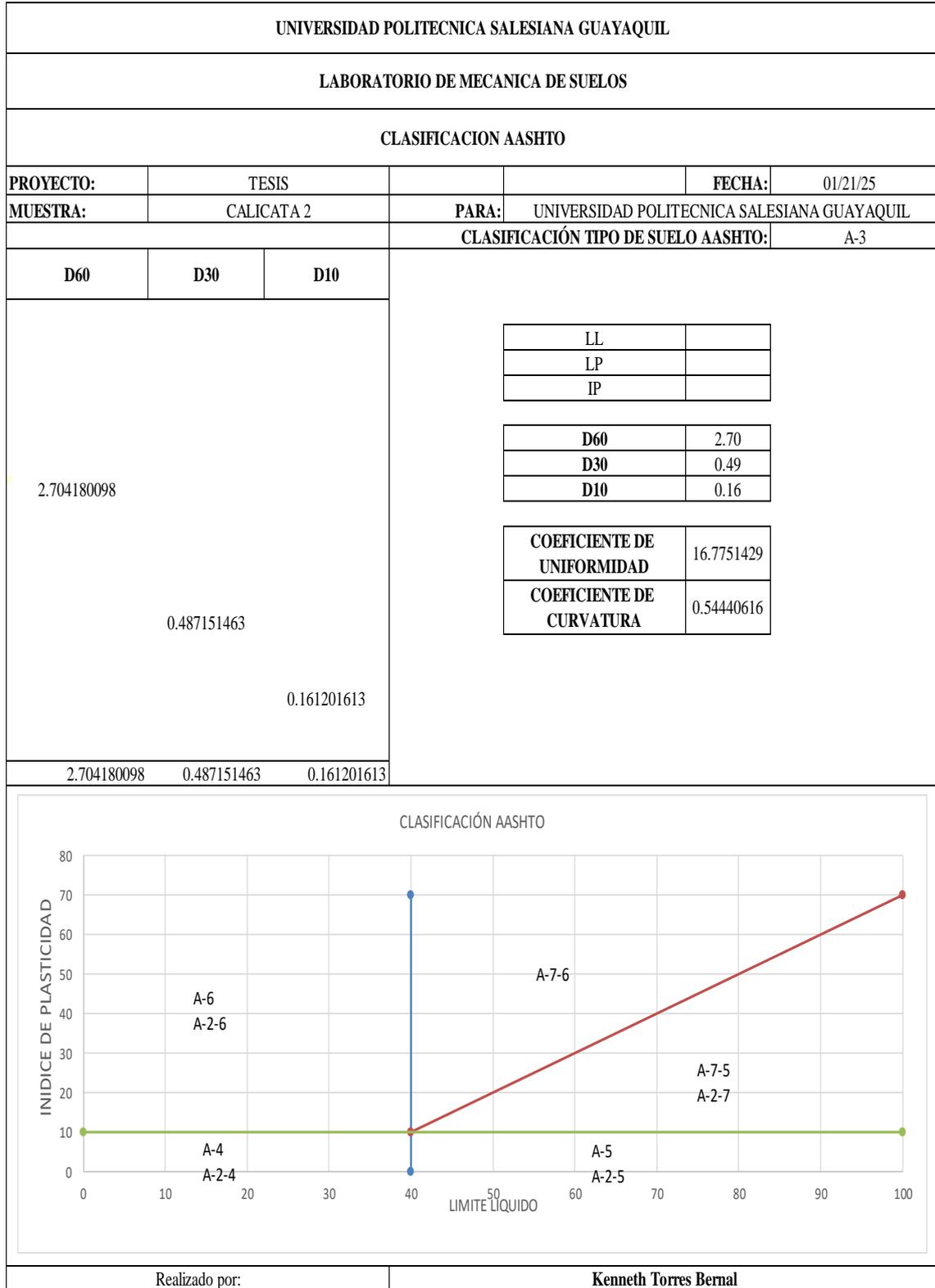
Análisis granulométrico Calicata 2



Elaborado por: Torres (2025)

Figura 24

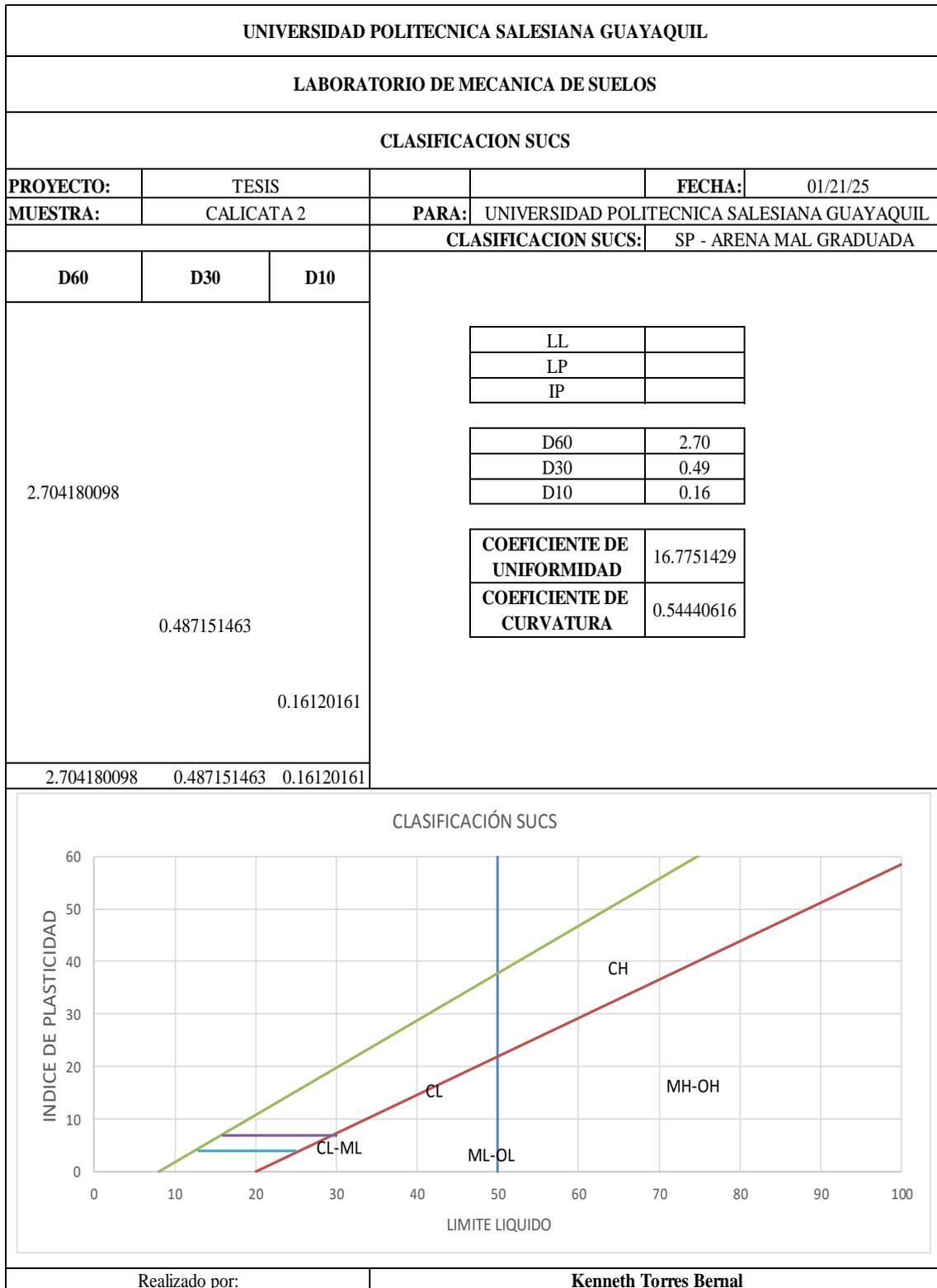
Clasificación AASHTO Calicata 2



Elaborado por: Torres (2025)

Figura 25

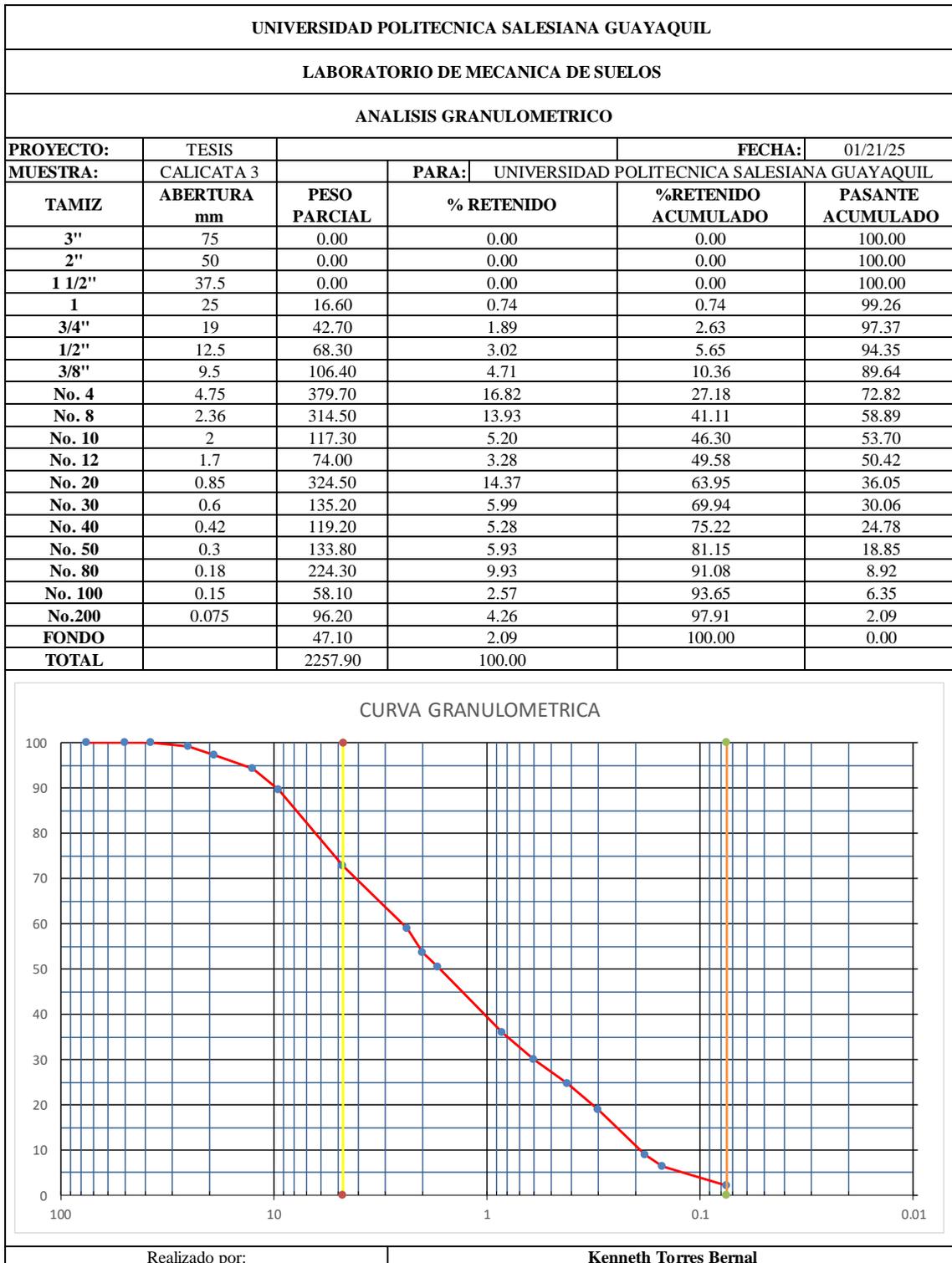
Clasificación SUCS Calicata 2



Elaborado por: Torres (2025)

Figura 26

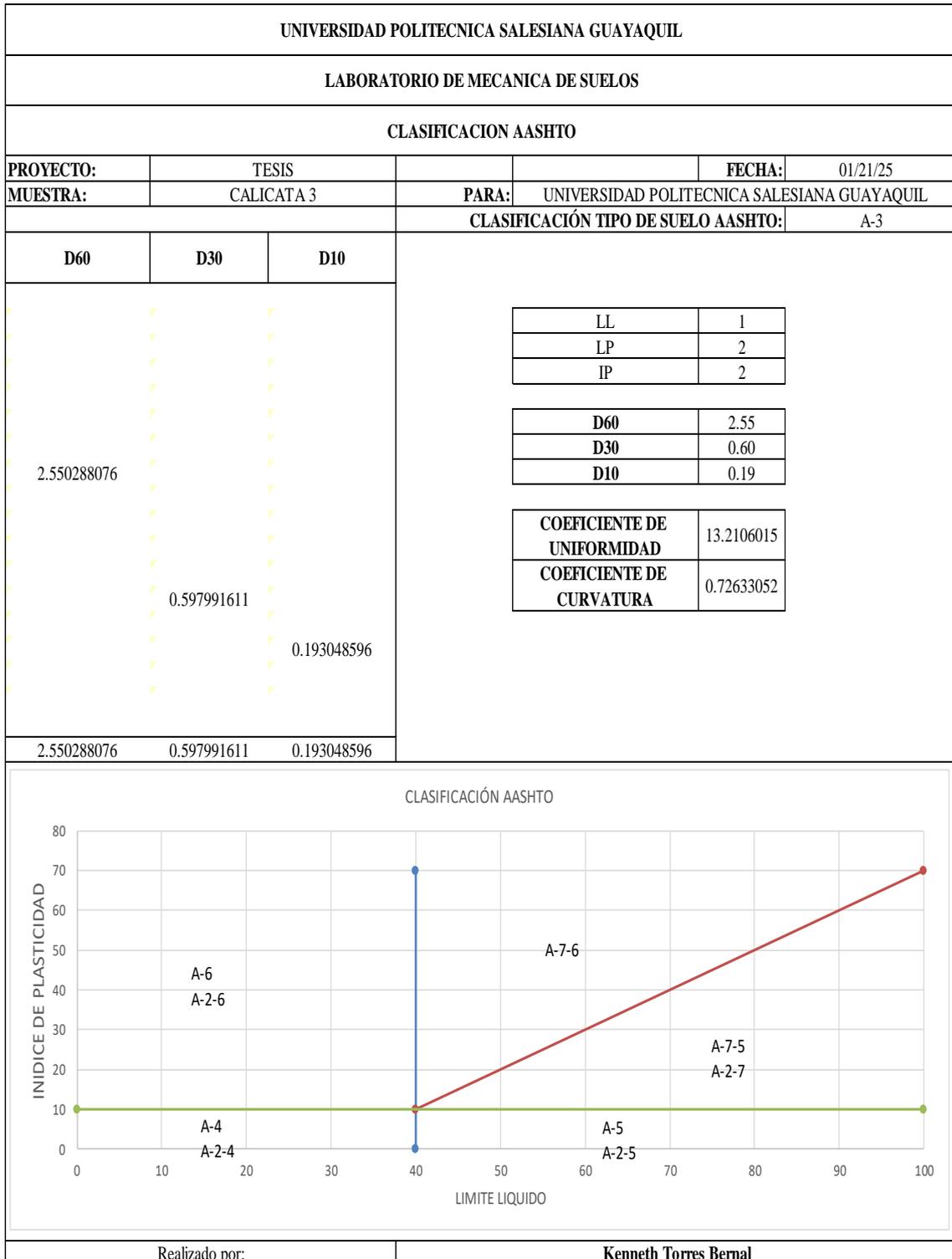
Análisis granulométrico Calicata 3



Elaborado por: Torres (2025)

Figura 27

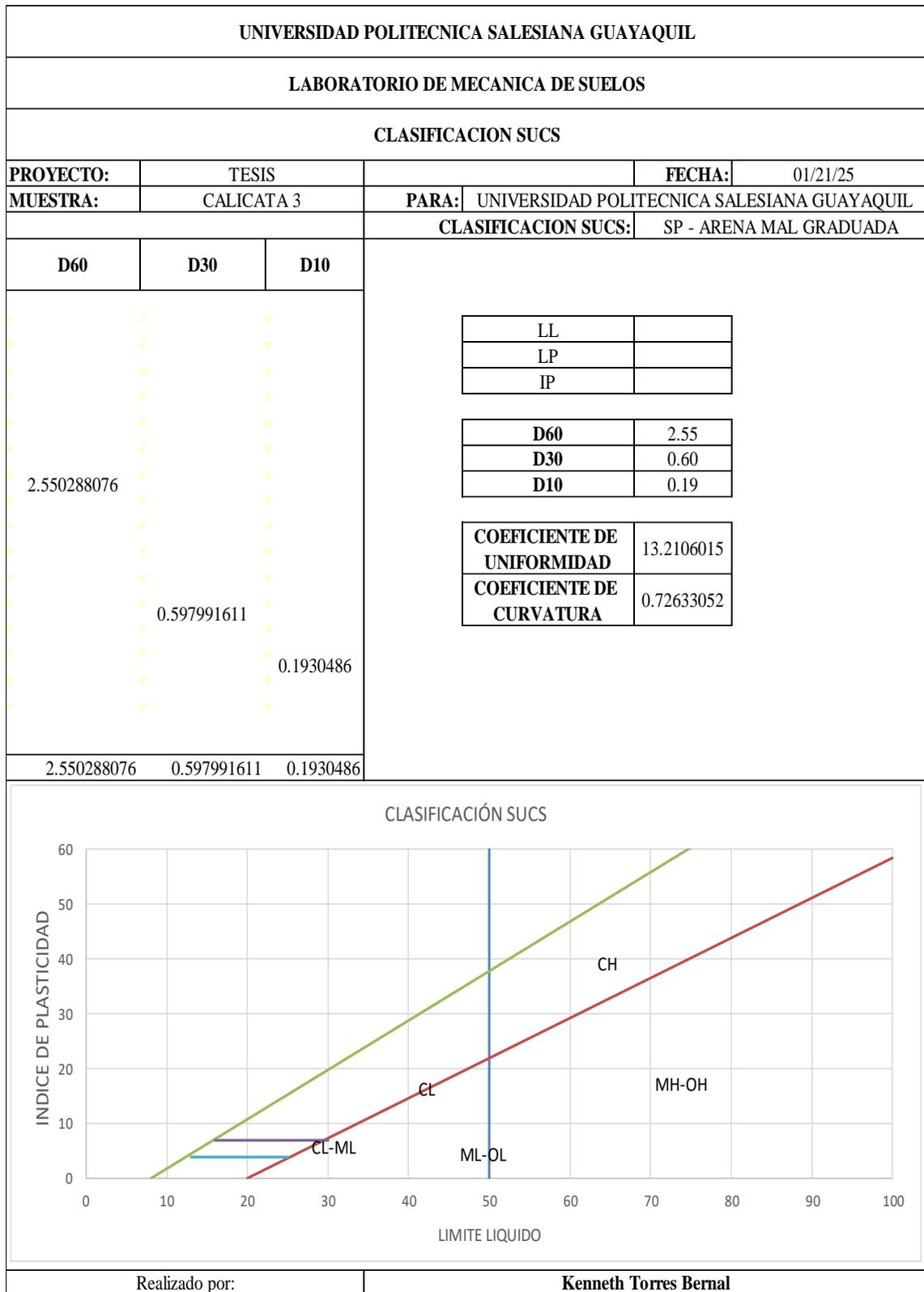
Clasificación AASHTO Calicata 3



Elaborado por: Torres (2025)

Figura 28

Clasificación SUCS Calicata 3



Elaborado por: Torres (2025)

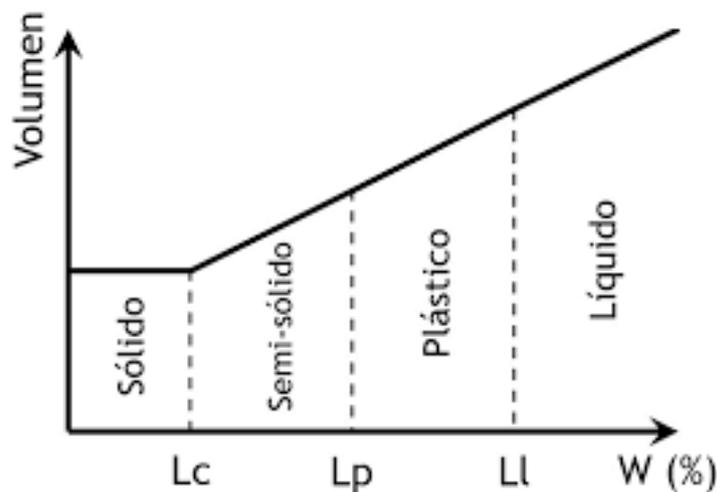
3.4.4 Ensayo límites de Atterberg

Incluyen el límite líquido (LL), el límite plástico (LP) y el índice de plasticidad (IP), se determinan mediante métodos específicos como el uso del aparato de Casagrande y pruebas manuales. Estos valores clasifican el suelo según su plasticidad y comportamiento anverso a cambios de humedad. Superficies con alta plasticidad suelen ser más susceptibles a deformaciones volumétricas debido a variaciones en el contenido de agua. Es esencial para predecir el proceder del suelo bajo otras circunstancias ambientales y su idoneidad para proyectos de construcción.

El ensayo de límites de Atterberg no se realizó ya que se determinó un tipo de suelo A3, y este es un suelo no plástico.

Figura 29

Límites de Atterberg



Nota. Gráfica de límites de Atterberg: Una guía de referencia rápida

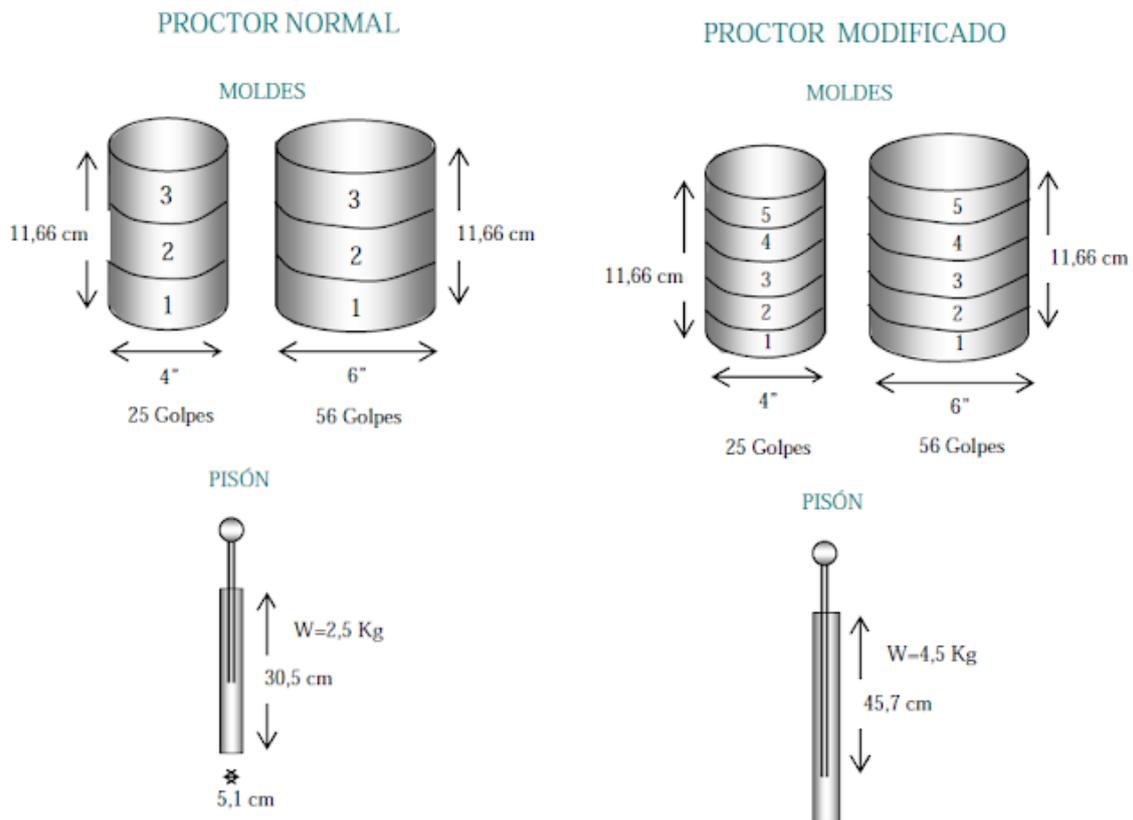
3.4.5 Ensayo Proctor

Se realiza compactando suelo en un molde estándar mediante un martillo que aplica energía específica. En donde es constante el procedimiento con distintos contenidos de humedad hasta determinar la densidad seca máxima y el contenido óptimo de humedad. Estos parámetros son fundamentales para garantizar una compactación

eficiente del suelo, logrando una mayor resistencia y estabilidad, lo que minimiza el riesgo de asentamientos y fallas en la estructura.

Figura 30

Proctor normal y Proctor modificado

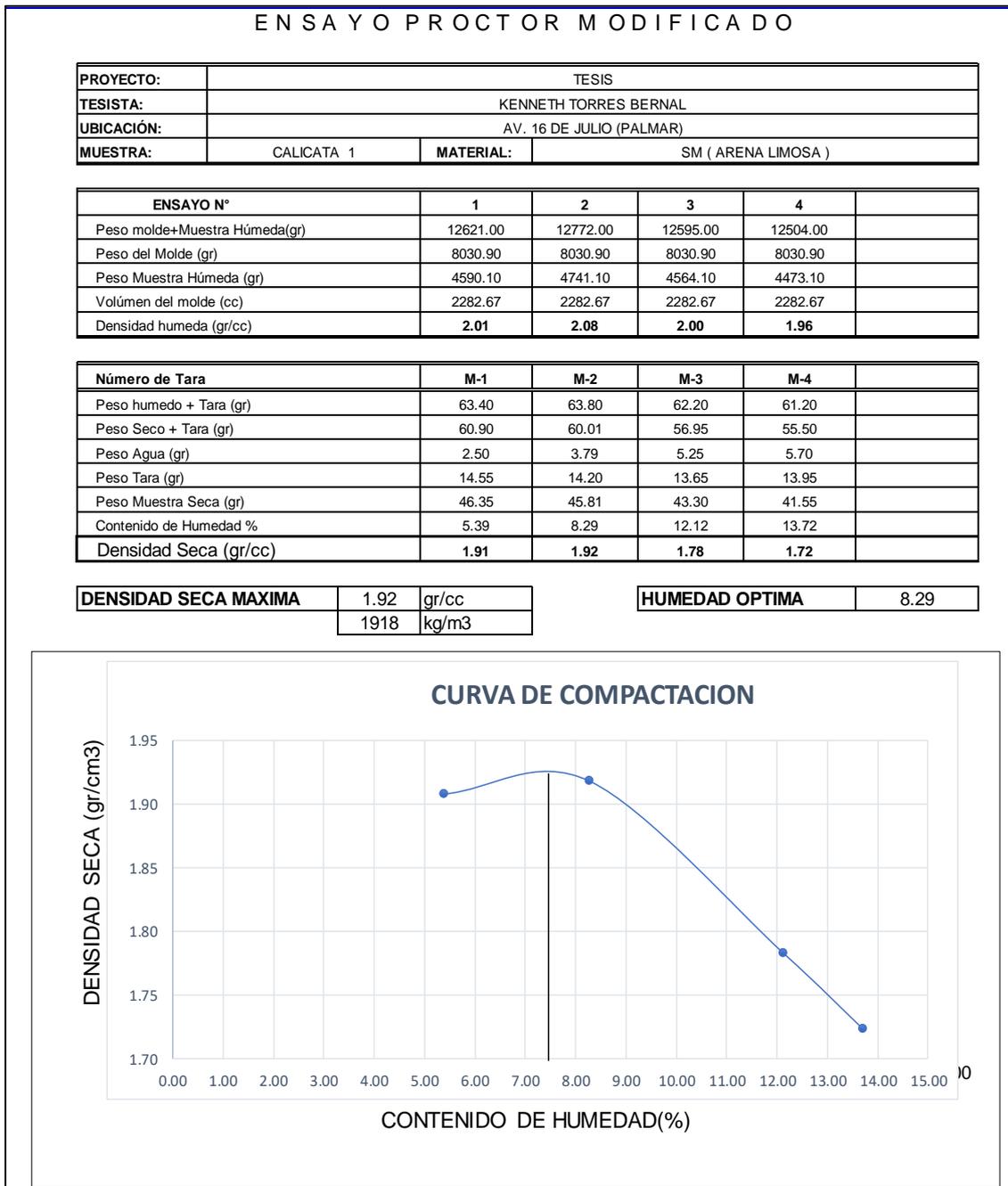


Nota. Figura tomada de (Linkedin: Hablemos del ensayo proctor, n.d)

Cabe mencionar que para los ensayos de Proctor Modificado se realizó una unificación de las Calicatas C2 y C3, debido a que según el análisis granulométrico nos daban valores similares, quedando así este ensayo con 2 muestras: Calicata 1 y Calicata 2-3.

Figura 31

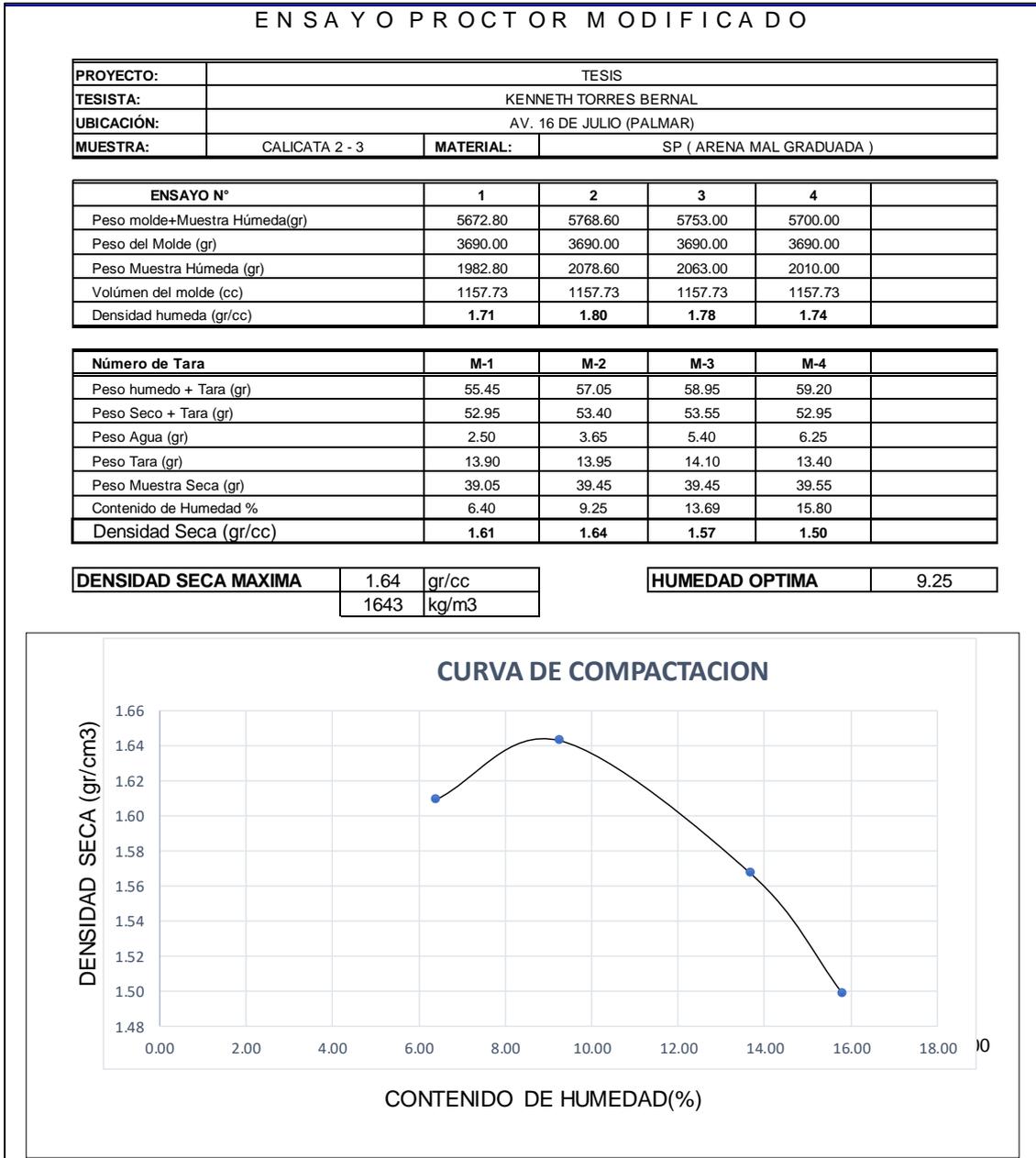
Análisis ensayo Proctor Modificado Calicata 1



Elaborado por: Torres (2025)

Figura 32

Análisis ensayo Proctor Modificado Calicata 2-3



Elaborado por: Torres (2025)

3.4.6 Ensayo CBR

Consiste en espesar una modelo de suelo bajo condiciones controladas y someterla a una carga incremental con un pistón. La resistencia obtenida se compara con la de un material estándar, y se calcula el índice CBR. Es clave para valorar la cabida de soporte del suelo frente a cargas vehiculares o estructurales, siendo un parámetro esencial en el diseño de asfaltos y mantos de soporte

Tabla 10

Clasificación de suelos según su valor de CBR

| SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SU VALOR DE CBR | | | | |
|---|------------------------------|---------------|--------------------------|----------------------|
| CBR | CLASIFICACION GENERAL | USOS | SISTEMA UNIFICADO | |
| | | | UNIFICADO | AASHTO |
| 0-3 | Muy pobre | Subrasante | OH, CH, MH, OL | A5, A6, A7 |
| 3-7 | Pobre a Regular | Subrasante | OH, CH, MH, OL | A4, A5, A6, A7 |
| 7-20 | Regular | Subbase | OL, CL, ML, SC, SM, SP | A2, A4, A6, A7 |
| 20-50 | Bueno | Base, Subbase | GM, GC, GW, SM, SP, GP | A1-b, A2-5, A3, A2-6 |
| >50 | Excelente | Base | GW, GM | A1-a, A2-4, A3 |

Nota. Tomada de Manual de Laboratorio de suelos de Joseph E. Bowels

Figura 33

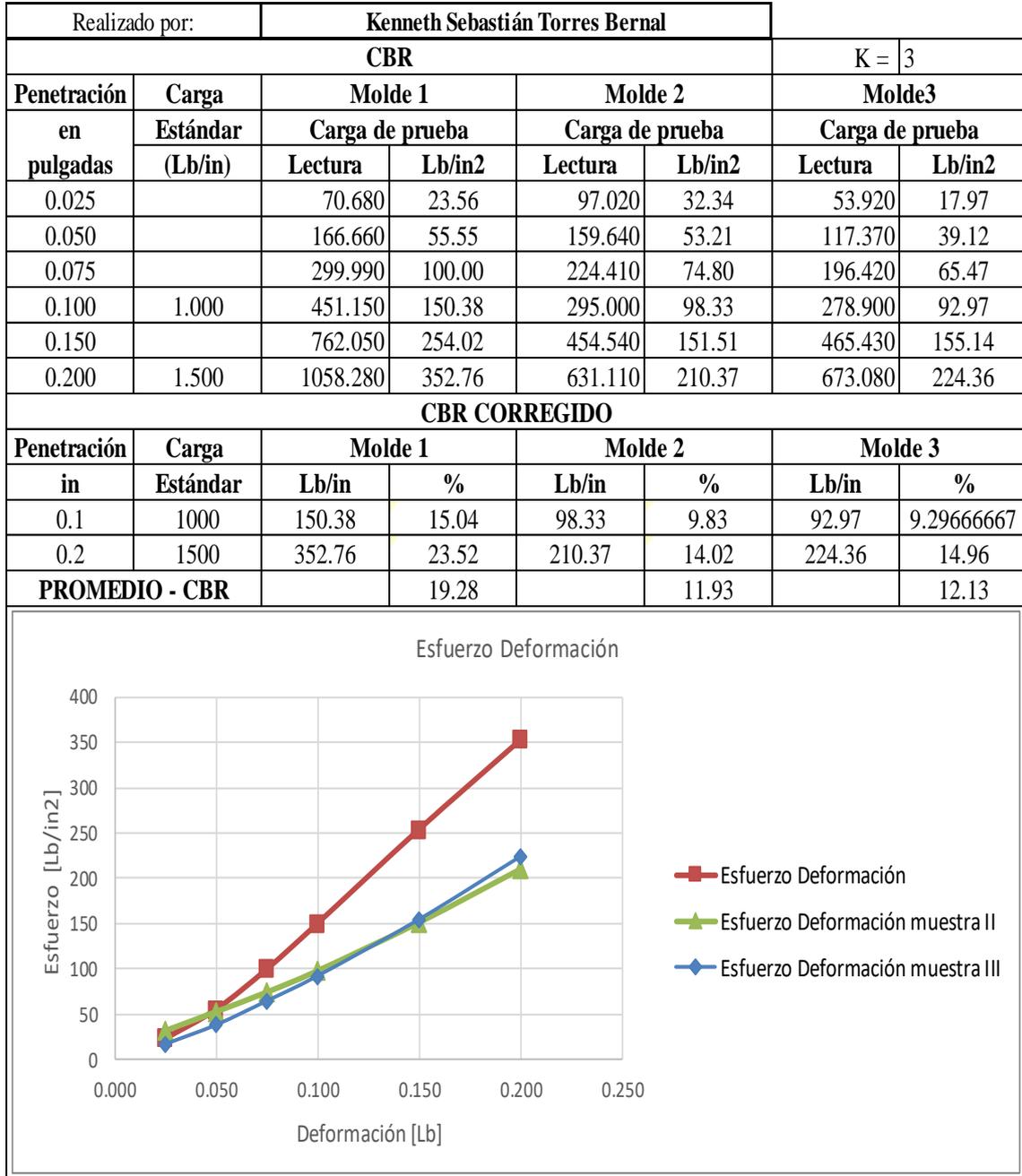
Análisis de CBR Calicata 1

| Realizado por: | | Kenneth Sebastián Torres Bernal | | |
|------------------------------------|------------|---------------------------------|------------|------------|
| DATOS INICIALES | | CALICATA 1 | | |
| Peso de la muestra | | | | |
| Diametro del molde | 165.11 | mm | | |
| Altura del molde | 116.4 | mm | | |
| volumen del molde (m3) | 2492238.59 | mm3 | 0.00249224 | |
| DENSIDAD SECA Y HUMEDA OPTIMA | | | | |
| Molde N° | | 1 | 2 | 3 |
| N° Capas | | 5 | 5 | 5 |
| N° Golpes / Capa | | 10 | 25 | 56 |
| Condiciones de muestra (%H) | | | | |
| Peso de suelo humedo + molde (kg) | | 12.428 | 12.540 | 12.660 |
| Peso del molde (kg) | | 7.88 | 7.90 | 7.92 |
| Peso de suelo humedo (kg) | | 4.55 | 4.64 | 4.74 |
| volumen del molde (m3) | | 0.002492239 | 0.00249224 | 0.00249224 |
| Densidad humeda (kg/m3) | | 1824.87 | 1861.78 | 1901.90 |
| Lata N° | | 1 | 2 | 3 |
| Peso de la lata (g) | | 113.8 | 111.1 | 115 |
| Peso de la lata + suelo Humedo (g) | | 461.3 | 495.7 | 452.4 |
| Peso de la lata + suelo seco (g) | | 342.9 | 351.2 | 307.95 |
| Peso del agua (g) | | 118.4 | 144.5 | 144.45 |
| Peso de suelo seco (g) | | 229.1 | 240.1 | 192.95 |
| % HUMEDAD | | 51.68048887 | 60.183257 | 74.8639544 |
| DENSIDAD SECA (KG/M3) | | 1203.098318 | 1162.28128 | 1087.64816 |
| CBR | | 19.28 | 11.93 | 12.13 |
| | | | | |
| HINCHAMIENTO | | | | |
| F.DIAL | 0.0001 | MOLDE | | |
| L.INICIAL | 5 | | | |
| FECHA | | 1 | 2 | 3 |
| 1/24/2025 | | 10 | 13.25 | 14.2 |
| 1/27/2025 | | 22.6 | 23.1 | 15.6 |
| % HINCHAMIENTO | | 0.0252 | 0.0197 | 0.0028 |

Elaborado por: Torres (2025)

Figura 34

Análisis de CBR Calicata 1



Elaborado por: Torres (2025)

Figura 35

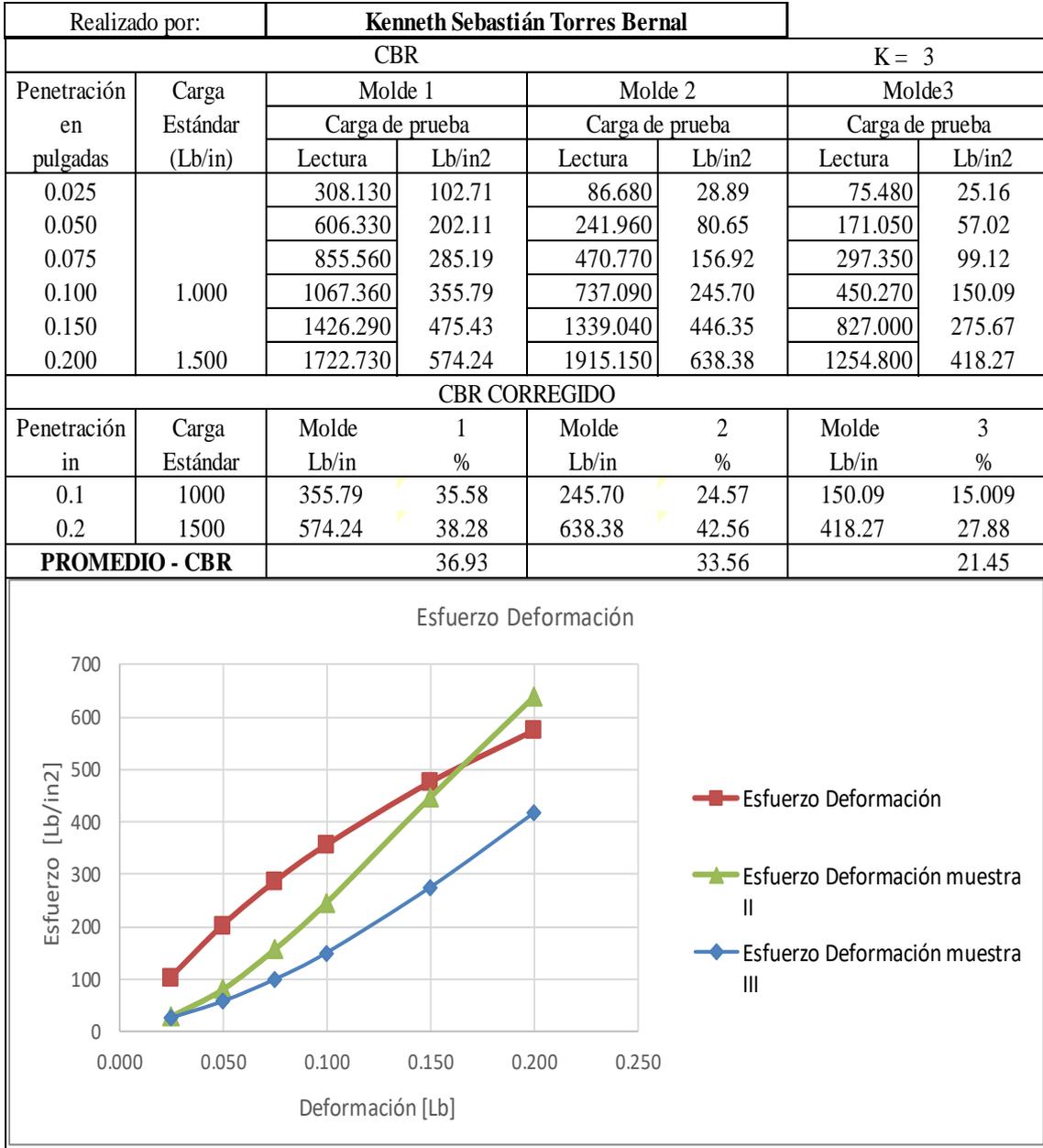
Análisis de CBR Calicata 2-3

| | | | | |
|--------------------------------------|--|---------------------|------------|--------|
| Realizado por: | Kenneth Sebastián Torres Bernal | | | |
| DATOS INICIALES | | CALICATA 2-3 | | |
| peso de la muestra | | | | |
| Diametro del molde | 165.04 | mm | | |
| Altura del molde | 116.26 | mm | | |
| volumen del molde (m3) | 2487130.82 | mm3 | 0.00248713 | |
| DENSIDAD SECA Y HUMEDA OPTIMA | | | | |
| Molde N° | 1 | 2 | 3 | |
| N° Capas | 5 | 5 | 5 | |
| N°Golpes / Capa | 10 | 25 | 56 | |
| Condiciones de muestra (%H) | | | | |
| Peso de suelo humedo + molde (kg) | 12.401 | 12.712 | 12.767 | |
| Peso del molde (kg) | 7.950 | 7.981 | 8.037 | |
| Peso de suelo humedo (kg) | 4 | 5 | 5 | |
| volumen del suelo (m3) | 0.002487131 | 0.00248713 | 0.00248713 | |
| Densidad humeda (kg/m3) | 1789.61 | 1902.19 | 1901.79 | |
| Lata N° | 1 | 2 | 3 | |
| Peso de la lata (g) | 112.9 | 109.8 | 114.2 | |
| Peso de la lata + suelo Humedo (g) | 435.9 | 429.4 | 451.3 | |
| Peso de la lata + suelo seco (g) | 311.6 | 294.5 | 302.8 | |
| Peso del agua (g) | 124.3 | 134.9 | 148.5 | |
| Peso de suelo seco (g) | 198.7 | 184.7 | 188.6 | |
| % HUMEDAD | 62.55661802 | 73.0373579 | 78.73807 | |
| DENSIDAD SECA (KG/M3) | 1100.916318 | 1099.29548 | 1064.00936 | |
| CBR | 36.93 | 33.56 | 21.45 | |
| | | | | |
| HINCHAMIENTO | | | | |
| F.DIAL | 0.0001 | MOLDE | | |
| L.INICIAL | 5 | | | |
| FECHA | | 1 | 2 | 3 |
| 1/24/2025 | | 3 | 6 | 10 |
| 1/27/2025 | | 5.2 | 9.4 | 14.8 |
| % HINCHAMIENTO | | 0.0044 | 0.0068 | 0.0096 |

Elaborado por: Torres (2025)

Figura 36

Análisis de CBR Calicata 2-3



Elaborado por: Torres (2025)

3.4.7 Selección del CBR de diseño

La selección del CBR de diseño se realiza considerando los resultados del ensayo CBR, las condiciones específicas del terreno y los niveles de tráfico proyectados. Este valor permite garantizar que las capas del pavimento soporten las cargas aplicadas sin comprometer la estabilidad de la estructura, integrando la variabilidad del suelo y las condiciones ambientales para un diseño seguro y duradero. Este conjunto de ensayos proporciona una base sólida para la toma de decisiones en el diseño y construcción de proyectos de ingeniería, asegurando un comportamiento óptimo del terreno en condiciones reales.

Figura 37

Porcentaje CBR de diseño

| No. ejes de 8.2 Ton en el carril de diseño | Porcentaje a seleccionar para hallar la resistencia |
|---|--|
| $\leq 10^4$ | 60 |
| $10^4 - 10^6$ | 75 |
| $\geq 10^6$ | 90 |

Nota. Tomado de (NEVI-12-MTOP, 2013)

En el desarrollo de este diseño vial según resultados obtenidos nos muestra un valor de ESSAL's de 2302807.086, lo que nos permite determinar un valor de CBR de diseño de 90%

Tabla 11*Tabla resumida de las propiedades geotécnicas del suelo*

| Tabla Resumen de Propiedades Geotécnicas | | |
|---|---------------------------|---|
| Propiedad | Método de Medición | Valores Típicos (Suelos) |
| Granulometría | Tamices e hidrómetro | Ver clasificación (arena, limo, arcilla). |
| Densidad Seca (g/cm³) | Ensayo Proctor | 1.4-1.8 g/cm ³ (suelos compactados). |
| Contenido de Humedad | Método de secado en horno | 5-50% (dependiendo del suelo). |
| Límite Líquido (LL) | Límites de Atterberg | 20-60% (arcillas plásticas). |
| CBR (%) | Ensayo de penetración | 2-30% (arcillas a arenas). |

Elaborado por: Torres (2025)

3.5 Diseño geométrico

3.5.1 Diseño horizontal

El diseño geométrico es una etapa crucial en la planificación de proyectos viales, ya que define los tipos físicas de la carretera para garantizar seguridad, comodidad y eficiencia en el tránsito vehicular. Este diseño se compone de diversos elementos que integran tanto aspectos horizontales como verticales y estructurales.

3.5.2 Sección transversal

El diseño horizontal incluye las alineaciones de la carretera en planta, determinando las curvas, rectas y transiciones necesarias para una circulación segura. Este aspecto es fundamental para optimizar la visibilidad, minimizar el desgaste de los vehículos y garantizar que las velocidades sean compatibles con la geometría de la vía.

3.6 Diseño de pavimento

Garantiza que la estructura sea competente de aguantar las gabelas vehiculares planeadas durante su vida útil. En este proyecto se esgrimió el procedimiento AASHTO 93, que se basa en un análisis estadístico para establecer los grosores citados de las capas estructurales.

3.6.1 Método AASHTO 93

El número estructural (SN) se calculó con:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2METRO_2 + a_3D_3METRO_3.$$

Donde:

- **a₁, a₂, a₃**: Coeficientes estructurales de las capas de pavimento.
 - a₁ = (capa asfáltica)
 - a₂ = (base granular)
 - a₃ = (subbase)
- **M₂, M₃**: Factores de drenaje de las capas.
- **D₁, D₂, D₃**: Espesores de las capas en pulgadas.

3.6.2 Cálculo de factor ESAL'S

El cálculo de los ESAL's (Eje Equivalente de Carga Simple) considera el impacto de las cargas vehiculares proyectadas a lo extenso de la vida útil de la vía. Este factor permite dimensionar adecuadamente el pavimento para soportar las cargas acumuladas sin fallas estructurales.

3.6.3 Confiabilidad de diseño

La confiabilidad de diseño establece el nivel de seguridad estadística del pavimento para cumplir su vida útil sin fallas prematuras. Este parámetro se combina con el extravío estándar Z_r y la extravío patrón del sistema 'So' para calcular el número estructural requerido.

3.6.4 Desviación estándar Z_r

La desviación estándar Z_r representa el nivel de seguridad estadística deseado. Valores típicos para Z_r :

- Para una confiabilidad del 95%, $Z_r \approx -1.645$.
- Para una confiabilidad del 99%, $Z_r \approx -2.326$.

Este parámetro permite ajustar el esbozo para garantizar que las condiciones reales se mantengan adentro de los términos de seguridad determinados.

3.6.5 Desviación estándar del sistema 'So'

La desviación estándar del sistema (So) refleja la variabilidad propia del pavimento y del tráfico. Valores típicos para So:

- Pavimentos flexibles: 0,45.
- Pavimentos rígidos: 0,35.

El So se combina con Z_r para calcular el número estructural requerido.

3.6.6 Índice de serviciabilidad “ Δ PSI”

Se diferencia el estado funcional del pavimento al inicio y al terminable de su vida útil. Este valor es clave para avalar que el área de rodadura conserve un nivel adecuado de comodidad y seguridad.

El índice de serviciabilidad mide la discrepancia entre el estado inicial y el estado conclusivo del asfalto, calculándose como:

$$\Delta PSI = PD \text{ yoInicial} - PD \text{ yoFinal}$$

Dónde:

- **PSI inicial:** Servicio esperado al construir el pavimento (típicamente 4.2).
- **PSI final:** Servicio mínimo aceptable (típicamente 2.5).

Este parámetro garantiza que el pavimento mantenga un nivel funcional adecuado.

3.6.7 Módulo de resiliente de la subrasante ‘ M_r ’

El módulo resiliente (M_r) mide la capacidad de la subrasante para resistir deformaciones elásticas bajo cargas repetitivas. Este parámetro es fundamental para determinar la resistencia del terreno natural y su contribución al soporte del pavimento.

$$METROa = \frac{\sigma_d}{m_{ia}}$$

Dónde:

- σ_a : Esfuerzo aplicado.
- ϵ_r : Deformación recuperada.

El valor de M_r es esencial para determinar la calidad de la subrasante como soporte estructural.

3.6.8 Determinación de coeficientes estructurales

Los coeficientes organizados de las capas de pavimento (a_1 , a_2 y a_3) reflejan su capacidad para distribuir las cargas vehiculares. Estos coeficientes se seleccionan según las características de los materiales y su desempeño esperado.

3.6.9 Factores de drenaje 'Cd'

Los factores de drenaje (Cd) permiten ajustar el diseño para considerar las condiciones de humedad en las capas granulares. Un drenaje eficiente es vital para evitar el deterioro prematuro del pavimento debido a la saturación de los materiales.

3.6.10 Cálculo de número estructural

Es el parámetro que integra los patrimonios de las capas de asfalto y la demanda de carga proyectada. Este cálculo determina los espesores requeridos para garantizar un desempeño estructural adecuado.

3.6.11 Espesores calculados para diseño

Con base en el número estructural y los parámetros de diseño, se determinan los espesores óptimos para cada capa del suelo (capa asfáltica, base granular y subbase). Estos espesores aseguran un equilibrio entre desempeño, costo y vida útil del pavimento.

Este diseño asegura que la carretera cumpla con las especificaciones técnicas, brindando un alto nivel de desempeño y sostenibilidad a lo largo del tiempo. Si necesitas más información o detalles específicos, puedo ayudarte a desarrollarlos.

4 CAPITULO IV

4.1 Análisis de resultados

4.1.1 Topografía

Según la topografía nos muestra que nuestro terreno es plano con pendientes menores al 5%, esto está respaldado según los criterios de la MTOP. Así mismo cabe recalcar que el levantamiento topográfico se realizó mediante estación total y nivel topográfico para obtener los detalles más precioso posible y plantearlos en nuestro diseño vial mediante Civil 3D.

4.1.2 Estudio del tráfico

Basándonos en los estudios realizados de conteo vehicular se determinó un TPDA de 621 vehículos/día en ambos sentidos de la vía, presentando un crecimiento anual de 155 vehículos dándonos como resultado una vía de segundo grado.

4.1.3 Conteo vehicular

El conteo vehicular se realizó en la Av. 16 de Julio durante 7 días, empezando desde el sábado 18 de enero hasta el viernes 24 de enero, con una duración de 12 horas que comprenden desde las 7:00 am hasta las 19:00 pm, este conteo vehicular se lo realizó de manera manual enumerando cada vehículo circundante en un formato de aforo vehicular para después llevar dicho conteo manual a una tabla de Excel donde podamos determinar ciertos parámetros necesarios para la proyección a 20 años y el diseño vial.

4.1.4 Cálculo del tráfico promedio diario semanal (TPDS)

$$TPDS = \frac{5}{7} \sum \frac{Dn}{m} + \frac{2}{7} \sum \frac{De}{m}$$

Se expresa:

- Dn= Días normales (lunes a viernes)

- De= Días de feriado (sábado y domingo)
- m= Número de días que se realizó el conteo

TPDS= 967 vehículos por día en ambos sentidos

4.1.5 Factor de ajuste mensual (Fm)

El factor de ajuste mensual se determina con la normativa NEVI-12, para este caso escogemos el factor 1,07 del mes de enero que se realizó el conteo.

Figura 38

Factor de ajuste mensual (Fm)

| 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 |

Nota. Tomada de la (NEVI-12. MTOP, 2013)

4.1.6 Factor de ajuste diario (Fd)

Tabla 12

Factor de ajuste diario (Fd)

| Días | Conteo Diario TD= Vehículos/Día | Σ TPDS | Factor de ajuste diario = (TPDS/TD) |
|-----------|------------------------------------|---------------|--|
| Lunes | 1574 | 967 | 0.61 |
| Martes | 1522 | 967 | 0.64 |
| Miércoles | 1532 | 967 | 0.63 |
| Jueves | 1514 | 967 | 0.64 |
| Viernes | 1819 | 967 | 0.53 |
| Sábado | 1926 | 967 | 0.50 |
| Domingo | 1864 | 967 | 0.52 |
| | | | 0.6 |

Elaborado por: Torres (2025)

Con este cálculo se concluye que el factor de ajuste diario es 0.6

4.1.7 Cálculo del tráfico promedio anual (TPDA)

Para la obtención del valor del tráfico promedio diario anual (TPDA), se usa la siguiente expresión:

$$TPDA = TPDS * (fm) * (fd)$$

$$TPDA = 967 * 1.07 * 0.6$$

$$TPDA = 621 \text{ vehículos/día en ambos sentidos}$$

4.1.8 Tráfico diario

Para la obtención del valor del tráfico asignado, se usa la siguiente expresión:

$$\text{Tráfico asignado} = \text{TPDA existente} + Tg$$

Donde:

- TG= Tráfico generado = 25% TPDA existente
- Tráfico generado = 0.25 * 621

$$TG = 155$$

$$TA = 776$$

Con este valor del tráfico generado, se realizará una proyección a 20 años.

Tabla 13

Cálculo del tráfico en la vía de estudio

| TIPO DE VEHICULO | NUMERO | PORCENTAJE % |
|-------------------------|---------------|---------------------|
| LIVIANOS | 811 | 83.87% |
| BUSES | 135 | 13.96% |
| PESADOS | 21 | 2.17% |
| TOTAL | 967 | 100% |

Elaborado por: Torres (2025)

Tabla 14*Cálculo del tráfico asignado (TA)*

| TIPO DE VEHICULO | NUMERO | PORCENTAJE % |
|-------------------------|---------------|---------------------|
| LIVIANOS | 651 | 83.89% |
| BUSES | 109 | 14.05% |
| PESADOS | 16 | 2.06% |
| TOTAL | 776 | 100% |

Elaborado por: Torres (2025)

4.1.9 Tráfico proyectado

Con la obtención de todos los datos anteriores, procedemos a realizar la proyección de tráfico a 20 años con la siguiente expresión:

$$Tf = Ta(1 + i)^n$$

Donde:

- Tf: Tráfico futuro
- Ta: Tráfico actual
- I: Tasa de crecimiento
- N: Número de años proyectados

Para la realización del tráfico proyectado es indispensable usar la tabla de tasa de crecimiento publicada por el ministerio de transporte y obras públicas (MTOB), misma que se muestra a continuación.

Figura 39*Tasa de crecimiento vehicular*

| TASAS DE CRECIMIENTO | LIVIANOS | BUSES | CAMIONES |
|----------------------|----------|-------|----------|
| 2010-2020 | 3.75 | 1.99 | 2.24 |
| 2020-2030 | 3.37 | 1.8 | 2.02 |
| 2030-2040 | 3.06 | 1.63 | 1.84 |

Nota. Tomada de (NEVI-12. MTOP, 2013)

Interpretando los datos de la tabla de tasas de crecimiento, establecemos que para vehículos livianos 3.37, buses 1.8 y camiones 2.02, estos valores nos permitirán realizar una proyección de 20 años, partiendo desde el 2025.

Tabla 15*Tráfico proyectado a 20 años*

| Año | N | Tipo de Vehículo | | | | | | |
|-------------|----|------------------|----------|-------------|---------|-------------|-------|-------|
| | | Crecimiento | Livianos | Crecimiento | Pesados | Crecimiento | Buses | Total |
| 2025 | 0 | 3.37 | 651 | 2.02 | 17 | 1.8 | 108 | 776 |
| 2026 | 1 | 3.37 | 673 | 2.02 | 17 | 1.8 | 110 | 800 |
| 2027 | 2 | 3.37 | 696 | 2.02 | 18 | 1.8 | 112 | 825 |
| 2028 | 3 | 3.37 | 719 | 2.02 | 18 | 1.8 | 114 | 851 |
| 2029 | 4 | 3.37 | 743 | 2.02 | 18 | 1.8 | 116 | 878 |
| 2030 | 5 | 3.37 | 768 | 2.02 | 19 | 1.8 | 118 | 905 |
| 2031 | 6 | 3.37 | 794 | 2.02 | 19 | 1.8 | 120 | 934 |
| 2032 | 7 | 3.37 | 821 | 2.02 | 20 | 1.8 | 122 | 963 |
| 2033 | 8 | 3.37 | 849 | 2.02 | 20 | 1.8 | 125 | 993 |
| 2034 | 9 | 3.37 | 877 | 2.02 | 20 | 1.8 | 127 | 1024 |
| 2035 | 10 | 3.37 | 907 | 2.02 | 21 | 1.8 | 129 | 1057 |

| | | | | | | | | |
|-------------|----|------|------|------|----|-----|-----|------|
| 2036 | 11 | 3.37 | 937 | 2.02 | 21 | 1.8 | 131 | 1090 |
| 2037 | 12 | 3.37 | 969 | 2.02 | 22 | 1.8 | 134 | 1124 |
| 2038 | 13 | 3.37 | 1002 | 2.02 | 22 | 1.8 | 136 | 1160 |
| 2039 | 14 | 3.37 | 1035 | 2.02 | 22 | 1.8 | 139 | 1197 |
| 2040 | 15 | 3.37 | 1070 | 2.02 | 23 | 1.8 | 141 | 1234 |
| 2041 | 16 | 3.37 | 1106 | 2.02 | 23 | 1.8 | 144 | 1273 |
| 2042 | 17 | 3.37 | 1144 | 2.02 | 24 | 1.8 | 146 | 1314 |
| 2043 | 18 | 3.37 | 1182 | 2.02 | 24 | 1.8 | 149 | 1355 |
| 2044 | 19 | 3.37 | 1222 | 2.02 | 25 | 1.8 | 152 | 1398 |
| 2045 | 20 | 3.37 | 1263 | 2.02 | 25 | 1.8 | 154 | 1443 |

Elaborado por: Torres (2025)

4.1.10 Clasificación de la vía

Para clasificar la vía es necesario conocer los parámetros de la normativa para el diseño geométrico establecida por el ministerio de transporte y obras públicas (MTO), conociendo el valor del TPDA proyectado se establece que la vía de estudio es una carretera de 2 carriles con una clasificación funcional C1.

Figura 40

Clasificación funcional de las vías según el TPDA

| Clasificación Funcional de las Vías en base al TPDA_d | | | |
|--|-------------------------|--|-----------------|
| Descripción | Clasificación Funcional | Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA _d) al año de horizonte | |
| | | Limite Inferior | Limite Superior |
| Autopista | AP2 | 80000 | 120000 |
| | AP1 | 50000 | 80000 |
| Autovía o Carretera Multicarril | AV2 | 26000 | 50000 |
| | AV1 | 8000 | 26000 |
| Carretera de 2 carriles | C1 | 1000 | 8000 |
| | C2 | 500 | 1000 |
| | C3 | 0 | 500 |

Nota. Tomado de (NEVI-12-MTOP , 2013)

4.2 Trazado horizontal

4.2.1 Diseño geométrico horizontal

Se propuso un diseño geométrico horizontal basado en un análisis detallado del tráfico y las características del terreno. Este diseño busca mejorar la conectividad vial, optimizar el flujo vehicular y garantizar la seguridad de los usuarios. La calzada propuesta tiene un ancho total de 8 metros, distribuidos en dos carriles de 4 metros cada uno, uno para cada sentido de circulación. Este diseño permite un tránsito fluido y seguro, adaptado a las necesidades de la zona. En cuanto al trazado de la vía, se realizaron ajustes en las alineaciones horizontales, considerando las curvas y los radios necesarios para garantizar una conducción segura a las velocidades de diseño previstas.

Las curvas horizontales fueron diseñadas con radios adecuados, según los parámetros establecidos por la normativa vial, para evitar riesgos de accidentes y mejorar la visibilidad en puntos críticos.

Se utilizó el software Civil 3D para desarrollar el diseño geométrico, realizando un levantamiento topográfico previo que permitió obtener las medidas exactas del terreno. Aunque el terreno en esta zona es mayormente plano, se tomaron en cuenta las pendientes mínimas para evitar posibles problemas de drenaje o acumulación de agua en la vía.

4.2.2 Velocidad de diseño

Para determinar la velocidad de diseño es necesario considerar el TPDA y la topografía del terreno. Basado en la proyección del TPDA podemos definir la categoría de la vía como de II orden, con un terreno llano.

La velocidad de diseño es de 90 km/h en relación con el TPDA proyectado, según el ministerio de transporte y obras públicas (MTO), las normas anotadas “Absoluta” se emplearán cuando el TPDA es cercano al límite inferior de la categoría.

Figura 41

Velocidad de diseño para terreno llano o plano

Nota. Tomada de (NEVI-12. MTOP, 2013)

4.2.3 Velocidad de circulación

La velocidad de circulación se expresa mediante la siguiente ecuación, es importante considerar que esta fórmula se usa siempre y cuando el TPDA no sea mayor que 1000 vehículos.

$$V_c = 0.8 (V_d) + 6.5$$

$$V_c = 0.8 (90) + 6.5$$

$$V_c = 78.5 \text{ km/h}$$

4.2.4 Distancia de visibilidad

Este parámetro es fundamental en el diseño de carreteras y vías, ya que nos permite calcular la distancia óptima para que el conductor pueda reaccionar y detener de manera segura su vehículo.

$$D = 0.278 Vt + \frac{V^2}{254f}$$

Donde:

V: Velocidad inicial en km/h

t: Tiempo de percepción y reacción de 2.5 segundos

f: Coeficiente de expresión longitudinal de la llanta y superficie de rodamiento.

$$f = \frac{1.15}{V^2}$$

$$f = \frac{1.15}{90^2}$$

$$f = 0.30$$

$$D = 0.278 (90)(2.5) + \frac{90^2}{254 * 0.30}$$

$$D = 62.55 + 106.30$$

$$D = 168.85 \text{ m}$$

4.3 Alineamiento horizontal de las carreteras

El alineamiento horizontal de una carretera es el componente que define la forma en que se disponen las curvas y rectas en su trazado, visto desde una perspectiva aérea. Este aspecto es fundamental en el diseño geométrico de las vías, ya que no solo influye en la circulación vehicular, sino también en la seguridad vial y en la comodidad de los conductores. El diseño adecuado del alineamiento horizontal busca garantizar un flujo de tráfico eficiente, minimizando el riesgo de accidentes y optimizando la experiencia de conducción, especialmente en condiciones de baja visibilidad o altas velocidades.

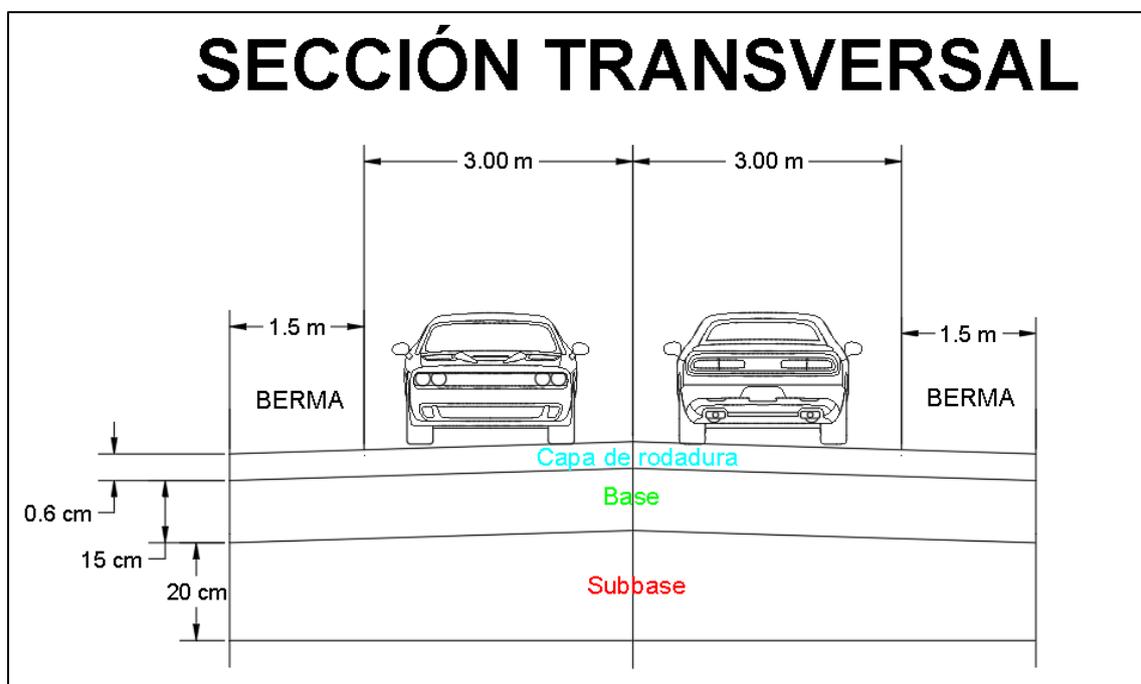
4.3.1 Sección transversal

La vía estudiada se clasifica como carretera Clase II – donde seleccionamos valores absolutos, una categoría determinada por factores como el TPDA proyectado y

las características topográficas. Para nuestra proyección estimada el TPDA se encuentra en un rango de 1000 a 3000 vehículos proyectados. Esta clasificación es clave para el diseño y dimensionamiento adecuado de la infraestructura vial, garantizando que se cumplan los estándares necesarios para asegurar una experiencia de conducción segura y eficiente, para este diseño se emplea 3m de distancia por carril y 1.5 de berma.

Figura 42

Sección transversal de la vía



Elaborado por: Torres (2025)

4.4 Señalización horizontal

4.4.1 Líneas longitudinales

Las líneas longitudinales en las carreteras tienen diversas funciones. Ayudan a delimitar los carriles y las calzadas, señalan las áreas donde se permite o prohíbe adelantar o estacionar, y también marcan carriles exclusivos para ciertos tipos de vehículos, como

bicicletas o autobuses. Además, estas líneas sirven como una advertencia para los conductores sobre la proximidad de un paso peatonal.

4.4.2 Líneas de separación de flujos opuestos

Las líneas longitudinales deben ser de color amarillo y pueden ser cruzadas solo cuando se garantice la seguridad. Se utilizan en tramos donde la geometría de la vía permite el rebasamiento o la realización de giros. En este contexto, existen dos tipos de líneas centrales segmentadas: bidireccional y unidireccional.

Tabla 16

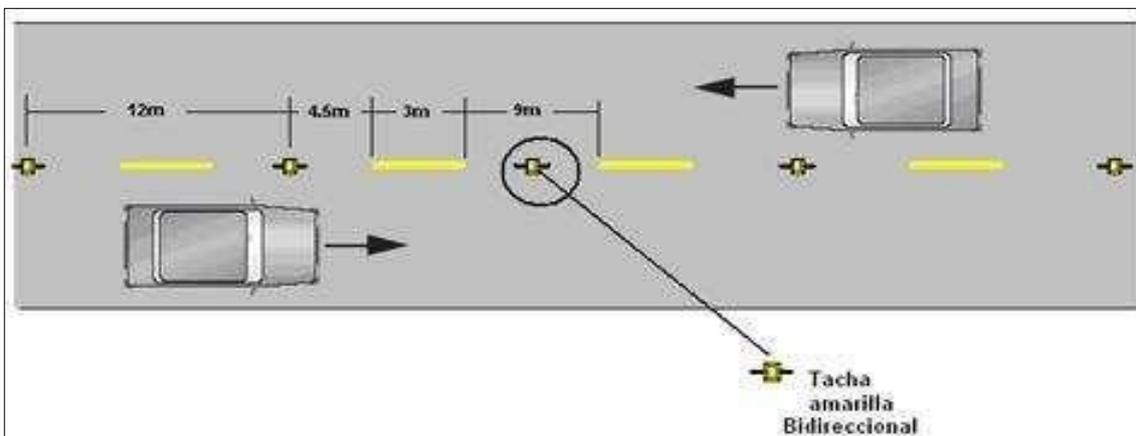
Relación de línea de separación de flujos opuestos

| Velocidad máxima de la vía (km/h) | Ancho de la línea (mm) | Patrón (m) | Relación señalización brecha |
|--|-------------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| Menor o igual a 50 | 100 | 12,00 | 3-9 |
| Mayor a 50 | 150 | 12,00 | 3-9 |

Nota. Tomada de (RTE INEN 004-2:2011)

Figura 43

Línea de separación de flujos opuestos bidireccional



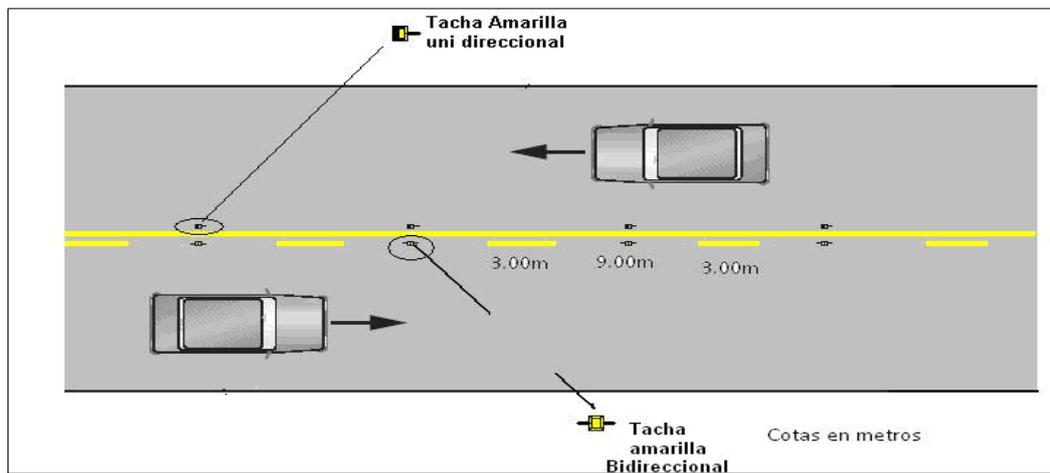
Nota. Figura tomada de (RTE INEN 004-2:2011)

4.4.3 Doble línea mixta

Estas líneas consisten en dos trazos paralelos de color amarillo: uno continuo y otro segmentado. Para velocidades mayores a 50 km/h se considera que ambas líneas tienen un ancho mínimo de 150 mm y están separadas por un espacio de igual medida, es decir, 150 mm. Los conductores tienen permitido cruzar la línea segmentada para realizar rebasamientos, precautelando la seguridad en la maniobra. No obstante, está estrictamente prohibido cruzar la línea continua para rebasar.

Figura 44

Línea continua y línea segmentada



Nota. Figura tomada de: (RTE INEN 004-2:2011)

4.4.4 Ancho de carril

El ancho del carril es una medida esencial que impacta la seguridad y la eficiencia del tráfico en una carretera. Un carril más ancho puede permitir mayor libertad de movimiento a los conductores, pero también puede inducir a velocidades más altas, lo cual aumenta el riesgo de accidentes. Para determinar el ancho adecuado de los carriles, se deben considerar factores como el tipo de vehículos que circulan, las condiciones del tráfico y las características específicas de la vía. Es crucial que este valor se ajuste a las normativas de diseño vial para asegurar que el flujo vehicular se mantenga controlado, garantizando así un tránsito seguro y eficiente. Dicho esto, y en base a nuestro diseño vial

que presenta una velocidad máxima de 60 km/h y en una zona rural, se empleará un ancho de carril de 3m por cada sentido.

Tabla 17

Ancho de carriles según velocidad máxima

| Velocidad máxima de la vía(km/h) | Ancho del carril (m) |
|---|-----------------------------|
| Menor a 50 (urbana) | Mínimo 3,00 |
| De 50 a 90 (rural) | Entre 3,00 y 3,50 |
| Mayor a 90 (rural) | Entre 3,50 y 3,80 |

Nota. Tomada de la (RTE INEN 004-2:2011)

4.4.5 Velocidad máxima

La velocidad máxima para este diseño vial es de 60 km/h, este símbolo es una señal que especifica el límite de velocidad permitido en un carril determinado. Su función principal es complementar las señales verticales de velocidad máxima y, en algunos casos, se coloca en ubicaciones específicas como túneles, puentes o tramos de carretera con condiciones especiales. Este símbolo, de color blanco, se ajusta a normativas de diseño que indican claramente el límite de velocidad para garantizar la seguridad y el orden en el tránsito.

Figura 45

Símbolo de velocidad máxima en mm



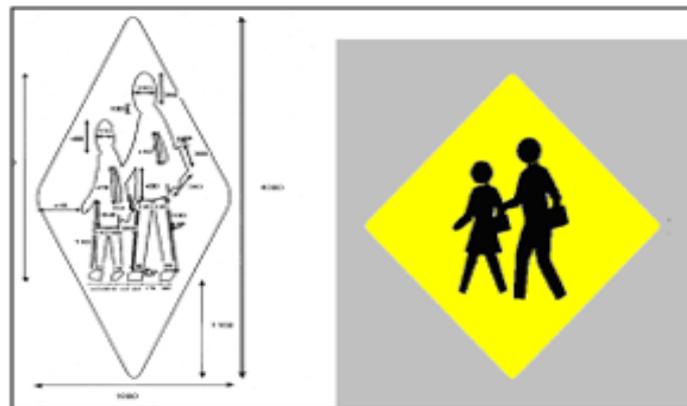
Nota. Imagen tomada de (RTE INEN 004-2:2011)

4.4.6 Zona escolar

El símbolo que señala la zona escolar tiene como principal objetivo advertir a los conductores sobre la presencia de niños en las cercanías de las instituciones educativas. Este símbolo se emplea en conjunto con la señal vertical de **ZONA DE ESCUELA** para incrementar la precaución en estas áreas, la señal tiene un fondo amarillo con el símbolo en negro.

Figura 46

Símbolo de zona escolar en mm



Nota. Figura tomada de (RTE INEN 004-2:2011)

4.5 Diseño estructural del pavimento

El diseño de pavimentos flexibles juega un papel fundamental en la construcción de carreteras, ya que estos pavimentos, conformados por capas asfálticas, ofrecen una combinación de resistencia a las cargas vehiculares, flexibilidad y adaptación al terreno. Para un diseño adecuado, es esencial considerar factores como la selección de los materiales apropiados, la configuración estructural de las capas y las características del tráfico en la vía.

Un diseño bien ejecutado asegura no solo la durabilidad y resistencia del pavimento, sino también una conducción más segura y cómoda, reduciendo el impacto sobre los vehículos.

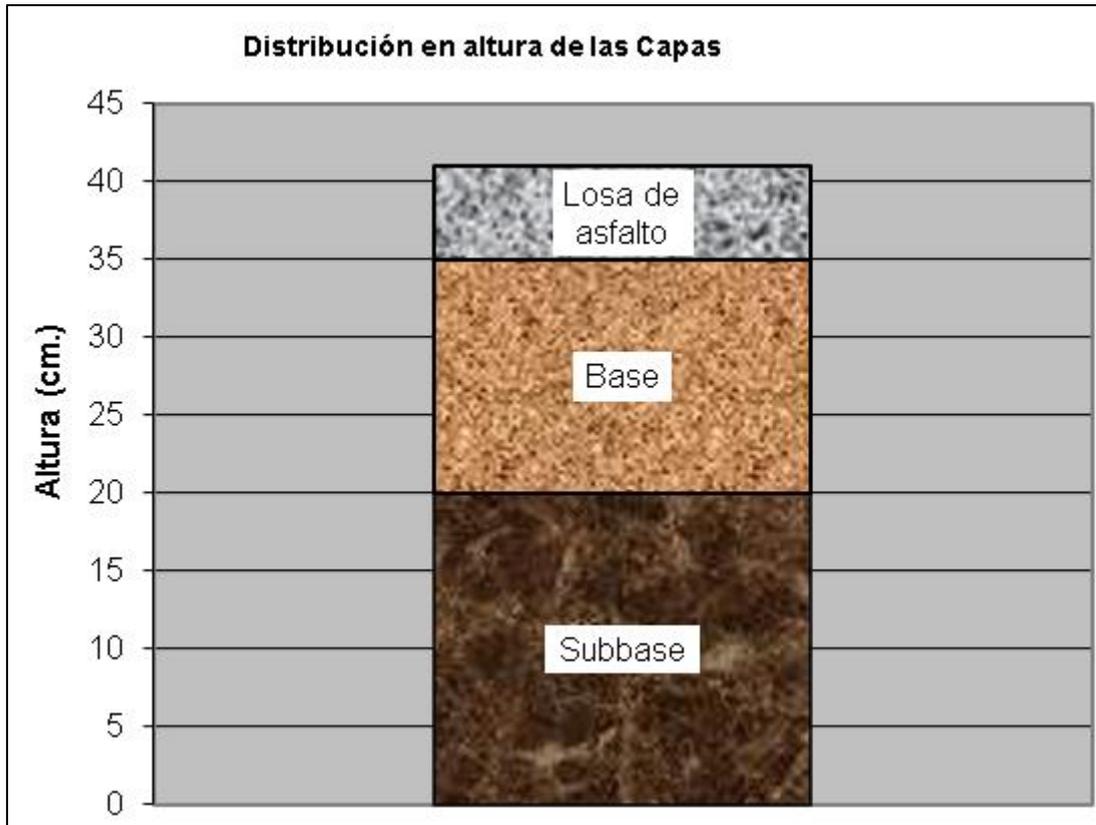
En este tipo de pavimento, se ha determinado que la capa de rodadura, la cual está directamente expuesta al tránsito, debe tener un espesor mínimo de 6 cm. Este espesor es clave para ofrecer la resistencia suficiente ante las cargas vehiculares y garantizar que la superficie mantenga su integridad a lo largo del tiempo.

La capa base, con un espesor de 15 cm, tiene como función distribuir las cargas de manera uniforme sobre la estructura subyacente, proporcionando estabilidad y robustez.

Culminando, la capa subbase, también de 20 cm, mejora la capacidad de drenaje y refuerza la capacidad de soporte del pavimento, lo que contribuye a su longevidad y estabilidad general.

Figura 47

Distribución de los espesores de las capas del pavimento



Elaborado por: Torres (2025)

4.5.1 Método AASHTO 93

Para el diseño de pavimentos, se utilizará el **método AASHTO 93**, que se basa en el cálculo de la resistencia estructural del pavimento mediante un índice conocido como número estructural (SN). Este índice es esencial para determinar el espesor adecuado de las capas de pavimento, lo que asegura que la estructura soportará de manera eficiente las cargas de tráfico y se mantendrá funcional a lo largo del tiempo. La fórmula que emplea este método tiene en cuenta una variedad de factores, tales como el tipo de tráfico, las condiciones del terreno y las propiedades de los materiales, con el fin de optimizar la durabilidad y el rendimiento del pavimento. La fórmula se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Log}_{10} Wt18 = Zr * So + 9.36 * \text{Log}_{10}(SN + 1) - 0.20 \frac{\text{Log}_{10} \left(\frac{PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \text{Log}_{10}(Mr) - 8.07$$

Wt18: Cantidad de ciclos de cargas equivalentes a 80 KN (Número de ESALs).

Zr: Valor desviación estándar en función de la confiabilidad.

So: Desviación estándar del sistema.

PSI: Perdida de serviciabilidad prevista del diseño.

Mr: Modulo resiliente de las capas de la base y subbase granulares.

SN: Numero estructural.

4.5.2 Cálculo de factor ESAL'S

Para calcular el factor de ESAL's, es fundamental analizar el impacto de las cargas vehiculares, considerando la distribución del peso por eje y su efecto acumulativo en la estructura vial, tomando como referencia criterios normativos como los de AASHTO-93.

Tabla 18

Cálculo de factor ESAL'S

| Tipo de vehículo | EJE | Tipo de eje | Carga por eje | | | FSS, FSD, FT, FTR | Fvp O FCE | N° de Ejes | Cantidad TPDA | FD | FC | FP | N° de EE |
|----------------------------|-----|-----------------|---------------|--------|--------|-------------------|-----------|------------|---------------|---------|----|-------------|-------------|
| | | | Ton | Kn | Kip | | | | | | | | |
| Automóvil | 1 | Simple | 0.42 | 4.12 | 0.93 | 1.640E-05 | 0.0035 | 2 | 400 | 0.6 | 1 | 1 | 0.832861164 |
| | 1 | Simple | 1.6 | 15.69 | 3.53 | 3.454E-03 | | | | | | | |
| Camioneta | 1 | Simple | 0.6 | 5.88 | 1.32 | 6.830E-05 | 0.0176 | 2 | 250 | 0.6 | 1 | 1 | 2.63301687 |
| | 1 | Simple | 2.4 | 23.54 | 5.29 | 1.749E-02 | | | | | | | |
| Bus (B2) | 1 | Simple | 7 | 68.65 | 15.43 | 1.265E+00 | 3.4772 | 2 | 108 | 0.6 | 1 | 1 | 225.3199884 |
| | 1 | Simple LL doble | 10 | 98.07 | 22.05 | 2.212E+00 | | | | | | | |
| Camión Pesado (2DA) | 1 | Simple | 7 | 68.65 | 15.43 | 1.265E+00 | 3.4772 | 2 | 10 | 0.6 | 1 | 1 | 21.78093221 |
| | 1 | Simple LL doble | 10 | 98.07 | 22.05 | 2.212E+00 | | | | | | | |
| Camión Pesado (3A) | 1 | Simple | 7 | 68.65 | 15.432 | 1.265E+00 | 2.5260 | 3 | 6 | 0.6 | 1 | 1 | 9.093426362 |
| | 2 | Tándem Doble | 16 | 156.91 | 35.274 | 1.261E+00 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | ΣEEI | | 259.660225 | |
| | | | | | | | | | | FCA | | 24.2973698 | |
| | | | | | | | | | | ΣESAL's | | 2302807.086 | |

Elaborado por: Torres (2025)

4.5.3 Confiabilidad (R)

La confiabilidad (R) en el diseño de pavimentos es esencial para asegurar que la estructura responda adecuadamente a las condiciones externas a lo largo del tiempo. Este concepto se basa en evaluar la capacidad de la vía para soportar las cargas y el desgaste, considerando su clasificación funcional y las condiciones de tráfico. Para determinar el valor de confiabilidad usaremos como referencia nuestra ESSAL's.

Figura 48

Valores recomendados de nivel de confiabilidad

| TIPO DE CAMINOS | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | NIVEL DE CONFIABILIDAD (R) |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------|----------------|----------------------------|
| | | | | |
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | T_{P0} | 100,000 | 150,000 | 65% |
| | T _{P1} | 150,001 | 300,000 | 70% |
| | T _{P2} | 300,001 | 500,000 | 75% |
| | T _{P3} | 500,001 | 750,000 | 80% |
| | T _{P4} | 750,001 | 1,000,000 | 80% |
| Resto de Caminos | T _{P5} | 1,000,001 | 1,500,000 | 85% |
| | T _{P6} | 1,500,001 | 3,000,000 | 85% |
| | T _{P7} | 3,000,001 | 5,000,000 | 85% |
| | T _{P8} | 5,000,001 | 7,500,000 | 90% |
| | T _{P9} | 7,500,001 | 10'000,000 | 90% |
| | T _{P10} | 10'000,001 | 12'500,000 | 90% |
| | T _{P11} | 12'500,001 | 15'000,000 | 90% |
| | T _{P12} | 15'000,001 | 20'000,000 | 95% |
| | T _{P13} | 20'000,001 | 25'000,000 | 95% |
| | T _{P14} | 25'000,001 | 30'000,000 | 95% |
| | T _{P15} | >30'000,000 | | 95% |

Nota. Tomada del manual de carreteras No. 05 (MTC 14, 2013)

Según el valor de ESSAL's determinamos el tipo de tráfico como T_{P6} con un nivel de confiabilidad de 85%.

4.5.4 Desviación estándar (Zr)

La desviación estándar (Zr) es un parámetro estadístico clave en el diseño de pavimentos, ya que refleja la confiabilidad del modelo al mostrar la variabilidad de las cargas y factores externos que influirán en el pavimento durante su uso. Este valor, que

se obtiene de tablas específicas, ayuda a comprender mejor las fluctuaciones en las condiciones a lo largo del tiempo, permitiendo diseñar pavimentos más resistentes y adaptados a estas variaciones. Para determinar el valor de desviación estándar usaremos como referencia nuestra ESSAL's.

Figura 49

Valores recomendados de desviación estándar normal (Zr)

| TIPO DE CAMINOS | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr) |
|------------------|---------|------------------------------|------------|---------------------------------|
| Resto de Caminos | TP5 | 1,000,001 | 1,500,000 | -1.036 |
| | TP6 | 1,500,001 | 3,000,000 | -1.036 |
| | TP7 | 3,000,001 | 5,000,000 | -1.036 |
| | TP8 | 5,000,001 | 7,500,000 | -1.282 |
| | TP9 | 7,500,001 | 10'000,000 | -1.282 |
| | TP10 | 10'000,001 | 12'500,000 | -1.282 |
| | TP11 | 12'500,001 | 15'000,000 | -1.282 |
| | TP12 | 15'000,001 | 20'000,000 | -1.645 |
| | TP13 | 20'000,001 | 25'000,000 | -1.645 |
| | TP14 | 25'000,001 | 30'000,000 | -1.645 |
| | TP15 | >30'000,000 | | -1.645 |

Nota. Tomada del manual de carreteras No. 05 (MTC 14, 2013)

Según el TP6 y el valor de ESSAL's determinamos que la desviación estándar normal (Zr) equivale a -1,036.

4.5.5 Desviación estándar del sistema (So)

La desviación estándar del sistema (So) es un factor esencial en el diseño de pavimentos, ya que incorpora tanto las variaciones locales como los posibles errores en el rendimiento del pavimento. En el caso del diseño ASSHTO-93, el valor recomendado oscila entre 0.40 y 0.50, para este diseño vial determinamos un valor promedio siendo así

0.45 el valor estándar para pavimentos flexibles. Este parámetro permite ajustar el diseño para tomar en cuenta la incertidumbre en los factores que pueden influir en la durabilidad y desempeño del pavimento a lo largo del tiempo.

4.5.6 Índice de serviciabilidad (PSI)

El índice de serviciabilidad (PSI) es un parámetro que evalúa el nivel de comodidad y funcionalidad de la superficie de rodadura de un pavimento durante su vida útil. Se obtiene a partir de la diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial (P_i) y el final (P_f), lo que permite determinar cómo cambia el estado de la vía con el tiempo debido al desgaste y al tráfico.

Basándonos en el método ASSHTO-93, el índice de serviciabilidad se calcula en función del ESSAL's, proporcionando una herramienta útil para predecir el deterioro de la superficie y planificar las intervenciones necesarias para mantener su funcionalidad. Este índice se expresa con la siguiente fórmula:

$$PSI = P_i - P_f$$

Donde:

P_i : Índice de serviciabilidad inicial

P_f : Índice de serviciabilidad final

Figura 50*Valores recomendados para índice de serviciabilidad inicial (Pi)*

| TIPO DE CAMINOS | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi) |
|-------------------------|------------------|------------------------------|------------|--|
| Resto de Caminos | T _{P5} | 1,000,001 | 1,500,000 | 4.00 |
| | T _{P6} | 1,500,001 | 3,000,000 | 4.00 |
| | T _{P7} | 3,000,001 | 5,000,000 | 4.00 |
| | T _{P8} | 5,000,001 | 7,500,000 | 4.00 |
| | T _{P9} | 7,500,001 | 10'000,000 | 4.00 |
| | T _{P10} | 10'000,001 | 12'500,000 | 4.00 |
| | T _{P11} | 12'500,001 | 15'000,000 | 4.00 |
| | T _{P12} | 15'000,001 | 20'000,000 | 4.20 |
| | T _{P13} | 20'000,001 | 25'000,000 | 4.20 |
| | T _{P14} | 25'000,001 | 30'000,000 | 4.20 |
| | T _{P15} | >30'000,000 | | 4.20 |

Nota. Tomada del manual de carreteras No. 05 (MTC 14, 2013)

Según el Tp6 y el valor de ESSAL's determinamos que el índice de serviciabilidad inicial (Pi) equivale a 4,00.

Figura 51*Valores recomendados para índice de serviciabilidad final (Pf)*

| TIPO DE CAMINOS | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (PT) |
|------------------|------------------|------------------------------|------------|--------------------------------------|
| Resto de Caminos | T _{P5} | 1,000,001 | 1,500,000 | 2.50 |
| | T _{P6} | 1,500,001 | 3,000,000 | 2.50 |
| | T _{P7} | 3,000,001 | 5,000,000 | 2.50 |
| | T _{P8} | 5,000,001 | 7,500,000 | 2.50 |
| | T _{P9} | 7,500,001 | 10'000,000 | 2.50 |
| | T _{P10} | 10'000,001 | 12'500,000 | 2.50 |
| | T _{P11} | 12'500,001 | 15'000,000 | 2.50 |
| | T _{P12} | 15'000,001 | 20'000,000 | 3.00 |
| | T _{P13} | 20'000,001 | 25'000,000 | 3.00 |
| | T _{P14} | 25'000,001 | 30'000,000 | 3.00 |
| | T _{P15} | >30'000,000 | | 3.00 |

Nota. Tomada del manual de carreteras No. 05 (MTC 14, 2013)

Según el Tp6 y el valor de ESSAL's determinamos que el índice de serviciabilidad final (Pf) equivale a 2,50. Con los datos ya obtenidos procedemos a resolver la ecuación:

$$PSI = P_i - P_f$$

$$PSI = 4 - 2,50$$

$$PSI = 1,50$$

4.5.7 Módulo resiliente de la subrasante (Mr)

Basándonos en el método AASHTO-93, para la obtención del valor de Mr se expresa la siguiente ecuación, considerando el CBR equivalente a 22.55%.

$$Mr(psi) = 2555 * 22.55^{0.64}$$

$$Mr = 2555 * 22.55^{0.64}$$

$$Mr = 18767.42 \text{ psi}$$

4.5.8 Determinación de coeficientes estructurales

$$SN = a_1 * d_1 + a_2 * d_2 * m_2 + a_3 * d_3 * m_3$$

- a1, a2, a3 = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase.
- d1, d2, d3 = espesores (cm) de las capas: superficial, base y subbase.
- m2, m3 = coeficientes de drenaje de las capas: base y subbase.

Figura 52

Coefficientes estructurales de las capas del pavimento (a)

| COMPONENTE DEL PAVIMENTO | COEFICIENTE | VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL a _i (cm) | OBSERVACIÓN |
|---|----------------|---|--|
| CAPA SUPERFICIAL | | | |
| Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 oC (68 oF) | a ₁ | 0.170 / cm | Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico |
| BASE | | | |
| Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS | a ₂ | 0.052 / cm | Capa de Base recomendada para Tráfico ≤ 5'000,000 EE |
| SUBBASE | | | |
| Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS | a ₃ | 0.047 / cm | Capa de Sub Base recomendada para Tráfico ≤ 15'000,000 EE |

Nota. Tomada del manual de carreteras No. 05 (MTC 14, 2013)

Figura 53

Espesores de las capas del pavimento (d)

| TIPO DE CAMINOS | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | CAPA SUPERFICIAL | BASE GRANULAR |
|------------------|-----------------|------------------------------|-----------|-------------------------------------|---------------|
| Resto de Caminos | T _{P6} | 1,500,001 | 3,000,000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm | 200 mm |

Nota. Tomada del manual de carreteras No. 05 (MTC 14, 2013)

Para los espesores de las capas del pavimento determinamos los siguientes valores: 6cm de capa superficial, 15cm de base y 20cm de subbase.

Figura 54

Coefficientes de drenaje (m) para bases y subbases

| CALIDAD DEL DRENAJE | P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTA EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN. | | | |
|---------------------|--|-------------|-------------|---------------|
| | MENOR QUE 1% | 1% - 5% | 5% - 25% | MAYOR QUE 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 |
| Regular | 1.25 – 1.15 | 1.15 – 1.05 | 1.00 – 0.80 | 0.80 |
| Pobre | 1.15 – 1.05 | 1.05 – 0.80 | 0.80 – 0.60 | 0.60 |
| Muy pobre | 1.05 – 0.95 | 0.95 – 0.75 | 0.75 – 0.40 | 0.40 |

Nota. Tomada del manual de carreteras No. 05 (MTC 14, 2013)

Para coeficientes de drenaje de base y subbase determinamos un valor de 1.

4.5.9 Cálculo de número estructural

Con los resultados obtenidos de los coeficientes estructurales procedemos a resolver la ecuación:

$$SN = a1 * d1 + a2 * d2 * m2 + a3 * d3 * m3$$

$$SN = 0.170 * 6 + 0.052 * 15 * 1 + 0.047 * 20 * 1$$

$$SN = 2.73$$

Figura 55

Comprobación de número estructural (SN) mediante programa Ecuación

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software window. It contains several input fields and buttons. The 'Tipo de Pavimento' section has 'Pavimento flexible' selected. The 'Confiability (R) and Standard Deviation (So)' section has '85 % Zr=-1.037' selected and 'So' set to 0.45. The 'Serviciabilidad inicial y final' section has 'PSI inicial' set to 4 and 'PSI final' set to 2.5. The 'Módulo resiliente de la subrasante' section has 'Mr' set to 18767.42 psi. The 'Información adicional para pavimentos rígidos' section has empty fields for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'. The 'Tipo de Análisis' section has 'Calcular SN' selected, with 'W18 = 2302807.086' displayed. The 'Número Estructural' section shows 'SN = 2.73'. At the bottom, there are 'Calcular' and 'Salir' buttons.

Nota. Imagen de cálculo de SN tomado del programa Ecuación AASHTO-93

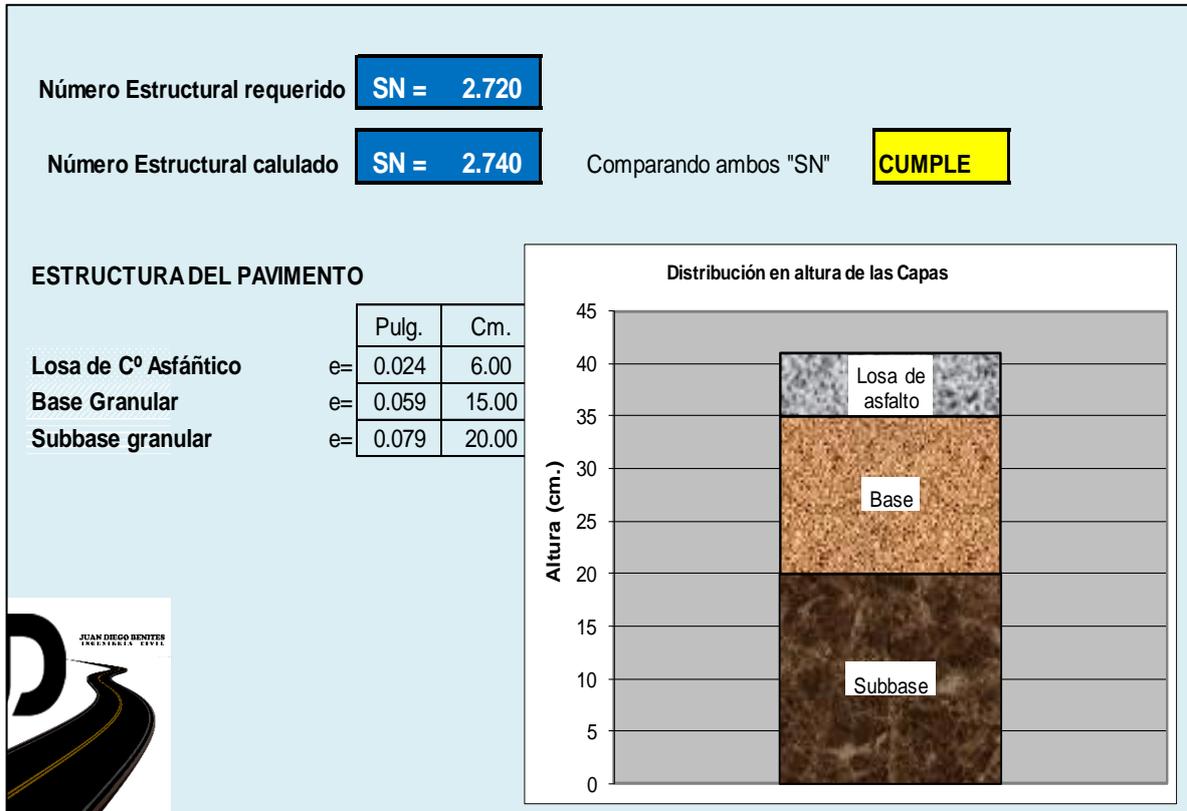
4.5.10 Espesores calculados para diseño

Para calcular los espesores del pavimento se utilizó el software Excel dándonos como resultado los siguientes espesores por cada capa:

- Capa superficial = 6cm
- Base = 15cm
- Subbase = 20 cm

Figura 56

Cálculo de espesores del pavimento mediante software Excel



Elaborado por: Torres (2025)

5 CONCLUSIONES

El levantamiento topográfico realizado brindó una visión precisa de las características geográficas del área, lo que permitió desarrollar un diseño vial que se ajusta adecuadamente al entorno natural, asegura la estabilidad estructural del proyecto y garantiza que el diseño se ajuste a la realidad geográfica y cumpla con los estándares normativos.

El análisis del flujo vehicular indicó la necesidad de un diseño que pueda afrontar el tránsito actual y proyectado. Este diseño tiene como objetivo asegurar una circulación eficiente y segura, minimizando los riesgos de congestión y accidentes, al proporcionar un trazado adecuado que permita un flujo de tránsito constante y ordenado, favoreciendo la seguridad de todos los usuarios de la vía.

Implementar un sistema de monitoreo continuo, como inspecciones periódicas del pavimento, el drenaje y las señales viales, permite detectar a tiempo posibles fallas antes de que se conviertan en problemas mayores. Además, el uso de materiales de alta calidad y tecnologías innovadoras, como pavimentos que resisten mejor el desgaste o sistemas de drenaje eficientes, puede reducir la necesidad de reparaciones costosas a largo plazo.

El diseño propuesto para la Av. 16 de Julio no solo busca resolver las necesidades de tránsito actuales, sino también anticipar los desafíos futuros relacionados con el crecimiento de la población y el desarrollo económico de la zona. Esta propuesta pone énfasis en la creación de un sistema vial flexible y adaptado, garantizando que la infraestructura evolucione de manera coherente con las necesidades cambiantes de la comunidad.

6 RECOMENDACIONES

Es esencial que el diseño vial integre un sistema de drenaje eficiente, asegurando que las aguas pluviales se canalicen de manera efectiva para evitar el deterioro prematuro del pavimento y prevenir posibles inundaciones. Este sistema debe estar bien dimensionado y contemplar las condiciones climáticas de la región.

Es importante que el diseño vial tenga en cuenta las necesidades de movilidad de personas con discapacidades, garantizando que existan accesos y espacios adecuados para peatones con movilidad reducida. Incorporar estas características desde el diseño asegura que la infraestructura sea inclusiva y accesible para todos los usuarios

Involucrar a los residentes locales en el proceso de diseño, permitiendo que sus necesidades y preocupaciones sean tomadas en cuenta para asegurar que el diseño responda adecuadamente a las demandas de la población.

Comuneros del sector supieron indicarme que era indispensable la colocación de reductores de velocidad, pues comentan que por las noches los vehículos circulan en exceso cuando la vía actual es una vía rural con un máximo de 50 km/h, incluso ya se han presentado casos de accidentes vehiculares, hasta los peatones han sido víctimas de estos sucesos debido al exceso de velocidad

7 BIBLIOGRAFÍA

- Arias Orozco, K. V., & Manrique Martinez, L. F. (2022). *Evaluación de la afectación radicular de especies arbóreas en vías peatonales*. PhD Thesis.
- Arroyo Tejada, A. (2021). Evaluación de la influencia del CBR en el terreno de fundación vial limo arcilloso para determinar espesores de mejoramiento mediante Modelos elásticos y la metodología AASHTO 1993. Obtenido de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/658791>
- Astete Tebes, A. (2024). Análisis del mantenimiento de la red vial departamental a nivel de afirmado entre los tramos PE-34. Obtenido de <http://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/3113>
- ASTM D-3282. (18 de junio de 2024). Obtenido de ASTM: <https://www.astm.org/d3282-15.html>
- ASTM-1577, N. (- 20). *Designation: C1577 – 20*. Obtenido de Standard Specification for.
- Campos Zamata, S., & Ramos Huichi, H. A. (2024). Análisis comparativo entre metodologías de vibración e impacto para la determinación de densidades en la av. Los Ángeles-Calana, Tacna-2024. Obtenido de <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/3906>
- Cano Navarrete, I., Villarreal Martínez, J., Guerrero, M. F., Carballido Sanchez, F., Reyes Carreño, S., Aguila Sanchez, D., . . . González Villegas, L. F. (Agosto de 2024). La respuesta de las veracruzanas ante el anticlericalismo de 1926 . *Número uno*, 1, 7-28. Obtenido de <http://revistaymupihui.izt.uam.mx/index.php/ymp/article/view/2>

- Carrillo Vieira, A. E. (2025). Propuesta de intervención urbana paisajística del borde del Río Bascún en Baños de Agua Santa. *B.S. thesis*. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/14497>
- Celis Casterno, J. d. (2022). Análisis de la capacidad vial y necesidad de flujo en la avenida Participación del distrito de Belén. Obtenido de <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/2263>
- Celis Odar, P. E., & Soto Castro, J. P. (2024). Análisis comparativo de costo y tiempo en pavimentos con losas optimizadas tradicionales y flexibles Simbal 2023. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/items/a0357c3b-164b-4538-b3cf-927ef0c05e0a>
- Cerna Rodas, G., Lozada Barbagelata, M. E., & Retuerto Cordova, L. E. (2021). Diagnóstico, análisis y propuesta de mejora en la gestión de la cadena de suministro. Estudio de caso Empresa REVAL Corp. Obtenido de <https://www.academia.edu/download/88409865/389470313.pdf>
- Chancuaña Minga, C. B., & Jave Huamán, R. T. (2024). *Estabilización de la subrasante conformada por suelos finos*. Omate: Universidad San Ignacio de Loyola.
- Chancuaña Minga, C., & Jave Huamán, R. (2024). Estabilización de la subrasante conformada por suelos finos y cenizas volcánicas empleando los modelos elásticos de Burmister y de Huang para la carretera desvío Quinistaquillas–Omate. Obtenido de <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/ff6b3e18-854f-4b8a-aed3-2f2234d4a413>
- Chavarria A., E. (2018). *La metodología BIM para optimizar el diseño de la carretera Luricocha-Pacchancca*,. Ayacucho: Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/22807>
- D75, A. (2024). *ASTM D75 - NORMA ASTM D75*.

- Dueñas E., R. (2023). *Estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación de proyecto multifamiliar*. Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Echezuría, H. (2021). CONCEPTOS, CRITERIOS Y ENSEÑANZA DE LA GEOTECNIA. *Boletín de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat*, 53, págs. 94-120. Obtenido de <https://socvengeotecnia.com/wp-content/uploads/2022/07/2021-Heriberto-Echezuria-Conceptos-criterios-y-enseñanzas-de-la-geotecnia.pdf>
- Ecuador . (15 de Octubre de 1971). *Ecuador: Political Organization / Organización Política*. Obtenido de Ecuador: Political Organization / Organización Política: <https://pdba.georgetown.edu/Decen/Ecuador/leymunicip.htm>
- en Acción, E. (2017). *Ideas y buenas prácticas para la movilidad sostenible*. Obtenido de Madrid: Ecologistas en Acción.
- Espina Gómez, R. (2024). *Diseño y construcción de un dispositivo de laboratorio para la evaluación de la conductividad hidráulica en materiales granulares*. Universidad de Concepción.
- Galdos Valdivia, J., & Rodriguez Valverde, J. (2022). Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica modificada con adición de caucho y con polímeros. Obtenido de <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/6823>
- Gallegos Pandacina, M. G. (2022). Análisis de resultados de proyecto macro. *B.S. thesis*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/35948>
- Hernández Latorre, K. A., Villacís, Q. R., & Flores, A. H. (2024). *Revista Científica GeoLatitud* (Vol. 7). Ambato, Tungurahua, Ecuador: Revista Científica GeoLatitud. Obtenido de Geoenergía: <http://geolatitud.geoenergia.gob.ec/ojs/ojs/index.php/GeoLatitud/article/view/16>

- Hurtado Crespo, X. G. (2023). Diseño del sistema de alcantarillado y planta de tratamiento para la comunidad de Pichanillas, cantón Girón, provincia Azuay. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/13245>
- Litardo S., L., & Villavicencio M., M. (2021). Análisis costo beneficio para la apertura de una PYME de artículos de. *UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL SISTEMA DE POSGRADO*.
- López, F. R. (2024). *Manual de derecho ambiental y urbanístico*. (P. d. Zaragoza, Ed.) Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=YQUPEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA9&dq=La+separaci%C3%B3n+de+trabajos+de+restituci%C3%B3n+y+la+falta+de+estudios+previos+que+permitan+determinar+las+caracter%C3%ADsticas+del+suelo+y+la+estructura+necesaria+para+soportar+e>
- Lumba Bernal, H. V. (2024). Evaluación de la seguridad vial de la carretera Bambamarca-Celendín, tramo km 0+ 000-km 10+ 000 caserío Chalapampa en función a sus características geométricas, señalización y accidentabilidad, 2023. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/7415>
- Macías Freire, J. V. (2024). Diseño geométrico de la vía El Páramo-San Francisco abscisa 0+ 000 hasta 5+ 000, en la parroquia El Anegado del cantón Jipijapa. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/6524>
- Miranda Zela, C. M. (2024). Recuperación de espacio público para revitalizar y potenciar el Mercado Tupac Amaru de Juliaca 2024. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/155092>
- NEVI-12-MTOP. (2013). 2013. Obtenido de https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_3.pdf

- Pimentel Torres, N., & Niño Orellano, S. (2024). será crucial para reducir los tiempos de desplazamiento, prevenir accidentes y mejorar la calidad del servicio vial para todos los usuarios. Obtenido de <https://repository.ucc.edu.co/entities/publication/d4ab9065-f783-4a5c-8a9f-24ea30a168d2>
- Pinto Vergara, J. C., & Saldaña Huarcaya, J. A. (2023). Aspectos técnicos para mejorar la ejecución de obra de reparación de superficie de rodadura, caso Av. Jorge Basadre-Tacna 2023. Obtenido de <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/3398>
- Porta Rutte, Y. Y. (2023). Efectos de la energía de compactación durante el ensayo proctor modificado en un mejoramiento vial en la Provincia de Huancayo. Obtenido de <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/6722>
- Priale Romero, C. R., & Reyes Aliaga, J. (2024). Análisis de puntos negros y propuesta de mejora para reducir el riesgo de accidentes de tránsito de una intersección en el distrito de Comas usando el programa Vida-iRAP. Obtenido de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/674462>
- Quiroz Hidalgo, A. V., & Vargas Montoro, C. F. (2024). Arquitectura sostenible y su importancia en el diseño de un hotel inteligente en el distrito de Cusco. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/146649>
- Roldan Zabala, W. (2024). Optimización vial y estrategias de señalización para la vía entre Mariquita-la Victoria, Tolima. *PhD Thesis*. Obtenido de <https://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/13762>
- Romero Guevara, M. L. (Noviembre de 2023). *Apropiación y factores urbanos del espacio público*. Obtenido de Google Académico:

<https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/f46d4448-c02e-4553-9770-f0ab542c3b84/content>

Sánchez Carrillo, L. J., & Rincón Rey, B. Y. (2022). Análisis del estado de la vía y desarrollo del plan de mejoramiento para el tramo vial rural que une los cascos urbanos de los municipios de Lourdes y Sardinata comprendido desde el kilómetro 0 hasta el kilómetro 6, departamento norte de Santander. Obtenido de <https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/6926>

Soto Arauzo, G. A. (2024). Inversión pública en infraestructura vial y crecimiento económico en la región de Huánuco. Obtenido de <https://repositorio.unas.edu.pe/items/e1ca9b16-c983-4310-84cf-a93bcffbc024>

Soto Cánovas, B. (2023). Proyecto constructivo para la ejecución de un tanque de infiltración mediante Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en Beniaján, TM de Murcia. Obtenido de <https://repositorio.upct.es/handle/10317/12712>

Soto Fuentes, M. (2022). Inclusión del ferrocarril de alta velocidad en la accesibilidad territorial y en la red de transporte de las áreas rurales. Obtenido de <https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/68528>

Sulqui Narvaez, C. S. (2024). *Estrategias para reducir la velocidad vehicular en la zona urbana con alto índice de accidentabilidad del cantón Riobamba*. Riobamba. B.S. thesis. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/13988>

Terrones Vera, M. (2024). Incidencia de las características geométricas en los accidentes de tráfico, caso carretera Celendín–Balsas tramo caserío El Lanche-distrato El Utco-provincia de Celendín. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/7416>

Tzic Chávez, R. D. (2024). *Central Sur-Terminal de buses del Sur*. Guatemala. Obtenido de

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/20958/1/ROGER%20DAVID%20TZIC%20CH%C3%81VEZ.pdf>

VIAL, N. (2013). MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR.

Zavaleta Benites, G. M., & Aponte Sánchez, L. (2019). *Estabilización de suelos*. Universidad César Vallejo.

Zokaie, T. (2000). AASHTO-LRFD Live Load Distribution Specifications. *Journal of Bridge Engineering*, 5, págs. 131-138. doi:10.1061/(ASCE)1084-0702(2000)5:2(131)

8.1 Anexo fotográfico



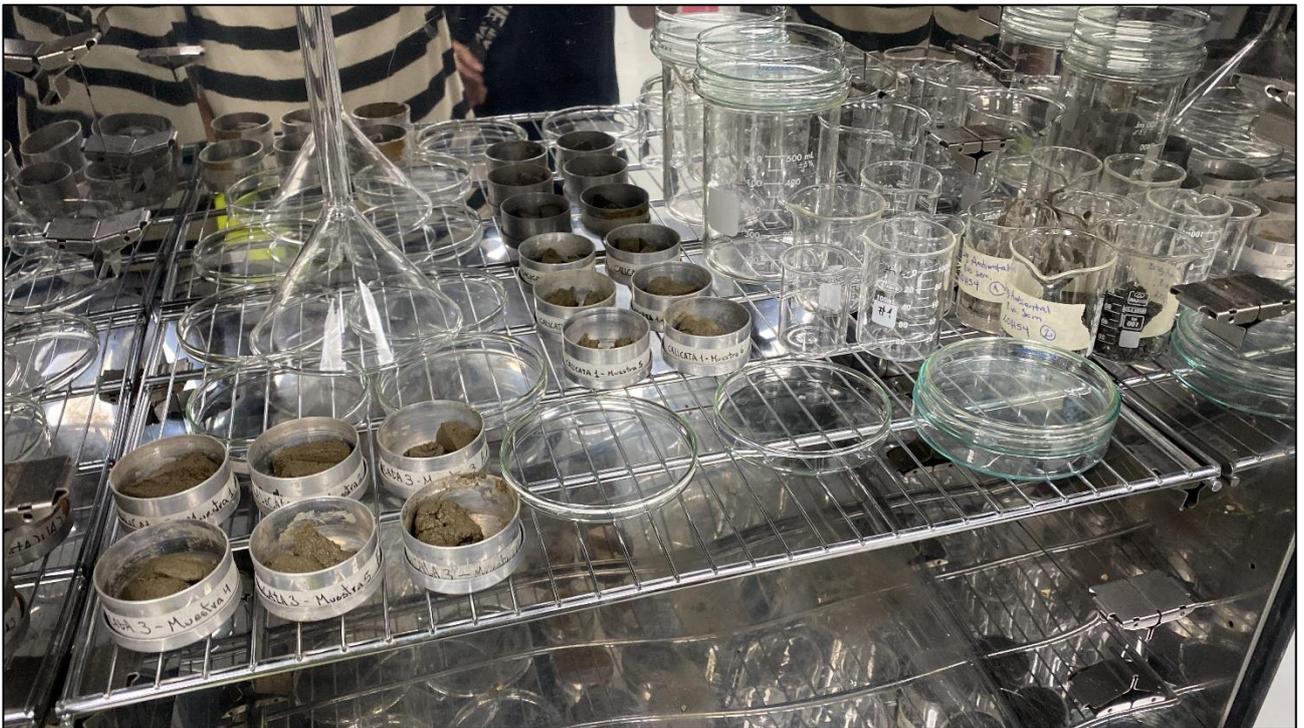








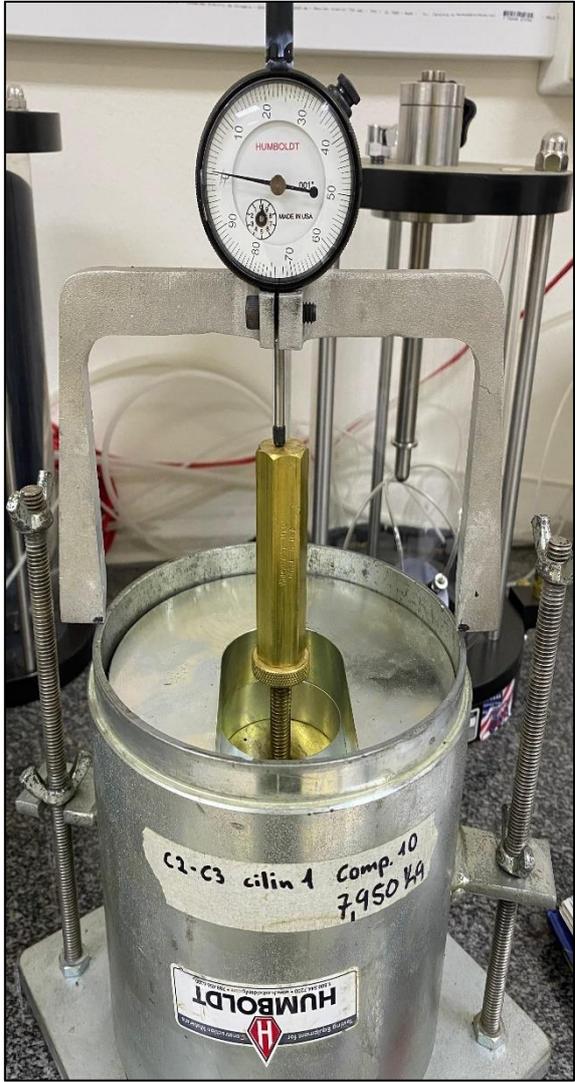
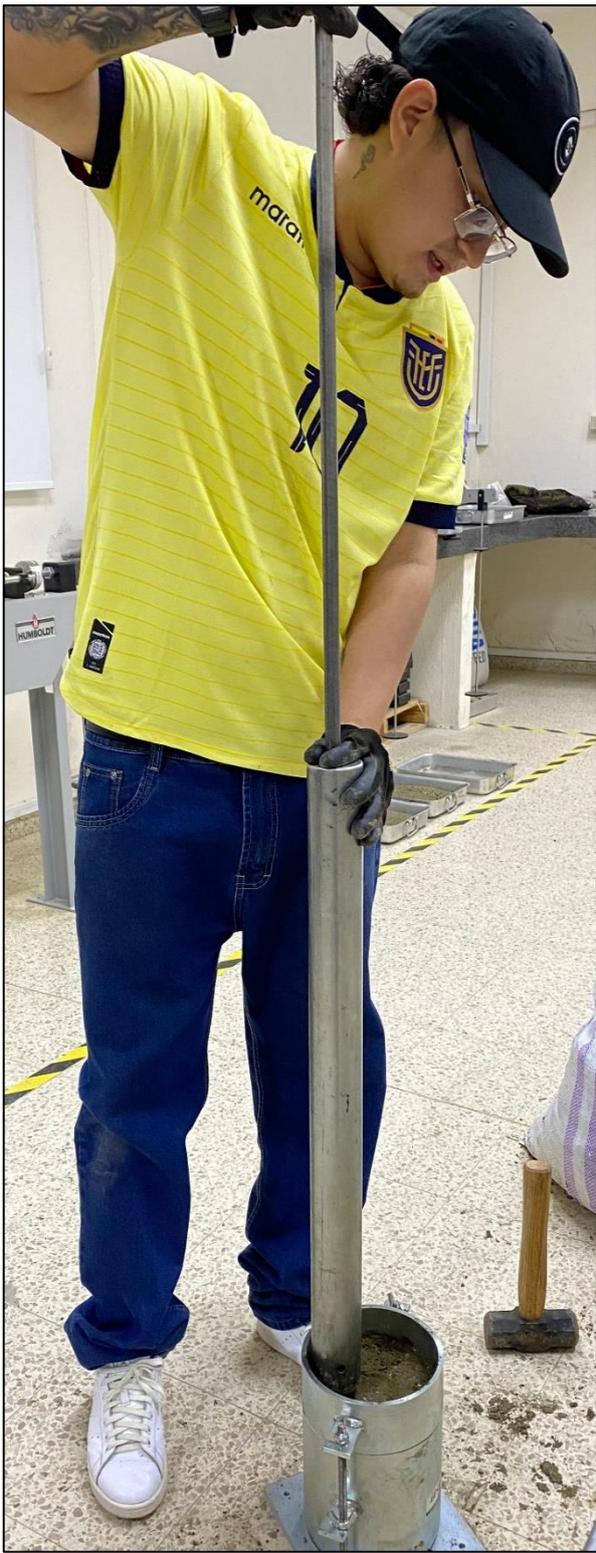




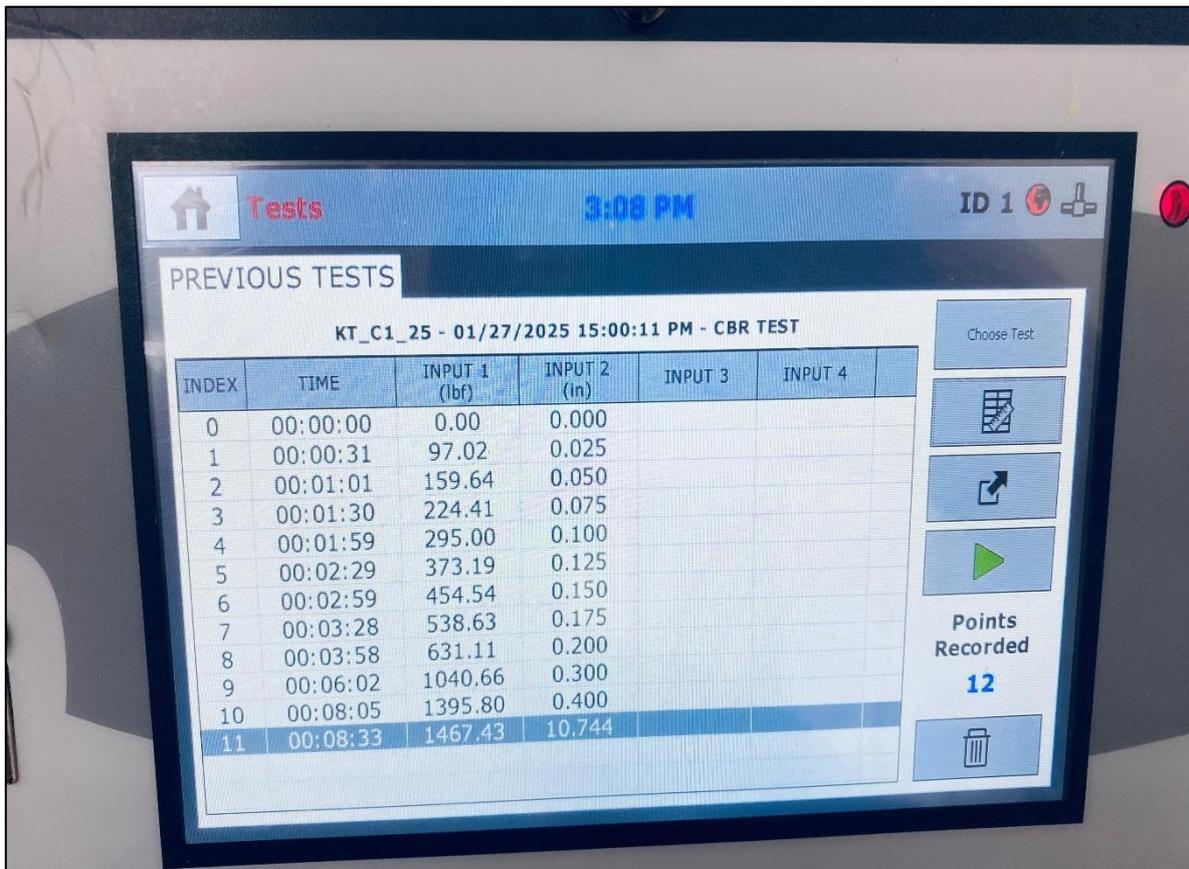
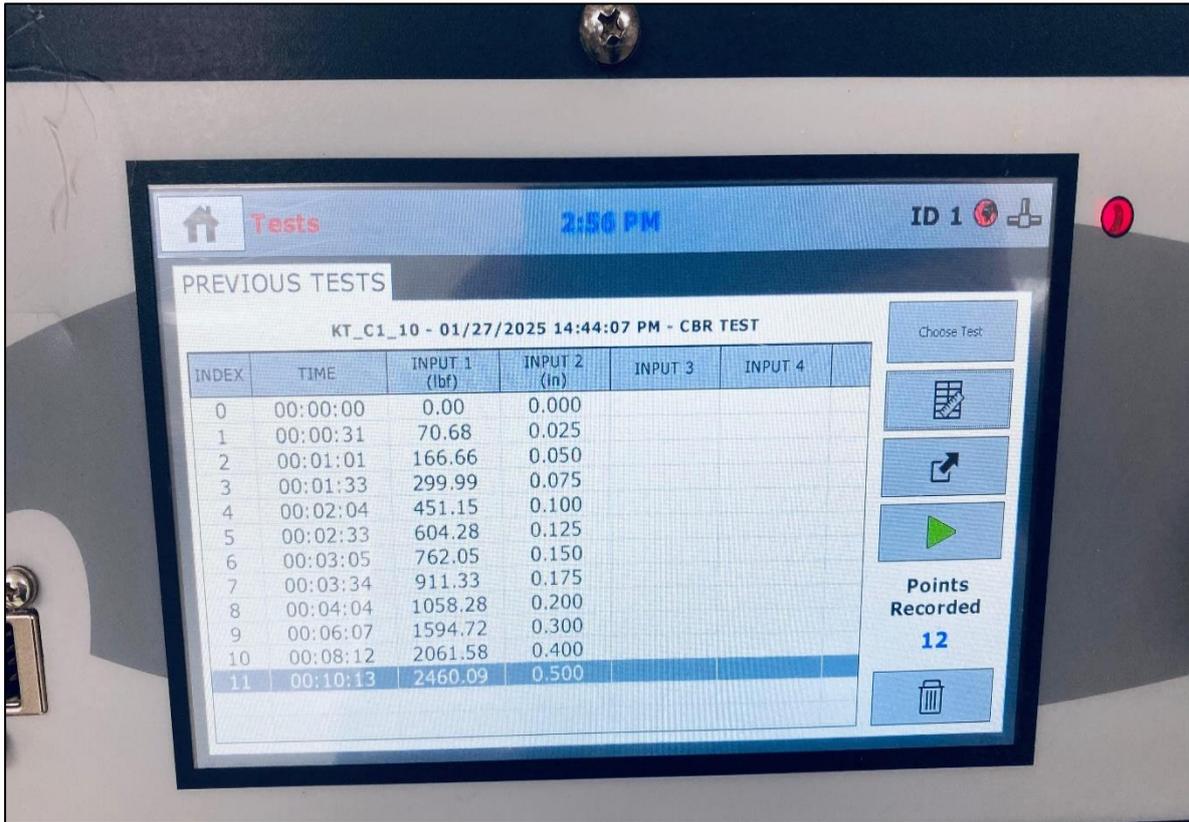


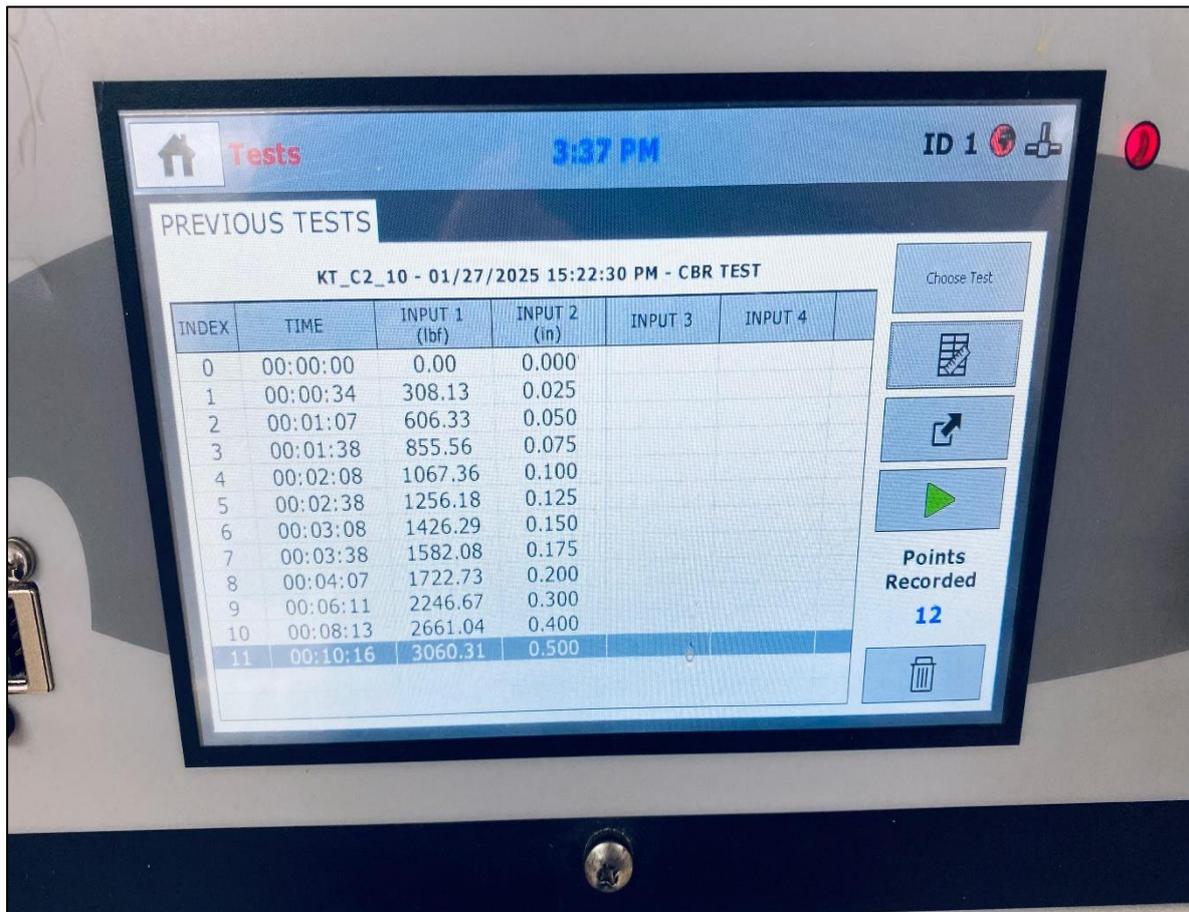
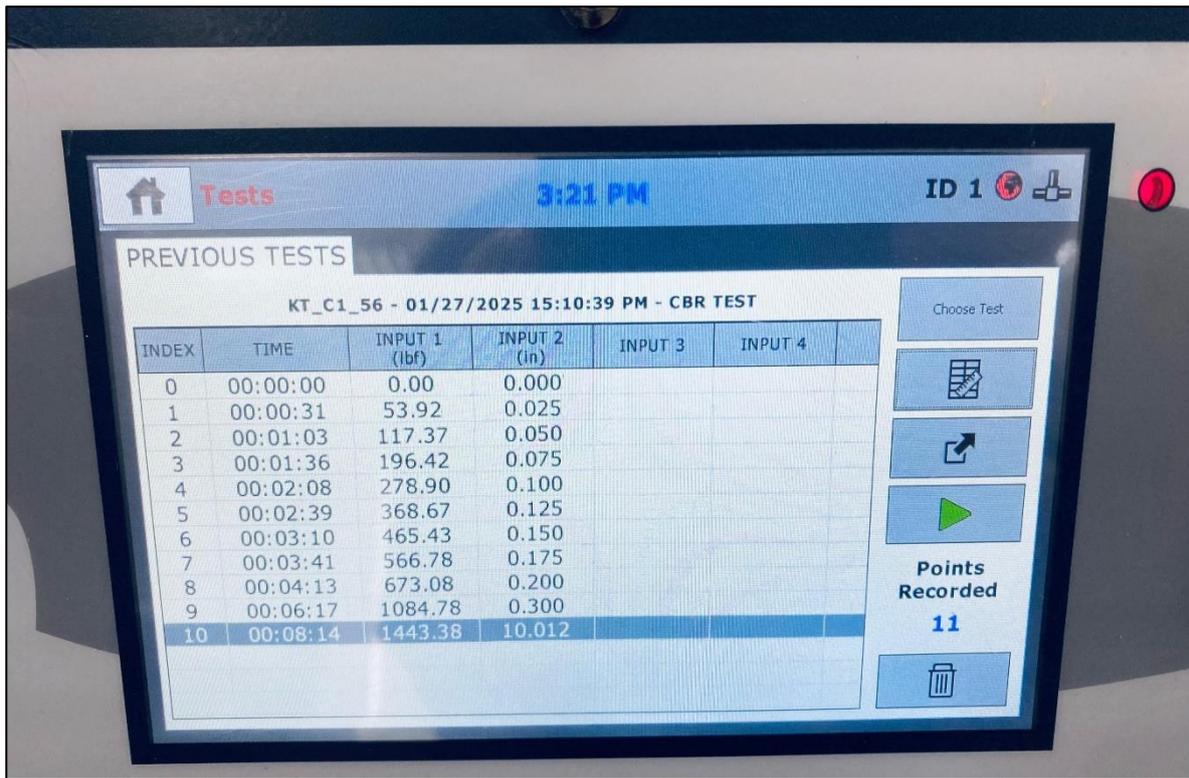












Tests 3:50 PM ID 1

PREVIOUS TESTS

KT_C2_25 - 01/27/2025 15:38:35 PM - CBR TEST

| INDEX | TIME | INPUT 1 (lbf) | INPUT 2 (in) | INPUT 3 | INPUT 4 |
|-------|----------|---------------|--------------|---------|---------|
| 0 | 00:00:00 | 0.00 | 0.000 | | |
| 1 | 00:00:34 | 86.68 | 0.025 | | |
| 2 | 00:01:16 | 241.96 | 0.050 | | |
| 3 | 00:01:57 | 470.77 | 0.075 | | |
| 4 | 00:02:33 | 737.09 | 0.100 | | |
| 5 | 00:03:08 | 1039.75 | 0.125 | | |
| 6 | 00:03:41 | 1339.04 | 0.150 | | |
| 7 | 00:04:13 | 1612.58 | 0.175 | | |
| 8 | 00:04:45 | 1915.15 | 0.200 | | |
| 9 | 00:06:57 | 3125.39 | 0.300 | | |
| 10 | 00:09:05 | 4133.56 | 0.400 | | |
| 11 | 00:11:10 | 5011.34 | 0.500 | | |

Choose Test
Points Recorded **12**

Tests 4:07 PM ID 1

PREVIOUS TESTS

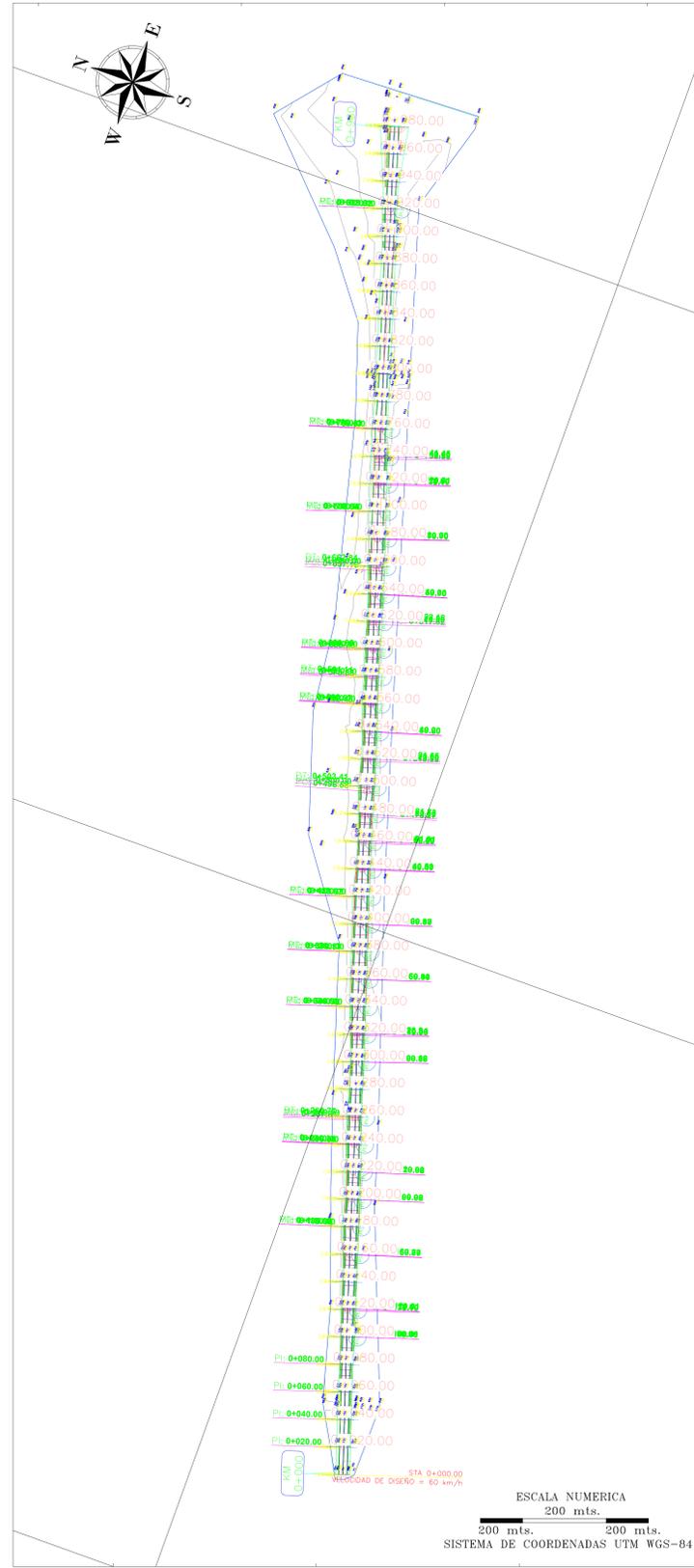
KT_C2_56 - 01/27/2025 15:51:39 PM - CBR TEST

| INDEX | TIME | INPUT 1 (lbf) | INPUT 2 (in) | INPUT 3 | INPUT 4 |
|-------|----------|---------------|--------------|---------|---------|
| 0 | 00:00:00 | 0.00 | 0.000 | | |
| 1 | 00:00:29 | 75.48 | 0.025 | | |
| 2 | 00:01:00 | 171.05 | 0.050 | | |
| 3 | 00:01:31 | 297.35 | 0.075 | | |
| 4 | 00:02:02 | 450.27 | 0.100 | | |
| 5 | 00:02:34 | 631.80 | 0.125 | | |
| 6 | 00:03:05 | 827.00 | 0.150 | | |
| 7 | 00:03:36 | 1034.89 | 0.175 | | |
| 8 | 00:04:07 | 1254.80 | 0.200 | | |
| 9 | 00:06:15 | 2141.13 | 0.300 | | |
| 10 | 00:08:21 | 2907.35 | 0.400 | | |
| 11 | 00:08:32 | 2964.55 | 10.376 | | |

Choose Test
Points Recorded **12**

8.2 Anexo – *Planos diseño geométrico de la vía*

Diseño Geométrico y Estructural de la Av. 16 de Julio de la comuna Palmar

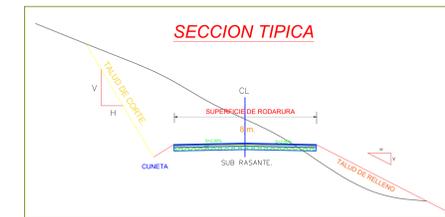


PLANTA DE DISEÑO GEOMETRICO DE VIA DESDE LAS ABCSISA 0+000 AL 0+960
Escala : 1/1 750

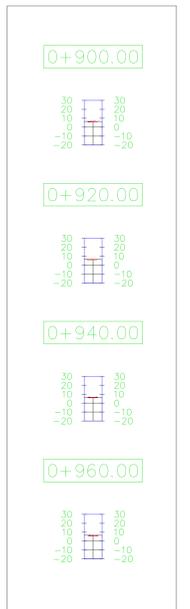
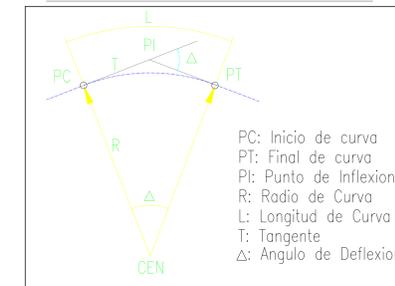


PERFILES TRANSVERSALES DESDE LA ABCSISA 0+000 HASTA A ABCSISA 0+960

| TABLA DE CALCULO DE MOVIMIENTO DE TIERRA | | | | | | |
|--|-----------|----------|-------------|------------|---------------------|--------------------|
| Station | Fill Area | Cut Area | Fill Volume | Cut Volume | Cumulative Fill Vol | Cumulative Cut Vol |
| 0+020.00 | 0.00 | 4.96 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0+040.00 | 0.00 | 4.96 | 0.00 | 99.17 | 0.00 | 99.17 |
| 0+060.00 | 0.00 | 5.03 | 0.00 | 99.87 | 0.00 | 199.04 |
| 0+080.00 | 0.03 | 4.08 | 0.32 | 91.02 | 0.32 | 290.06 |
| 0+100.00 | 0.10 | 5.26 | 1.34 | 93.35 | 1.65 | 383.41 |
| 0+120.00 | 0.10 | 5.76 | 2.02 | 110.15 | 3.68 | 493.56 |
| 0+140.00 | 0.08 | 5.56 | 1.85 | 113.16 | 5.53 | 606.72 |
| 0+160.00 | 0.07 | 5.58 | 1.54 | 111.36 | 7.07 | 718.09 |
| 0+180.00 | 0.04 | 7.05 | 1.07 | 126.31 | 8.14 | 844.40 |
| 0+200.00 | 0.05 | 6.42 | 0.89 | 134.77 | 9.03 | 979.16 |
| 0+220.00 | 0.05 | 6.74 | 1.01 | 131.66 | 10.04 | 1110.83 |
| 0+240.00 | 0.00 | 7.12 | 0.50 | 138.66 | 10.54 | 1249.49 |
| 0+260.00 | 0.01 | 7.52 | 0.13 | 146.45 | 10.67 | 1395.94 |
| 0+280.00 | 0.02 | 6.53 | 0.31 | 140.55 | 10.99 | 1536.49 |
| 0+300.00 | 0.01 | 7.58 | 0.30 | 141.14 | 11.29 | 1677.63 |
| 0+320.00 | 0.01 | 7.82 | 0.25 | 154.04 | 11.53 | 1831.67 |
| 0+340.00 | 0.01 | 9.36 | 0.17 | 171.86 | 11.71 | 2003.53 |
| 0+360.00 | 0.00 | 8.94 | 0.06 | 183.03 | 11.77 | 2186.56 |
| 0+380.00 | 0.02 | 9.65 | 0.21 | 185.92 | 11.98 | 2372.48 |
| 0+400.00 | 0.00 | 9.70 | 0.20 | 193.51 | 12.17 | 2565.99 |
| 0+420.00 | 0.00 | 10.45 | 0.00 | 201.51 | 12.17 | 2767.50 |
| 0+440.00 | 0.00 | 9.40 | 0.00 | 198.58 | 12.17 | 2966.08 |
| 0+460.00 | 0.00 | 8.91 | 0.00 | 183.13 | 12.17 | 3149.21 |
| 0+480.00 | 0.03 | 8.62 | 0.26 | 175.12 | 12.44 | 3324.33 |
| 0+500.00 | 0.02 | 9.18 | 0.49 | 178.00 | 12.92 | 3502.33 |
| 0+520.00 | 0.05 | 7.78 | 0.77 | 169.57 | 13.69 | 3671.89 |
| 0+540.00 | 0.03 | 7.92 | 0.81 | 157.06 | 14.51 | 3828.95 |
| 0+560.00 | 0.03 | 7.17 | 0.58 | 150.90 | 15.09 | 3979.86 |
| 0+580.00 | 0.05 | 6.76 | 0.86 | 139.29 | 15.95 | 4119.15 |
| 0+600.00 | 0.09 | 6.20 | 1.44 | 129.60 | 17.38 | 4248.75 |
| 0+620.00 | 0.25 | 3.77 | 3.44 | 99.67 | 20.82 | 4348.42 |
| 0+640.00 | 0.27 | 4.75 | 5.20 | 85.20 | 26.02 | 4433.62 |
| 0+660.00 | 0.00 | 4.48 | 2.66 | 92.31 | 28.68 | 4525.93 |
| 0+680.00 | 0.00 | 3.64 | 0.00 | 81.18 | 28.68 | 4607.11 |
| 0+700.00 | 0.00 | 3.55 | 0.00 | 71.84 | 28.68 | 4678.95 |
| 0+720.00 | 0.00 | 2.78 | 0.00 | 63.31 | 28.68 | 4742.25 |
| 0+740.00 | 0.01 | 2.51 | 0.09 | 52.93 | 28.78 | 4795.18 |
| 0+760.00 | 0.01 | 2.86 | 0.20 | 53.68 | 28.97 | 4848.86 |
| 0+780.00 | 0.00 | 2.75 | 0.10 | 56.11 | 29.08 | 4904.98 |
| 0+800.00 | 0.00 | 3.39 | 0.00 | 61.40 | 29.08 | 4966.37 |
| 0+820.00 | 0.00 | 3.81 | 0.00 | 71.93 | 29.08 | 5038.30 |
| 0+840.00 | 0.00 | 3.94 | 0.00 | 77.50 | 29.08 | 5115.80 |
| 0+860.00 | 0.00 | 4.12 | 0.00 | 80.64 | 29.08 | 5196.44 |
| 0+880.00 | 0.00 | 4.27 | 0.00 | 83.92 | 29.08 | 5280.37 |
| 0+900.00 | 0.00 | 4.16 | 0.00 | 84.30 | 29.08 | 5364.67 |
| 0+920.00 | 0.00 | 4.42 | 0.00 | 85.82 | 29.08 | 5450.48 |
| 0+940.00 | 0.00 | 4.74 | 0.00 | 91.61 | 29.08 | 5542.09 |
| 0+960.00 | 0.00 | 4.83 | 0.00 | 95.66 | 29.09 | 5637.75 |

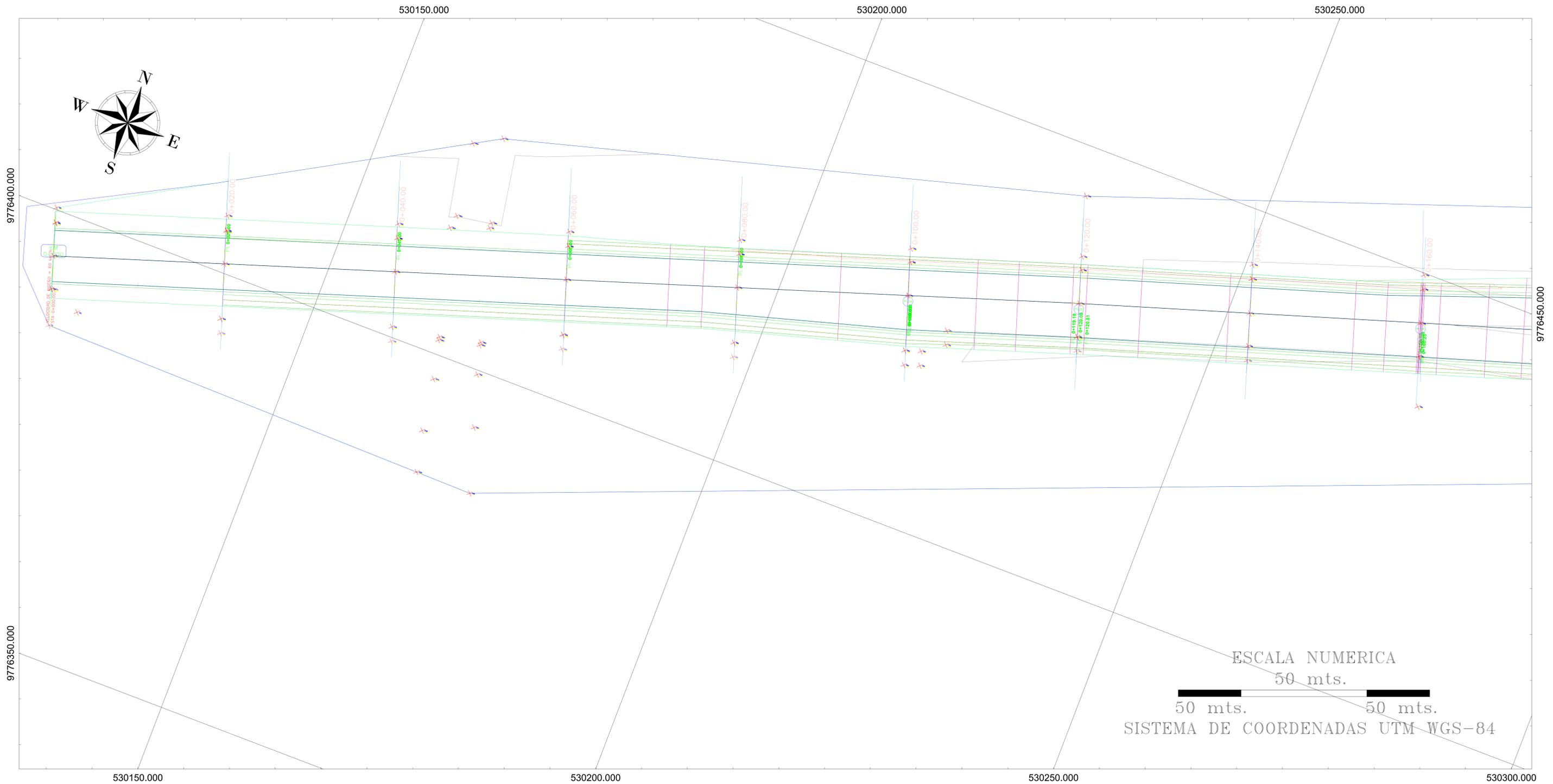


ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR



Proyecto:
Diseño Geométrico y Estructural de la Av. 16 de Julio de la comuna Palmar-parroquia Colonche-Cantón Santa Elena, Ecuador.

| | | | |
|--|---------------------------|--|-----------------------------|
| Universidad: Politécnica Salesiana. | Provincia: Santa Elena | CANTON: Santa Elena | Comuna: Palmar |
| Área: 48185.80 m ² | Perímetro: 2191.89 m | Sistema de proyección: WGS - 84 ZONA -17S | fecha: 02 - FEBRERO 2025 |
| Digitalizado por: Sebastián Torres | | | Escala: 1:2500 |
| | | | LAMINA L-01 |



Institución: Universidad Politécnica Salesiana ; Carrera de Ingeniería Civil

Título: Levantamiento altimétrico y planimétrico del Diseño Geométrico y Estructural de la Av. 16 de Julio de la comuna Palmar-parroquia Colonche-Cantón Santa Elena, Ecuador.

Autores: Sebastián Torres

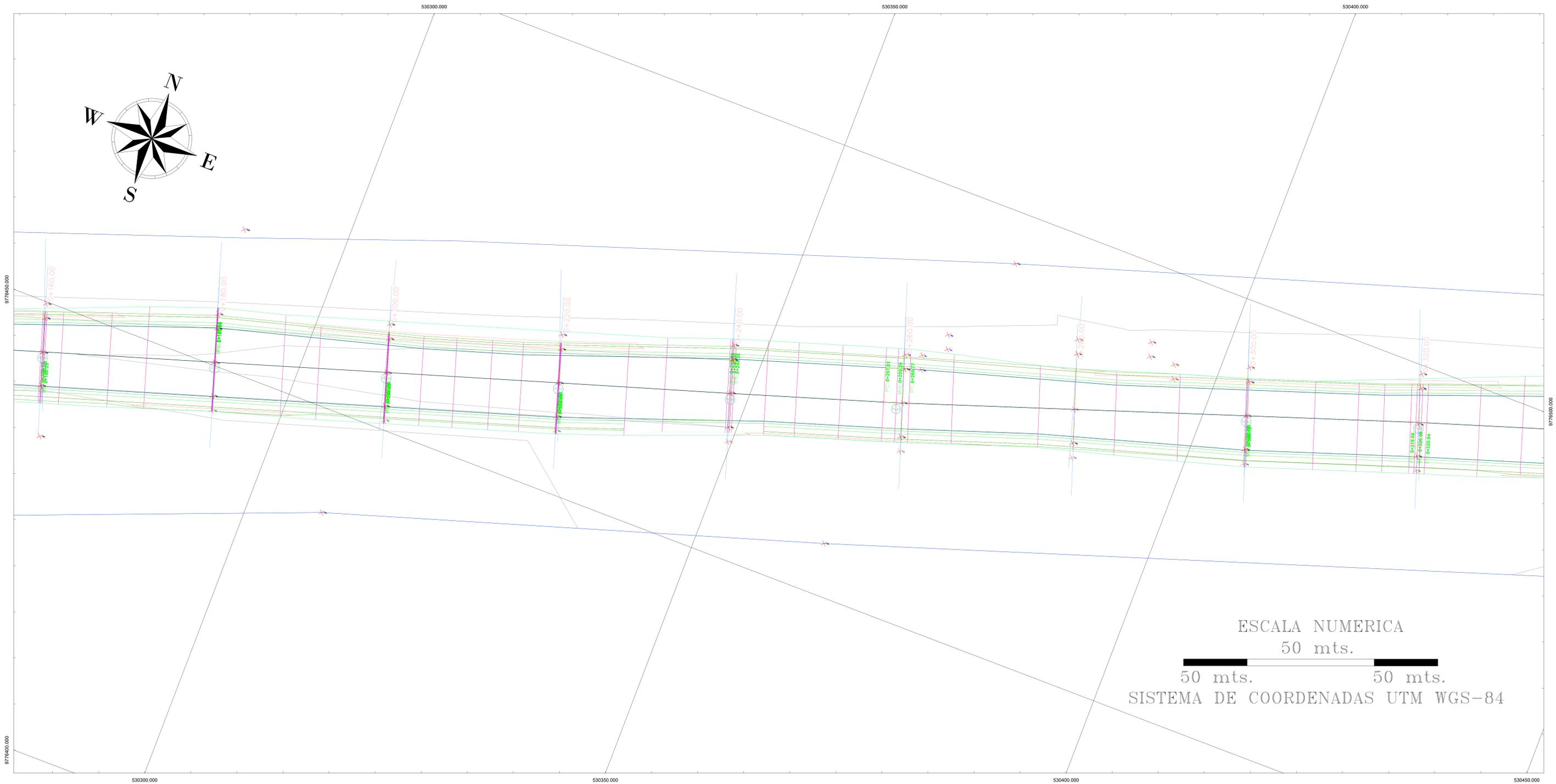


Escala: 1:1000

Formato: A-0

Fecha: Febrero/ 2025

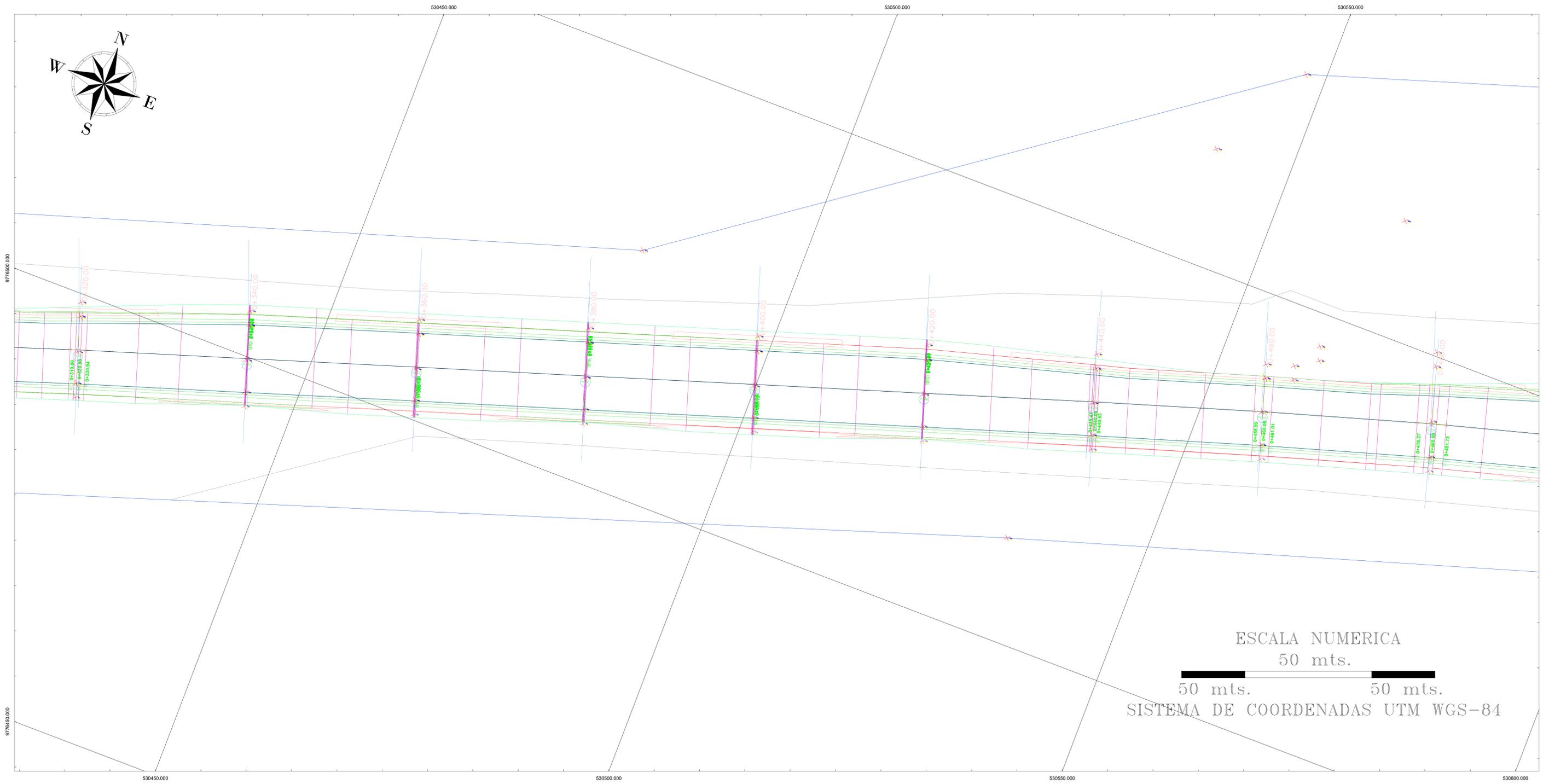
Lamina: 1/6



Institución: Universidad Politécnica Salesiana ; Carrera de Ingeniería Civil

Título: Levantamiento altimétrico y planimétrico del Diseño Geométrico y Estructural de la Av. 16 de Julio de la comuna Palmar-parroquia Colonche-Cantón Santa Elena, Ecuador.

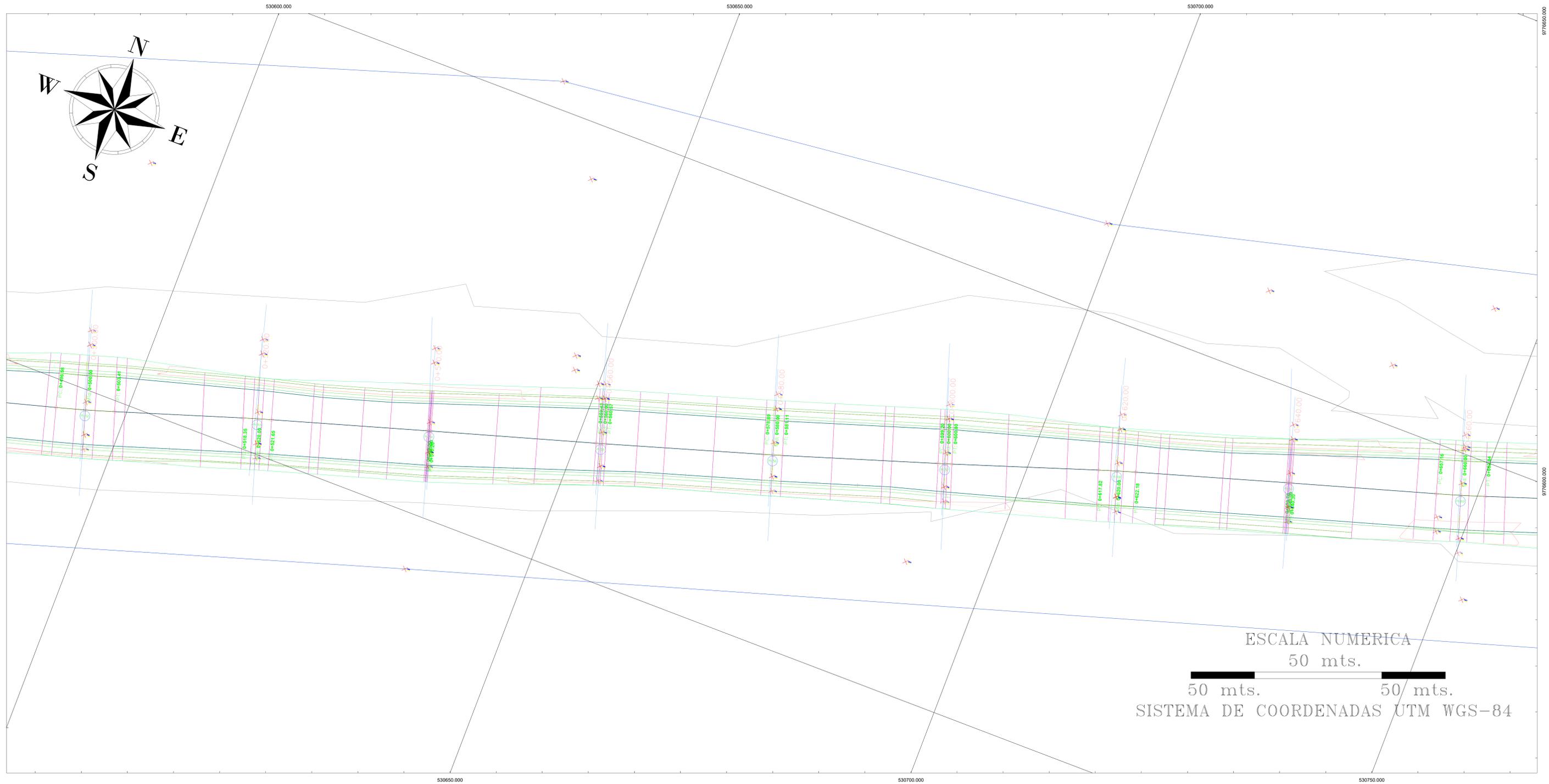
Autores: Sebastián Torres



Institución: Universidad Politécnica Salesiana ; Carrera de Ingeniería Civil

Título: Levantamiento altimétrico y planimétrico del Diseño Geométrico y Estructural de la Av. 16 de Julio de la comuna Palmar-parroquia Colonche-Cantón Santa Elena, Ecuador.

Autores: Sebastián Torres



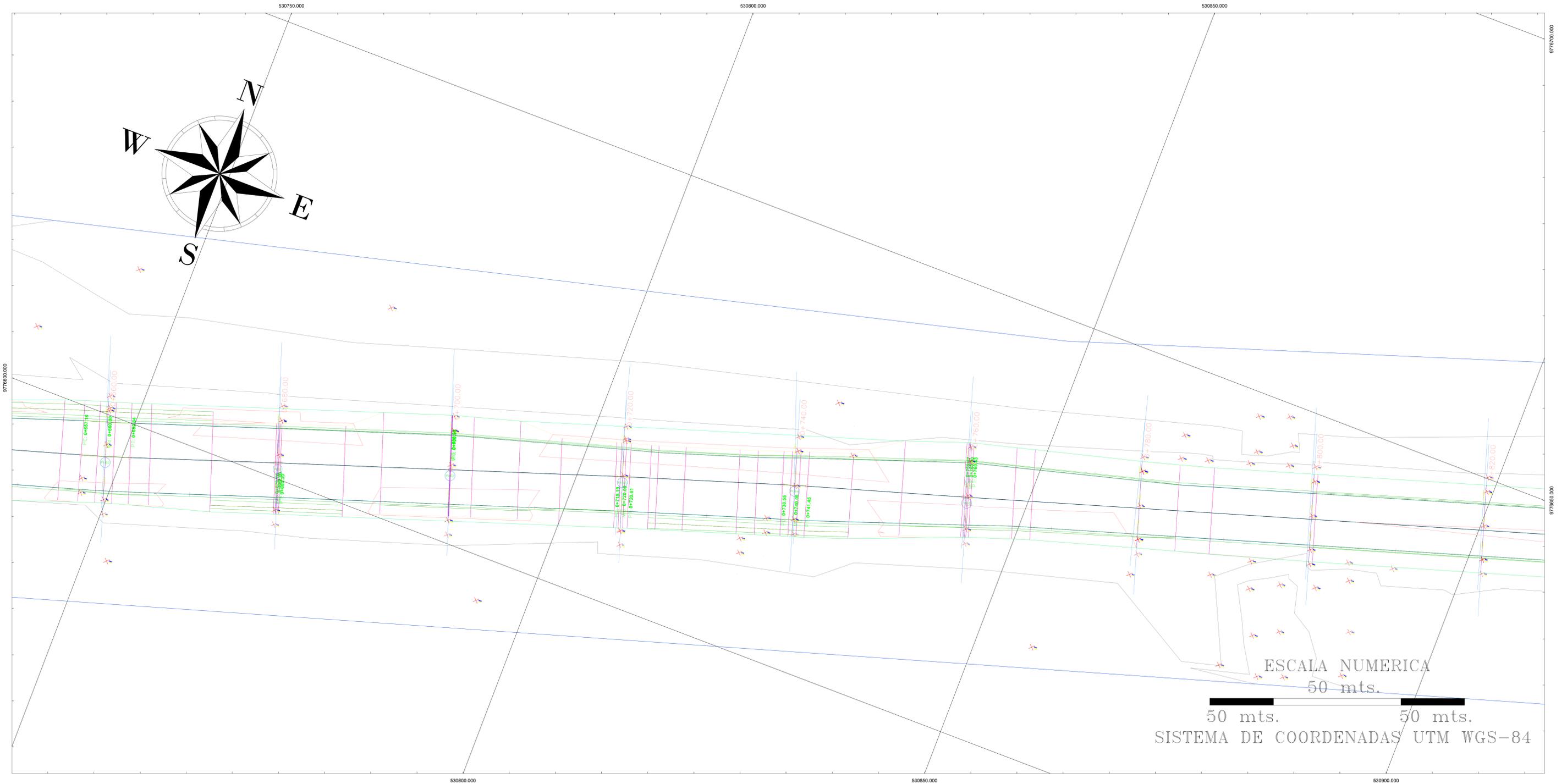
Institución: Universidad Politécnica Salesiana ; Carrera de Ingeniería Civil

Título: Levantamiento altimétrico y planimétrico del Diseño Geométrico y Estructural de la Av. 16 de Julio de la comuna Palmar-parroquia Colonche-Cantón Santa Elena, Ecuador.

Autores: Sebastián Torres

Escala: 1:1000
Formato: A-0

Fecha: Febrero/ 2025
Lamina: 4/6



Institución: Universidad Politécnica Salesiana ; Carrera de Ingeniería Civil

Título: Levantamiento altimétrico y planimétrico del Diseño Geométrico y Estructural de la Av. 16 de Julio de la comuna Palmar-parroquia Colonche-Cantón Santa Elena, Ecuador.

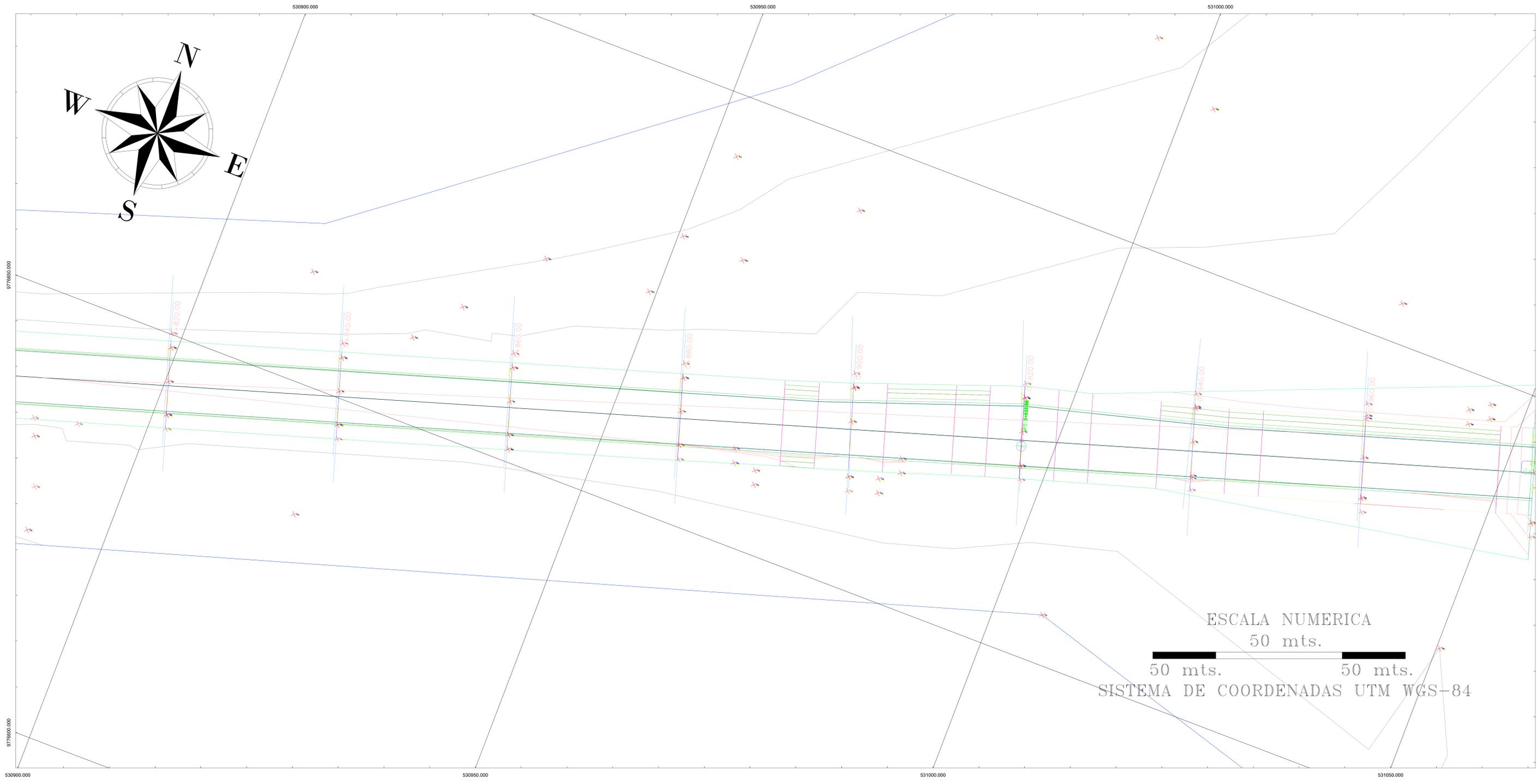
Autores: Sebastián Torres

Escala: 1:1000

Formato: A-0

Fecha: Febrero/ 2025

Lamina: 5/6



Institución: Universidad Politécnica Salesiana ; Carrera de Ingeniería Civil

Título: Levantamiento altimétrico y planimétrico del Diseño Geométrico y Estructural de la Av. 16 de Julio de la comuna Palmar-parroquia Colonche-Cantón Santa Elena, Ecuador.

Autores: Sebastián Torres



Escala: 1:1000

Formato: A-0

Fecha: Febrero/ 2025

Lamina: 6/6