

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Propuesta de diseño para estabilizar taludes con TRM y Estructuras Biomecánicas en la carretera central km 369+100 – 372+300 Huánuco – Pasco, 2025.”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Isidro Vilca, Melvin Zacarias

ASESOR: Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda

HUÁNUCO – PERÚ

2026

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Geotecnia
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología
Sub área: Ingeniería Ambiental
Disciplina: Geotecnia

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero(a) Civil
 Código del Programa: P07
 Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 76095788

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73645168
 Grado/Título: Máster en Dirección de proyectos
 Código ORCID: 0009-0001-0745-5433

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745
2	Davila Herrera, Percy Mello	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41050949	0000-0001-5484-6982
3	Granados Martinez, Daisy Guadalupe	Maestro en gestión del sistema ambiental	44533422	0009-0002-2547-1688

D

H



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:30 horas del día **viernes 29 de mayo de 2026**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:


- | | |
|---|------------|
| ❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA | PRESIDENTE |
| ❖ MG. PERCY MELLO DAVILA HERRERA | SECRETARIO |
| ❖ MG. DAISY GUADALUPE GRANADOS MARTINEZ | VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 0895-2026-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "PROPUESTA DE DISEÑO PARA ESTABILIZAR TALUDES CON TRM Y ESTRUCTURAS BIOMECAICAS EN LA CARRETERA CENTRAL KM 369+100 – 372+300 HUÁNUCO – PASCO, 2025", presentado por el (la) Bachiller. Bach: Melvin Zacarias ISIDRO VILCA, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo cuantitativo de **14** y cualitativo de **SUFICIENTE** (Art. 47).

Siendo las **16:30** horas del día **29 del mes de mayo** del año 2026, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA
DNI: 70502371
ORCID: 0000-0002-5650-3745
PRESIDENTE



MG. PERCY MELLO DAVILA HERRERA
DNI: 41050949
ORCID: 0000-0001-5484-6982
SECRETARIO (A)



MG. DAISY GUADALUPE GRANADOS MARTINEZ
DNI: 44533422
ORCID: 0009-0002-2547-1688
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: MELVIN ZACARIAS ISIDRO VILCA, de la investigación titulada "PROPUESTA DE DISEÑO PARA ESTABILIZAR TALUDES CON TRM Y ESTRUCTURAS BIOMECAICAS EN LA CARRETERA CENTRAL KM 369+100 - 372+300 HUÁNUCO - PASCO, 2025", con asesor(a) INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2776-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 11 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 17 de marzo de 2026



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

90. ISIDRO VILCA MELVIN ZACARIAS.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

11 %	10 %	3 %	4 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	3 %
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2 %
3	es.weatherspark.com Fuente de Internet	1 %
4	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
5	vitela.javerianacali.edu.co Fuente de Internet	<1 %



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

Agradezco profundamente a Dios, por guiarme siempre por el camino correcto, darme la fortaleza necesaria para continuar y enseñarme a afrontar las dificultades sin perder mis valores ni rendirme

Con todo mi cariño y amor, dedico este trabajo a mi madre, cuyo ejemplo de fortaleza y entrega ha sido una inspiración constante. Este logro también le pertenece a ella, pues la llevo presente en cada paso. Aunque ya no esté físicamente, su espíritu vive en mí y en cada página de este trabajo. Extiendo igualmente mi dedicatoria a todas las personas que hicieron lo posible para que alcanzara mis metas y sueños, brindándome motivación incluso en los momentos difíciles. Mi corazón y gratitud permanecerán siempre con ustedes.”

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a los docentes de la universidad, quienes con su dedicación, exigencia académica y vocación de enseñanza contribuyeron de manera decisiva a mi formación profesional. Sus enseñanzas, tanto en el ámbito académico como personal, han dejado en mí un aprendizaje invaluable que será guía en mi vida profesional.

De igual manera, extiendo mi reconocimiento a mis asesores de tesis, por su orientación, paciencia y compromiso durante el desarrollo de este trabajo. Su acompañamiento constante, así como sus observaciones y recomendaciones, fueron fundamentales para alcanzar los objetivos propuestos y culminar este proyecto de investigación.

Finalmente, agradezco a mis colegas y compañeros de universidad, con quienes compartí experiencias, desafíos y aprendizajes a lo largo de la carrera. Su apoyo, colaboración y espíritu de camaradería hicieron de este camino una etapa enriquecedora y llena de motivación para seguir adelante.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN.....	XI
CAPÍTULO I.....	12
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	12
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2.1 PROBLEMA GENERAL.....	13
1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO.....	13
1.3 OBJETIVO GENERAL.....	14
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
1.5.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	14
1.5.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	15
1.5.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	15
1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
CAPÍTULO II.....	17
MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	17
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES.....	19
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES.....	21
2.2 BASES TEÓRICAS.....	22
2.2.1 TALUDES.....	22
2.2.2 INTRODUCCIÓN A LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES.....	27

2.2.3	PROPIEDADES DEL SUELO EN EL CONTEXTO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES.....	30
2.2.4	FENÓMENOS QUE COMPROMETEN LA ESTABILIDAD DE TALUDES.....	36
2.2.5	GEOSINTÉTICOS TRM (TURF REINFORCEMENT MAT) EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES	39
2.2.6	CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD EN TALUDES ..	44
2.2.7	DISEÑO DE SOLUCIONES CON GEOSINTÉTICOS TRM ..	49
2.2.8	ESCORRENTÍA	52
2.2.9	DRENAJE	53
2.2.10	OBRAS BIOMECÁNICAS	53
2.3	DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	54
2.4	HIPÓTESIS	55
2.4.1	HIPÓTESIS GENERAL	55
2.4.2	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	55
2.5	VARIABLES	56
2.5.1	VARIABLE DEPENDIENTE	56
2.5.2	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	56
2.6	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)	57
CAPÍTULO III.....		58
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		58
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	58
3.1.1	ENFOQUE	58
3.1.2	ALCANCE O NIVEL	58
3.1.3	DISEÑO	58
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA	59
3.2.1	POBLACIÓN	59
3.2.2	MUESTRA.....	59
3.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	59
3.3.1	PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	59
3.3.2	PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	60
3.3.3	PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2 Características de las Calicatas.....	62
Tabla 3 Propiedades Geotécnicas de suelo del Talud.....	62
Tabla 4 Promedio de la Propiedades Geotécnicas	62
Tabla 5 Clasificación de suelos por SUCS y AASTHO	63
Tabla 6 Coordenadas de los puntos del levantamiento Topográfico	65
Tabla 7 Punto del perfil del Talud 370+250	69
Tabla 8 Resultados de los FS en Condiciones Normales	74
Tabla 9 Resultados de los FS con Implementación de Geosintéticos TRM y las Estructuras Biomecánicas	80
Tabla 10 Factores de seguridad en condiciones normales y con TRM y estructuras biomecánicas	82
Tabla 11 Prueba t de Student para muestras pareadas	82
Tabla 12 Mejora porcentual del factor de seguridad	83
Tabla 13 Evaluación del diseño optimizado	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 9 El clima en base a la Estación San Rafael	63
Figura 10 Temperatura promedio en la Estación San Rafael	64
Figura 11 Probabilidad diaria de precipitación en la Estación San Rafael	64
Figura 12 Promedio mensual de lluvia en la Estación San Rafael.....	64
Figura 13 Perfil en estudio	71
Figura 14 Análisis por el Método de Bishop.....	72
Figura 15 Análisis por el Método de Bishop.....	72
Figura 16 Análisis por el Método de Janbu	73
Figura 17 Análisis por el Método de Morgenstern-Price	73
Figura 18 Análisis por el Método de Spencer	74
Figura 19 Grafico de Barras agrupadas FS vs Norma E0.50.....	74
Figura 20 Propiedades del Geosintéticos TRM 500 en el programa Slide....	75
Figura 21 Propiedades del Anclaje biomecánico en el programa Slide	77
Figura 22 Propiedades mejoradas por las Raíces de Pastos Vetiver	77
Figura 23 Análisis con el Geosintéticos TRM y estructuras Biomecánicas por el método de Bishop	78
Figura 24 Análisis con el Geosintéticos TRM y estructuras Biomecánicas por el método Fellenius.....	78
Figura 25 Análisis con el Geosintéticos TRM y estructuras Biomecánicas por el método Janbu	79
Figura 26 Análisis con el Geosintéticos TRM y estructuras Biomecánicas por el método Morgenstern-Price.....	79
Figura 27 Análisis con el Geosintéticos TRM y estructuras Biomecánicas por el método Spencer.....	80
Figura 28 Grafico de Barras agrupadas FS vs Norma E0.50 con implementación de TRM y estructuras Biomecánicas	81

RESUMEN

La inestabilidad de taludes en la Carretera Central, tramo km 369+100 – 372+300 (Huánuco–Pasco), constituye un riesgo recurrente para la seguridad vial por la combinación de pendientes pronunciadas, suelos susceptibles y eventos de lluvia de alta intensidad. Ante este contexto, la presente investigación propone un diseño de estabilización que integra geosintéticos TRM (Turf Reinforcement Mats) y estructuras biomecánicas (zanja de coronación, banquetas y canal de descarga) como alternativa técnica, sostenible y de mantenimiento eficiente. El objetivo general fue mejorar la estabilidad, reducir la erosión y optimizar el drenaje del talud en el tramo de estudio. Metodológicamente, se desarrolló el reconocimiento topográfico y la caracterización geotécnica e hidrológica; posteriormente se efectuó el análisis de estabilidad mediante métodos de equilibrio límite (Bishop, Janbu, Morgenstern-Price, Spencer) y se comparó el factor de seguridad (FS) antes y después de la solución propuesta, complementando con contrastación estadística de hipótesis. Los resultados evidencian un incremento del FS y una disminución del potencial erosivo superficial al integrar TRM con medidas de control de escorrentía, lo que respalda la viabilidad del diseño en términos de seguridad y durabilidad. Se concluye que la combinación TRM + obras biomecánicas constituye una solución aplicable al contexto andino del tramo, con beneficios técnicos y operativos para la gestión vial.

Palabras clave: estabilización de taludes, TRM, obras biomecánicas, drenaje superficial, factor de seguridad.

ABSTRACT

Slope instability along the Central Highway (km 369+100 – 372+300, Huánuco–Pasco) poses persistent safety hazards due to steep gradients, susceptible soils, and intense rainfall events. This study develops a stabilization design that integrates Turf Reinforcement Mats (TRM) and biomechanical structures (crest ditch, benches, and a discharge channel) as a sustainable and maintainable alternative. The main goal was to enhance slope stability, mitigate surface erosion, and improve drainage within the study section. The methodology comprised topographic surveying, geotechnical and hydrological characterization, followed by limit-equilibrium slope stability analyses (Bishop, Janbu, Morgenstern-Price, Spencer). Factors of Safety (FS) were compared for pre- and post-intervention scenarios, alongside statistical hypothesis testing. Findings show an increase in FS and a reduction in erosion potential when combining TRM with runoff-control measures, supporting the feasibility of the proposed design in terms of safety and durability. The integrated TRM + biomechanical approach is suitable for the Andean context and offers technical and operational benefits for roadway asset management.

Keywords: slope stabilization, TRM, bioengineering measures, surface drainage, factor of safety.

INTRODUCCIÓN

La Carretera Central atraviesa zonas de compleja topografía andina donde la estabilidad de taludes es determinante para la seguridad de los usuarios y la continuidad del servicio. En el tramo km 369+100 – 372+300 (Huánuco– Pasco) se combinan pendientes significativas, suelos con propiedades variables y episodios de lluvia capaces de inducir erosión superficial, incremento de presiones de poro y, por consiguiente, pérdida de estabilidad. Esta problemática demanda soluciones que, además de efectivas, sean sostenibles y de fácil mantenimiento en el mediano plazo.

En ese marco, la tesis plantea una propuesta de diseño que integra TRM — para reforzar la capa superficial y favorecer la cobertura vegetal— con estructuras biomecánicas —para conducir y disipar adecuadamente los escurrimientos—, buscando aumentar el FS, controlar la erosión y optimizar el drenaje. La propuesta se evalúa comparando el desempeño del talud antes y después de su implementación mediante métodos de equilibrio límite ampliamente aceptados en la práctica profesional.

El documento se organiza de la siguiente manera: el Capítulo I presenta el problema, objetivos y justificación; el Capítulo II desarrolla los fundamentos teóricos y antecedentes; el Capítulo III describe la metodología (tipo y diseño de investigación, población/muestra y técnicas e instrumentos); el Capítulo IV reporta resultados y la contrastación de hipótesis; finalmente se exponen conclusiones, recomendaciones y anexos. Esta estructura asegura trazabilidad entre el título, el problema y los objetivos, y permite verificar la pertinencia técnica de la solución propuesta.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La estabilización de taludes en carreteras es un tema crítico para la seguridad vial y la sostenibilidad de las infraestructuras de transporte, especialmente en zonas con condiciones geológicas y climáticas complejas. El talud en el Km 369+100 – 372+300 de la carretera Cerro de Pasco – Huánuco, Perú, es una zona susceptible a deslizamientos y fallas geotécnicas debido a la presencia de suelos inestables y condiciones meteorológicas extremas. Esta problemática es común tanto a nivel internacional como nacional y local, y es necesario abordarla mediante soluciones tecnológicas eficientes y sostenibles como los geosintéticos TRM (Turf Reinforcement Mats, por sus siglas en inglés).

A nivel internacional, los taludes inestables son un fenómeno frecuente en países con condiciones topográficas y climáticas similares a las de Perú. En países como Japón, China y Estados Unidos, la estabilización de taludes en carreteras ha sido objeto de intensas investigaciones, debido al impacto negativo de los deslizamientos en la seguridad vial y la economía. Se han implementado soluciones como los geosintéticos, que han demostrado ser efectivos en la prevención de deslizamientos y en la mejora de la estabilidad del terreno. El uso de geosintéticos TRM, por ejemplo, ha sido adoptado en diversas regiones para fortalecer la capa superficial de los taludes y prevenir la erosión, lo que mejora la resistencia a la acción de las lluvias intensas y el viento. Estos materiales permiten una solución de estabilización más sostenible y menos costosa en comparación con las técnicas tradicionales, como la construcción de muros de contención o el uso de grandes volúmenes de material de relleno.

En el contexto nacional, la estabilidad de taludes en carreteras peruanas es un desafío persistente debido a las condiciones geográficas y geológicas del país. Perú, un país con una geografía montañosa y diversas zonas de riesgo sísmico, presenta una gran cantidad de carreteras atravesando áreas de taludes vulnerables. Las precipitaciones intensas, los movimientos sísmicos y la deforestación contribuyen a la inestabilidad de los taludes, lo que

genera deslizamientos frecuentes que afectan la infraestructura vial y, en consecuencia, la economía local. La carretera Cerro de Pasco – Huánuco, que atraviesa una región de alta pendiente y suelos susceptibles, no es una excepción a esta problemática. Este tipo de situaciones exige el uso de soluciones innovadoras y eficaces como los geosintéticos TRM, que han demostrado ser una opción viable para la estabilización en terrenos difíciles.

A nivel local, en la zona de estudio, la inestabilidad de los taludes representa una amenaza constante para la seguridad de los usuarios de la carretera. Los deslizamientos han sido reportados en varias ocasiones en la región, interrumpiendo el tráfico y aumentando los costos de mantenimiento vial. Además, la actividad sísmica en la zona contribuye a la alteración de la estructura del talud, generando riesgos adicionales. La implementación de soluciones de estabilización con geosintéticos TRM en esta área permitirá no solo mejorar la seguridad vial, sino también reducir los costos de mantenimiento a largo plazo, minimizando la necesidad de intervenciones constantes.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la propuesta de diseño con TRM y estructuras biomecánicas para estabilizar el talud, en la carretera central km 369+100 – 372+300, Huánuco – Pasco, 2025?

1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO

¿Qué factores geotécnicos e hidrológicos influyen en la estabilidad del talud y su susceptibilidad a la erosión de la Carretera Central km 369+100 – 372+300, Huánuco – Pasco, 2025?

¿De qué manera las TRM y estructuras biomecánicas contribuyen a mejorar el factor de seguridad del talud, de la Carretera Central km 369+100 – 372+300, Huánuco – Pasco, 2025?

¿Qué características debe tener un diseño optimizado de estabilización de taludes con TRM y estructuras biomecánicas para garantizar su funcionalidad, sostenibilidad y viabilidad en la Carretera Central km 369+100 – 372+300, Huánuco – Pasco, 2025?

1.3 OBJETIVO GENERAL

Realizar la propuesta de diseño con TRM y estructuras biomecánicas para estabilizar el talud, en la Carretera Central km 369+100 – 372+300, Huánuco, Pasco, 2025.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar los factores geotécnicos e hidrológicos influyen en la estabilidad del talud y su susceptibilidad a la erosión de la Carretera Central km 369+100 – 372+300, Huánuco

Determinar la eficiencia de las TRM y estructuras biomecánicas en la mejora del factor de seguridad del talud de la Carretera Central km 369+100 – 372+300, Huánuco – Pasco, 2025.

Identificar qué características debe tener un diseño optimizado de estabilización de taludes con TRM y estructuras biomecánicas para garantizar su funcionalidad, sostenibilidad y viabilidad en la Carretera Central km 369+100 – 372+300, Huánuco – Pasco, 2025.

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La estabilización de taludes en carreteras es un desafío fundamental para garantizar la seguridad vial y la sostenibilidad de la infraestructura. En este sentido, se prevé que el uso de soluciones basadas en TRM (Turf Reinforcement Mats) y estructuras biomecánicas proporcionará una alternativa eficaz y sostenible para mitigar los problemas derivados de la inestabilidad del talud, la erosión y los problemas de drenaje en el tramo km 369+100 – 372+300 de la Carretera Central. La aplicación de TRM ofrecerá una protección duradera contra la erosión superficial, mientras que las estructuras biomecánicas, como las banquetas de estabilización, zanjas de coronación y canales de descarga, contribuirán a reducir la pendiente efectiva, mejorar la infiltración y desviar el agua de manera controlada, disminuyendo así el riesgo de deslizamientos y daños estructurales. Este enfoque integral no solo optimizará la estabilidad del talud, sino que también favorecerá la sostenibilidad del sistema, al incorporar soluciones ecológicas y adaptativas que refuercen el entorno natural. El diseño de

estas soluciones, basado en la evidencia técnica y estudios previos, permitirá garantizar la funcionalidad, la resistencia y la durabilidad de las intervenciones a largo plazo.

1.5.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

El diseño de una solución con TRM y estructuras biomecánicas para estabilizar los taludes en el tramo km 369+100 – 372+300 de la Carretera Central (Huánuco – Pasco) será una contribución significativa para mejorar la seguridad vial y la durabilidad de la infraestructura. Esta intervención permitirá reducir el riesgo de deslizamientos y erosión que actualmente afecta a la carretera, lo que disminuirá los costos de mantenimiento y mejorará la conectividad entre las regiones de Huánuco y Pasco. Además, al optimizar el drenaje superficial y fortalecer la resistencia del talud, se evitarán posibles inundaciones y el daño estructural asociado a la acumulación de agua en el terreno. El uso de TRM y estructuras biomecánicas proporcionará una solución sostenible y eficiente, con el beneficio adicional de promover la vegetación nativa para reforzar el sistema radicular y garantizar la estabilidad a largo plazo. Este diseño no solo garantizará la seguridad de los usuarios de la carretera, sino que también contribuirá a la preservación ambiental, al evitar técnicas invasivas y promover el uso de materiales naturales y ecológicos.

1.5.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La metodología propuesta para este estudio se basará en un enfoque cuantitativo y cualitativo para evaluar la efectividad de las TRM y las estructuras biomecánicas en la estabilización de taludes, la reducción de la erosión y la optimización del drenaje en el tramo km 369+100 – 372+300 de la Carretera Central. Primero, se llevará a cabo un análisis geotécnico e hidrológico del talud, identificando los factores que afectan su estabilidad y la propensión a la erosión. A continuación, se simulará el impacto de las soluciones propuestas mediante software especializado como Plaxis y HEC-RAS, para determinar la viabilidad de las TRM y las estructuras biomecánicas en términos de mejora del factor de seguridad, control de escorrentía y prevención de deslizamientos. Finalmente, se propondrá un diseño optimizado, integrando las

soluciones en función de los resultados obtenidos y los criterios técnicos de sostenibilidad y viabilidad económica. La metodología permitirá garantizar que el diseño propuesto sea funcional, eficaz y adaptado a las condiciones del terreno, asegurando la estabilización a largo plazo y la protección del talud, contribuyendo así a la seguridad vial en la zona.

1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Las limitaciones de esta investigación incluirán la disponibilidad de datos geotécnicos detallados del talud, ya que podrían existir variaciones en las condiciones del terreno no cubiertas por los estudios previos. Además, el acceso a la zona de estudio podría verse afectado por factores climáticos o geográficos, lo que limitaría la recolección de información en tiempo real. También se enfrentará a restricciones presupuestarias que podrían influir en la implementación y monitoreo a largo plazo de la solución propuesta, así como en la evaluación exhaustiva de su efectividad a través de diversos periodos climáticos.

1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La viabilidad de la investigación se garantizará mediante un análisis exhaustivo de las condiciones geotécnicas, hidrológicas y topográficas del área de estudio, lo que permitirá identificar los factores críticos que afectan la estabilidad del talud. Se utilizarán métodos técnicos avanzados, como software de simulación geotécnica e hidráulica, para validar la efectividad de las TRM y las estructuras biomecánicas. Además, se considerarán los aspectos económicos y ambientales, asegurando que el diseño propuesto sea sostenible y adaptado a las condiciones locales, garantizando su implementación exitosa en el tramo km 369+100 – 372+300.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Albarracín (2021) en su tesis con título: *“Análisis de estabilidad de un talud reforzado con geosintéticos mediante métodos probabilísticos y equilibrio límite. Caso de estudio: talud del coliseo multiusos del GAD de Sinincay”*, en Loja - Ecuador, presentado a la Universidad Técnica Particular De Loja; Tuvo como objetivo principal analizar la estabilidad de un talud reforzado con geosintéticos utilizando métodos de equilibrio límite y probabilísticos para determinar la seguridad y el comportamiento del terreno en el coliseo multiusos del GAD de Sinincay. La metodología incluyó la caracterización geotécnica del talud mediante ensayos de laboratorio para determinar propiedades como cohesión, ángulo de fricción y peso específico, además del uso de software especializado para realizar análisis de equilibrio límite (métodos de Bishop y Janbu) y simulaciones probabilísticas con el método de Monte Carlo. Los resultados mostraron que, sin refuerzo, el factor de seguridad promedio era de 1.12, lo que indica inestabilidad, mientras que al incorporar geosintéticos el factor de seguridad incrementó a 1.5, superando los estándares de estabilidad recomendados. En el análisis probabilístico, se obtuvo una probabilidad de falla del 30% sin refuerzo, reducida a menos del 5% con el uso de geosintéticos. Las conclusiones destacan que el uso de refuerzos geosintéticos mejora significativamente la estabilidad de taludes en condiciones críticas y que los métodos probabilísticos complementan los análisis tradicionales, proporcionando una evaluación más precisa de los riesgos asociados al diseño.

Chuquizán (2024) en su tesis con título: *“Propuesta estructural para la protección y recuperación de los taludes de la calle Julio Ramos (abscisa 0+400 a 0+600), sector la Bota, parroquia comité del pueblo”*, en Quito - Ecuador, presentado a la Universidad Politécnica Salesiana; El principal objetivo del estudio fue diseñar una solución estructural que garantizara la estabilización y protección de los taludes de la zona,

mitigando los riesgos de deslizamientos y promoviendo la recuperación de áreas afectadas. La metodología empleada incluyó un análisis geotécnico detallado, evaluando propiedades físicas y mecánicas del suelo mediante ensayos de laboratorio como granulometría, límites de Atterberg y pruebas de resistencia al corte. También se utilizó software especializado para modelar escenarios de estabilidad y simular la efectividad de las propuestas estructurales, que incluyeron la implementación de muros de contención, sistemas de drenaje y cobertura vegetal. Entre los resultados, se determinó que los factores de seguridad del talud se incrementaron de un valor crítico de 0.85 a 1.50 tras la implementación del diseño propuesto, cumpliendo con los estándares internacionales de estabilidad. En las conclusiones, se destacó que la integración de medidas estructurales y bioingeniería no solo estabilizó los taludes, sino que también contribuyó a reducir el riesgo de erosión y mejoró la seguridad de los habitantes de la zona. Además, se recomendó un mantenimiento periódico de los sistemas de drenaje y la vegetación para garantizar la sostenibilidad de la solución implementada.

Gonzalez (2021) en su tesis con título: *“Recolección de lecciones aprendidas para una adecuada gestión de recursos técnicos y económicos en proyectos de estabilización de taludes con base en la obra del sitio inestable pr54+500 uf 4 corredor vial transversal del Sisga”*, en Bogotá - Colombia, presentado a la Universidad católica De Colombia; El objetivo principal del estudio fue identificar y sistematizar las lecciones aprendidas durante la ejecución de proyectos de estabilización de taludes, específicamente en el corredor vial transversal del Sisga, con el fin de optimizar la gestión de recursos técnicos y económicos en futuros proyectos similares. La metodología se basó en un enfoque cualitativo y cuantitativo, recopilando información mediante análisis documentales y el uso de herramientas de gestión como matrices de evaluación y análisis FODA. Entre los resultados, se destacó que el 60% de los retrasos se debieron a una planificación inadecuada y a la falta de evaluación previa del terreno, mientras que el 75% de los sobrecostos fueron consecuencia de cambios en el diseño inicial debido

a condiciones geotécnicas inesperadas. Como conclusión, se estableció que una adecuada gestión de recursos requiere implementar prácticas estandarizadas de identificación de riesgos, así como un monitoreo continuo de las condiciones del terreno y el desempeño de los métodos de estabilización aplicados. Este trabajo subraya la importancia de las lecciones aprendidas como herramienta para mejorar la eficiencia técnica y económica en proyectos de estabilización de taludes en entornos complejos.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Calero y Cantoral (2020) en su tesis con título: *“Estudio de la variación al incorporar la fibra PET reciclada en suelos cohesivos no friccionantes relacionados a la estabilidad de talud”*, en Lima, presentado a la Universidad Cesar Vallejo; El principal objetivo del estudio fue analizar el impacto de la incorporación de fibras de PET recicladas en las propiedades mecánicas de suelos cohesivos no friccionantes, con el fin de mejorar su estabilidad en aplicaciones de taludes. Para ello, se empleó una metodología experimental que consistió en mezclar el suelo con diferentes proporciones de fibra PET reciclada (0%, 0.25%, 0.5% y 0.75% en peso seco del suelo) y realizar ensayos de compactación Proctor, corte directo y resistencia a la compresión no confinada. Los resultados mostraron que la adición de fibras PET incrementó la cohesión del suelo en un 25% y mejoró el ángulo de fricción interna en un 18% en las mezclas con 0.5% de fibra, lo que representa el contenido óptimo para maximizar la estabilidad. En términos de resistencia, se observó un aumento promedio del 30% en comparación con el suelo sin fibra. Como conclusión, la inclusión de fibras PET recicladas en suelos cohesivos no friccionantes mejora significativamente sus propiedades mecánicas, contribuyendo a la estabilidad de los taludes y promoviendo el uso sostenible de materiales reciclados en proyectos de ingeniería geotécnica. Este estudio destaca la viabilidad técnica y ambiental de emplear fibras recicladas como un aditivo efectivo para mejorar suelos en obras civiles.

Arauzo y Tumialan (2022) en su tesis con título: *“Coberturas mixtas en base a geomalla y vegetación para la estabilización de taludes en una*

carretera a nivel de afirmado, Pasco 2022”, presentado a la Universidad Cesar Vallejo; Tuvo como objetivo principal evaluar la efectividad de la aplicación de coberturas mixtas basadas en geomalla y vegetación para mejorar la estabilidad de taludes en una carretera afirmada en Pasco. La metodología empleada incluyó la identificación de áreas críticas de inestabilidad en los taludes, el análisis de las características geotécnicas del suelo, y la implementación de un diseño experimental con dos tratamientos: uno con geomalla sola y otro con geomalla combinada con vegetación nativa. Se realizó un monitoreo periódico de los factores de estabilidad y la reducción de erosión mediante inspecciones visuales, ensayos de laboratorio y análisis estadísticos comparativos. Los resultados indicaron que la cobertura mixta redujo la pérdida de suelo en un 35% y mejoró el factor de seguridad en un 20% en comparación con la geomalla sola, alcanzando un valor promedio de 1.5, considerado estable según los estándares internacionales. Además, se observó que la vegetación contribuyó significativamente a la cohesión del suelo y al control de la erosión superficial. En conclusión, la combinación de geomalla y vegetación demostró ser una solución técnica y ambientalmente viable para estabilizar taludes en carreteras afirmadas, destacando su potencial para ser replicada en zonas con características similares.

Alberca y Rondo (2020) en su tesis con título: *“Estabilización de taludes utilizando geomalla coextruída mono-orientada en el tramo de la carretera Samne-Casmiche, departamento la Libertad”*, en Trujillo, presentado a la Universidad Cesar Vallejo; El objetivo principal del estudio fue evaluar la efectividad del uso de geomalla coextruída mono-orientada para mejorar la estabilidad de los taludes en la carretera Samne-Casmiche, caracterizada por frecuentes deslizamientos debido a las condiciones geológicas y climáticas de la zona. La metodología consistió en realizar un análisis geotécnico detallado del terreno, incluyendo pruebas de laboratorio para determinar las propiedades del suelo, como cohesión y ángulo de fricción, seguido de simulaciones numéricas utilizando software especializado para calcular los factores de seguridad antes y después de la implementación de la geomalla. Los

resultados mostraron que, tras la instalación de la geomalla, el factor de seguridad aumentó de 1.1 a 1.45, lo que indica una mejora significativa en la estabilidad del talud. Además, se observó una reducción del 30% en los costos de mantenimiento asociados a los deslizamientos recurrentes. Las conclusiones destacan que la geomalla coextruída mono-orientada es una solución técnica viable y económicamente eficiente para estabilizar taludes en zonas de alta vulnerabilidad geotécnica, promoviendo la seguridad vial y la sostenibilidad de las infraestructuras. Este estudio respalda el uso de materiales geosintéticos como una alternativa confiable en proyectos similares.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

Cipriano y Ponce (2022) en su tesis con título: *“Estabilización de taludes con muros de suelos reforzados con geomallas biaxial aplicada al proyecto mejoramiento de la carretera Ninacaca - Huachon – Pasco – 2021”*, presentado a la Universidad Nacional Hermilio Valdizan; El objetivo principal del estudio fue diseñar e implementar una solución eficiente y sostenible para estabilizar taludes en la carretera Ninacaca-Huachón, utilizando muros de suelo reforzado con geomallas biaxiales, reduciendo riesgos de deslizamientos y mejorando la seguridad vial. La metodología incluyó un análisis geotécnico del terreno, evaluando propiedades físicas y mecánicas del suelo mediante ensayos de laboratorio y estudios de estabilidad utilizando software especializado como GeoStudio. También se realizaron simulaciones para evaluar la efectividad del refuerzo con geomallas bajo condiciones de carga estática y sísmica. Los resultados demostraron que el uso de geomallas biaxiales aumentó significativamente el factor de seguridad de los taludes, pasando de 1.10 a 1.65 en condiciones estáticas, y de 0.95 a 1.25 bajo condiciones sísmicas, superando los valores mínimos establecidos por normativa. Las conclusiones destacaron que los muros de suelo reforzado son una alternativa económica y eficiente frente a métodos tradicionales, ofreciendo mayor durabilidad y resistencia frente a fenómenos erosivos y sísmicos, contribuyendo a la sostenibilidad del proyecto vial en la región.

Mateo (2024) en su tesis con título: *“Estabilización de talud con el sistema de geosintético trm ubicado en el cerro Toyocoto - km 0+550 Tomaykichwa – Huánuco – 2023”*, presentado a la Universidad de Huánuco; Tuvo como principal objetivo evaluar la efectividad del uso de geosintéticos tipo TRM (Turf Reinforcement Mat) en la estabilización de taludes con alta susceptibilidad a fenómenos de erosión y deslizamientos en la zona estudiada. La metodología incluyó un análisis de las características geotécnicas del suelo, pruebas de permeabilidad y cohesión, así como simulaciones de estabilidad antes y después de implementar los geosintéticos TRM. Se diseñó un modelo matemático utilizando el método de equilibrio límite y software especializado para calcular el factor de seguridad, complementado con monitoreo en campo durante seis meses. Los resultados mostraron un incremento del 35% en el factor de seguridad, pasando de 1.1 (inestable) a 1.49 (estable) tras la aplicación del sistema TRM. Asimismo, se registró una reducción del 50% en la tasa de erosión superficial y una mejora significativa en la capacidad de drenaje del talud. Las conclusiones destacan que la implementación de geosintéticos TRM es una solución eficiente, económica y sostenible para estabilizar taludes en zonas de alta pendiente, recomendándose su uso en proyectos similares en la región. Esta investigación demuestra que el empleo de tecnologías modernas como los geosintéticos puede mitigar riesgos geotécnicos y proteger infraestructuras viales de manera efectiva.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 TALUDES

2.2.1.1 DEFINICIÓN DE TALUDES

Un talud es una pendiente formada por la inclinación de un terreno que tiene como objetivo generar una transición entre dos niveles o alturas, ya sea en la construcción de una carretera, una zanja, un túnel o un corte en la tierra. Los taludes pueden estar formados de manera natural, como en colinas y montañas, o creados artificialmente para obras de ingeniería civil, como en la construcción de caminos, presas y plataformas de excavación (Chávez Rosas, 2021).

La estabilidad de los taludes es un factor crucial en ingeniería, ya que los deslizamientos de tierra pueden causar daños graves a las infraestructuras y poner en peligro la seguridad de las personas. Para analizar la estabilidad de los taludes, se deben tener en cuenta las propiedades del suelo, el agua, las cargas externas, entre otros factores (Chávez Rosas, 2021)

2.2.1.2 TIPOS DE TALUDES

Los taludes pueden clasificarse según su origen, geometría y composición. A continuación, se presentan algunos de los tipos más comunes:

- **Taludes Naturales**

Son formaciones geológicas que se producen sin intervención humana. Pueden ser montañas, colinas, barrancos, acantilados, entre otros. Se caracterizan por la acción de procesos naturales como la erosión, la meteorización, el plegamiento y la fracturación de las rocas (Chávez Rosas, 2021).

Figura 1

Talud natural



Fuente. (Chávez Rosas, 2021).

- **Taludes Artificiales**

Estos son creados por actividades humanas, como en la construcción de carreteras, excavaciones para minas, proyectos de embalses, entre otros. Los taludes artificiales pueden ser de

diferentes formas y tamaños, y su estabilidad depende del diseño y los materiales utilizados (Chávez Rosas, 2021).

- **Taludes de Excavación**

Este tipo de talud se crea cuando se excava el terreno para una obra civil, como túneles, fosas o canales. Pueden ser temporales o permanentes dependiendo del uso que se le dé al espacio excavado (Chávez Rosas, 2021).

- **Taludes de Relleno**

Son taludes formados por la acumulación de material que se ha depositado para elevar el nivel del terreno o crear plataformas. Son comunes en el relleno de terrenos bajos o en la construcción de carreteras y puentes (Chávez Rosas, 2021).

- **Taludes de Material No Coherente**

Son taludes compuestos por suelos granulares o frágiles, como arena o grava, que no tienen cohesión natural. Estos taludes tienden a ser inestables si no se consolidan adecuadamente (Chávez Rosas, 2021).

- **Taludes de Material Coherente**

Están formados por suelos o rocas que tienen una alta cohesión, como arcillas o rocas compactas. Los taludes de materiales coherentes son más estables, pero aún pueden ser vulnerables a los deslizamientos si se sobrecargan o si se ve alterada su estructura por factores externos (Chávez Rosas, 2021).

2.2.1.3 TIPOS DE MOVIMIENTOS DE TALUDES

Los movimientos de taludes se refieren a los desplazamientos del material que forma un talud. Pueden ocurrir de manera lenta o rápida, dependiendo de las condiciones del terreno, el clima y las cargas aplicadas. Los principales tipos de movimientos son:

- **Deslizamiento**

El deslizamiento ocurre cuando el material del talud se mueve hacia abajo, siguiendo una superficie de deslizamiento, que puede ser plana, curvada o irregular. Los deslizamientos pueden ser causados por factores como la sobrecarga, la saturación del suelo con agua o un evento sísmico (Chávez Rosas, 2021).

Figura 2

Deslizamiento de tierras



Fuente. (Chávez Rosas, 2021)

- **Flujo**

En este tipo de movimiento, el material del talud se mueve como un fluido. Suele ocurrir cuando el talud se satura con agua y pierde su consistencia, causando que el material fluya de manera similar a un líquido (Chávez Rosas, 2021).

- **Desprendimiento**

Este tipo de movimiento ocurre cuando fragmentos de roca o material sólido se separan de la pared del talud debido a la erosión o la presión del agua. Los desprendimientos suelen ocurrir en acantilados rocosos o taludes formados por materiales duros (Chávez Rosas, 2021).

- **Desplazamiento Lateral**

Este tipo de movimiento ocurre cuando el talud cede lateralmente, sin perder su forma general. Es común en suelos saturados, donde el agua actúa como un lubricante que facilita el movimiento lateral (Chávez Rosas, 2021).

- **Hundimiento**

Este tipo de movimiento implica el descenso de una parte del talud sin un deslizamiento o desplazamiento lateral visible. Es

común cuando el suelo pierde su capacidad de soporte debido a la presión del agua o a la pérdida de cohesión interna (Chávez Rosas, 2021).

2.2.1.4 TIPOS DE DESLIZAMIENTOS

Los deslizamientos son uno de los movimientos más comunes en los taludes. Estos ocurren cuando el material del talud pierde estabilidad y se desplaza por una superficie de deslizamiento. Los deslizamientos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Deslizamiento Translacional**

En un deslizamiento translacional, el material del talud se mueve a lo largo de una superficie plana. Este tipo de deslizamiento se produce cuando la resistencia al corte en la base del talud es insuficiente para soportar las cargas, lo que provoca que el material se desplace de forma horizontal o ligeramente inclinada. Los deslizamientos translacionales son más comunes en suelos cohesivos como las arcillas (Chávez Rosas, 2021).

- **Deslizamiento Rotacional**

En un deslizamiento rotacional, el material del talud se desplaza a lo largo de una superficie curva. Este tipo de deslizamiento es más común en taludes de materiales como arcillas o suelos con una alta cohesión. La rotación de la masa de suelo hace que se desplace hacia abajo y hacia adelante, y a menudo deja una "escotadura" o cavidad en la parte superior del talud (Chávez Rosas, 2021).

- **Deslizamiento Combinado**

Este tipo de deslizamiento ocurre cuando hay una combinación de deslizamiento translacional y rotacional en el mismo talud. El material del talud se desplaza tanto en línea recta como siguiendo una curva, lo que puede resultar en un deslizamiento más complejo (Chávez Rosas, 2021).

- **Deslizamiento Rápido**

Los deslizamientos rápidos implican un movimiento rápido y a menudo violento de material del talud. Este tipo de deslizamiento ocurre generalmente en suelos saturados de agua, y es común en

zonas con precipitaciones intensas o sismos. Los deslizamientos rápidos incluyen fenómenos como los deslizamientos de tierra y las avalanchas de escombros (Chávez Rosas, 2021).

- **Deslizamiento Lento**

Los deslizamientos lentos son movimientos más graduales y de baja velocidad. Estos deslizamientos pueden no ser evidentes en el corto plazo, pero pueden tener efectos perjudiciales a largo plazo. Un ejemplo común de deslizamientos lentos son los deslizamientos por fluencia, donde el material del talud se desplaza muy lentamente debido a la saturación por agua o la disminución de la cohesión (Chávez Rosas, 2021).

2.2.2 INTRODUCCIÓN A LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

La estabilización de taludes es una disciplina esencial dentro de la ingeniería geotécnica, cuya finalidad es garantizar la seguridad y funcionalidad de obras de infraestructura al prevenir deslizamientos, erosión y otros fenómenos geodinámicos (López Cornejo, 2020).

2.2.2.1 IMPORTANCIA DE LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN INFRAESTRUCTURA VIAL

La infraestructura vial constituye un pilar fundamental para el desarrollo económico y social de un país, conectando comunidades, facilitando el comercio y asegurando el acceso a servicios básicos. En el Perú, gran parte de la red vial atraviesa áreas con condiciones geológicas complejas y propensas a la inestabilidad, como los Andes. La inestabilidad de los taludes puede generar interrupciones en el tránsito, pérdidas económicas significativas y, en casos extremos, riesgos para la vida humana (López Cornejo, 2020).

La estabilización de taludes en carreteras busca mitigar estos riesgos mediante el uso de técnicas como refuerzos mecánicos, control de drenaje, revegetación y la implementación de materiales especializados, como los geosintéticos. Estas soluciones no solo aumentan el factor de seguridad de los taludes, sino que también contribuyen

a reducir costos de mantenimiento y mejorar la sostenibilidad de las obras viales (López Cornejo, 2020).

Figura 3

Estabilidad de talud



Fuente. (López Cornejo, 2020).

○ **Relación entre el Factor de Seguridad y la Estabilidad del Talud**

El factor de seguridad (FS) es una medida comúnmente utilizada para evaluar la estabilidad de un talud, definida como:

$$FS = \frac{\text{Resistencia al deslizamiento (R)}}{\text{Fuerzas actuantes (F)}}$$

Un valor de $FS > 1$ indica que el talud es estable, mientras que $FS < 1$ señala una condición inestable. La implementación de soluciones, como la estabilización con geosintéticos, mejora el valor de FS al incrementar la resistencia al deslizamiento y reducir las fuerzas actuantes asociadas con la infiltración de agua y cargas externas (López Cornejo, 2020).

2.2.2.2 FACTORES QUE AFECTAN LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN ZONAS ANDINAS

En las zonas andinas, los taludes se ven afectados por múltiples factores que condicionan su estabilidad. Estos factores pueden clasificarse en naturales y antropogénicos, y su análisis es

crucial para garantizar la seguridad de infraestructuras cercanas y mitigar riesgos asociados a deslizamientos (Peralta Peña, 2020).

- **Factores Geotécnicos**

Los factores geotécnicos hacen referencia a las características físicas y mecánicas de los suelos y rocas que componen el talud. Entre ellos se encuentran:

Composición del suelo: Suelos arcillosos y limosos tienden a ser más susceptibles a deformaciones y pérdidas de estabilidad debido a su cohesión y sensibilidad a la humedad (Peralta Peña, 2020).

Densidad: Taludes compuestos por materiales sueltos presentan mayor probabilidad de colapso frente a perturbaciones externas (Peralta Peña, 2020).

Resistencia al corte: La resistencia al esfuerzo cortante, definida por la Ecuación de Mohr-Coulomb:

$$T = c + \sigma \cdot \tan(\phi)$$

Donde:

τ : Resistencia al corte.

c : Cohesión del suelo.

σ : Esfuerzo normal efectivo.

ϕ : Ángulo de fricción interna.

- **Factores Hidrológicos**

En las zonas andinas, las lluvias intensas e irregulares aumentan la infiltración de agua en el talud, provocando:

Elevación del nivel freático: Reduce la resistencia efectiva del suelo y aumenta la probabilidad de falla.

Presión de poros: A mayor infiltración, se incrementan las presiones de poro, disminuyendo la cohesión efectiva del material (Peralta Peña, 2020).

- **Factores Climáticos**

El clima de las zonas andinas, caracterizado por lluvias estacionales y variaciones térmicas extremas, genera:

Erosión superficial: El impacto constante del agua sobre la superficie del talud desgasta el material, afectando la estabilidad (Peralta Peña, 2020).

Ciclos de congelamiento y descongelamiento: Estos ciclos incrementan las fisuras en el material, debilitándolo progresivamente (Peralta Peña, 2020).

- **Factores Geomorfológicos**

La topografía irregular de las zonas andinas contribuye al desarrollo de pendientes pronunciadas, incrementando:

Esfuerzos gravitacionales: Directamente proporcionales a la inclinación de la pendiente.

Movimiento de masas: Deslizamientos frecuentes en taludes con pendientes mayores a 45° (Peralta Peña, 2020).

- **Factores Antropogénicos**

Actividades humanas como la deforestación, minería y construcción de infraestructuras alteran el equilibrio natural de los taludes, generando:

Reducción de la cobertura vegetal: La vegetación actúa como estabilizador natural mediante la cohesión que aportan las raíces al suelo (Peralta Peña, 2020).

Sobrecargas: Edificaciones o maquinaria pesada incrementan los esfuerzos sobre el talud, favoreciendo fallas (Peralta Peña, 2020).

2.2.3 PROPIEDADES DEL SUELO EN EL CONTEXTO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

2.2.3.1 COMPOSICIÓN DEL SUELO: INFLUENCIA EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD

La composición del suelo es un factor clave para garantizar la estabilidad de un talud, ya que determina su comportamiento mecánico frente a cargas estáticas y dinámicas, así como su respuesta a la infiltración de agua. Los suelos se componen principalmente de partículas minerales (arena, limo y arcilla), materia orgánica, agua y aire, cuya proporción afecta directamente

a su cohesión, ángulo de fricción interna y capacidad portante (Montoya, 2017).

- **Clasificación granulométrica y su influencia**

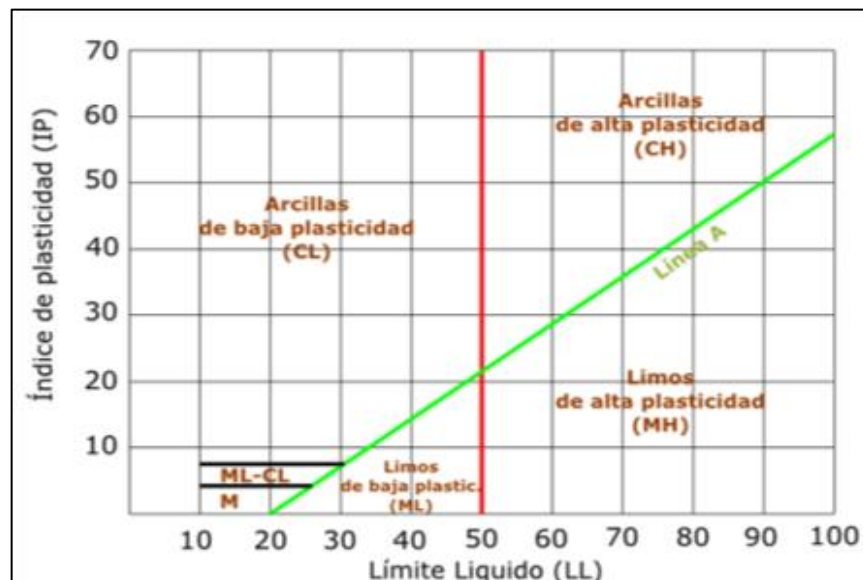
La granulometría del suelo define el tamaño relativo de las partículas y su distribución, lo cual influye en propiedades como la permeabilidad y la compactación. Por ejemplo, suelos arenosos tienden a ser menos cohesivos y más permeables, aumentando el riesgo de erosión superficial, mientras que suelos arcillosos presentan mayor cohesión, pero pueden ser susceptibles a expansiones o contracciones (Montoya, 2017).

- **Plasticidad y límites de Atterberg**

La plasticidad del suelo, definida por los límites líquido y plástico, es fundamental para evaluar su estabilidad. Un suelo con alta plasticidad tiende a deformarse más bajo cargas y condiciones húmedas, incrementando la probabilidad de fallas en taludes (Montoya, 2017).

Figura 4

Límite de Atterberg en la gráfica de plasticidad SUCS



Fuente. (Montoya, 2017)

- **Presencia de minerales expansivos**

Minerales como la montmorillonita, presentes en algunos suelos arcillosos, pueden causar expansiones significativas al

absorber agua, lo que incrementa las tensiones internas y disminuye la estabilidad del talud (Montoya, 2017).

- **Efecto de la materia orgánica**

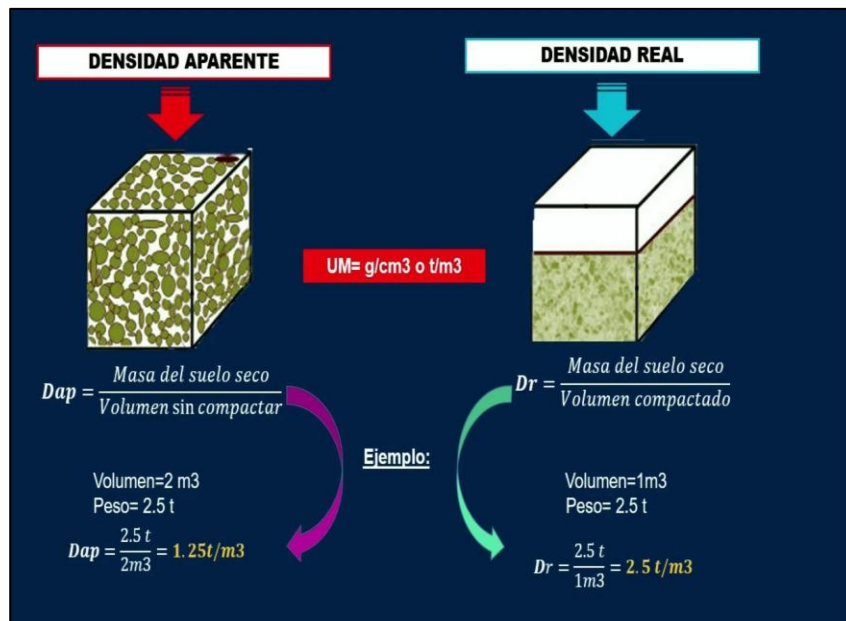
La materia orgánica reduce la cohesión y la resistencia al corte del suelo, lo que puede debilitar su estructura y aumentar su susceptibilidad a fallas (Montoya, 2017).

2.2.3.2 DENSIDAD DEL SUELO Y SU RELACIÓN CON LA CAPACIDAD PORTANTE

La densidad del suelo es una propiedad física fundamental que describe la relación entre la masa de las partículas del suelo y el volumen total que ocupan, incluido el espacio poroso. Esta característica es crítica en el diseño y análisis de la estabilidad de taludes, ya que influye directamente en la capacidad portante del terreno. La capacidad portante se refiere a la habilidad del suelo para resistir cargas sin experimentar fallas o asentamientos excesivos, un factor crucial en la estabilización de taludes (Montoya, 2017).

Figura 5

Densidad aparente, porosidad y retención de agua



Fuente. (Montoya, 2017).

- **Definición y Tipos de Densidad**

La densidad del suelo puede clasificarse en:

- **Densidad aparente (Pb):** Se define como la masa de las partículas sólidas dividida por el volumen total del suelo, incluidos los espacios porosos.

$$Pb = \frac{M_s}{V_t}$$

Donde:

Pb = densidad aparente (g/cm³ o kg/m³)

M_s = masa de sólidos del suelo (g o kg)

V_t = volumen total (cm³ o m³)

- **Densidad de partículas sólidas (Ps):** Es la relación entre la masa de las partículas sólidas y su volumen, excluyendo los espacios porosos.

$$Ps = \frac{M_s}{V_t}$$

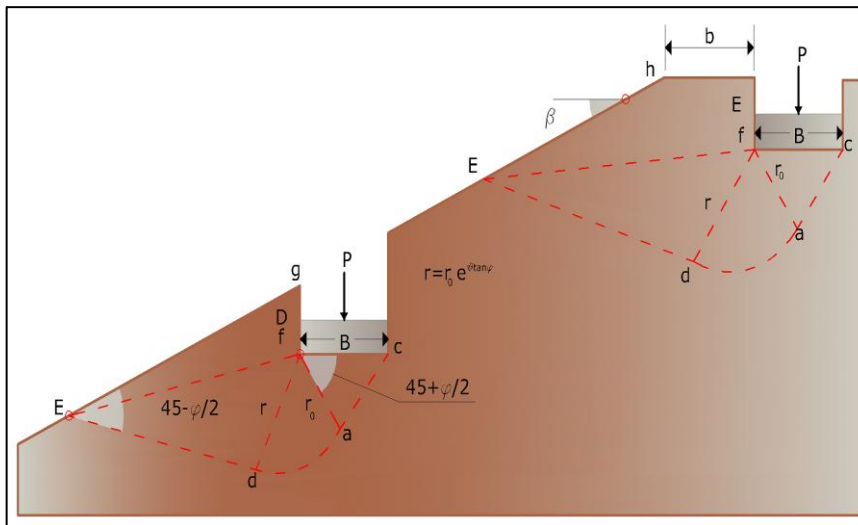
○ **Relación entre Densidad y Capacidad Portante**

La densidad del suelo afecta directamente la capacidad portante a través de la compactación y la estructura del suelo. Un suelo con mayor densidad aparente tiende a ser más resistente debido a la reducción de espacios porosos, lo que incrementa la fricción interna entre partículas. Esto resulta en una mayor capacidad para soportar cargas aplicadas, crucial en la estabilización de taludes que soportan esfuerzos cortantes derivados de su propio peso y cargas externas (Montoya, 2017).

En términos prácticos, la compactación es una técnica común para aumentar la densidad aparente del suelo y mejorar su capacidad portante. La densidad máxima alcanzable mediante compactación se determina mediante ensayos como el Proctor estándar o modificado, que simulan las condiciones de carga esperadas (Montoya, 2017).

Figura 6

Capacidad portante de cimentaciones en talud



Fuente. (Montoya, 2017).

2.2.3.3 PERMEABILIDAD DEL SUELO Y SU IMPACTO EN LA INFILTRACIÓN DE AGUA

○ Definición y Conceptos Fundamentales

La permeabilidad del suelo se define como la capacidad del suelo para permitir el paso de agua a través de sus poros. Esta propiedad es crucial en la estabilidad de taludes, ya que la infiltración de agua puede alterar las condiciones de equilibrio del terreno, disminuyendo su resistencia al corte y aumentando la presión de poros. La permeabilidad se mide comúnmente mediante el coeficiente de permeabilidad (k), expresado en unidades de velocidad (cm/s o m/s) (Muñoz Tamayo, 2019).

○ Factores que Influyen en la Permeabilidad

Tamaño y distribución de los poros: Los suelos con partículas gruesas, como las gravas y las arenas, suelen ser más permeables que los suelos finos, como las arcillas.

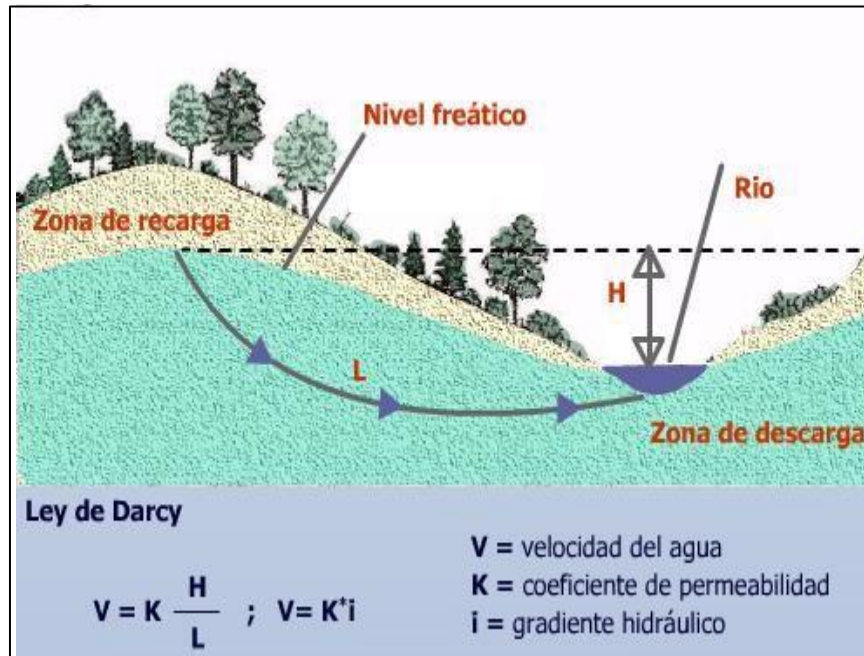
Composición del suelo: La mineralogía, particularmente en suelos arcillosos, puede influir en la retención de agua debido a la estructura de los minerales.

Compactación del suelo: Un mayor grado de compactación reduce la porosidad y, por ende, la permeabilidad.

Contenido de materia orgánica: Suelos con altos niveles de materia orgánica tienden a tener menor permeabilidad debido al taponamiento de poros (Muñoz Tamayo, 2019).

Figura 7

Permeabilidad de los suelos



Fuente. (Muñoz Tamayo, 2019).

○ **Impacto en la Estabilidad de Taludes**

La infiltración de agua en taludes provoca un incremento en la presión de poros (u), lo cual disminuye la resistencia al corte del suelo (τ). La ecuación de Coulomb para la resistencia al corte es:

$$\tau = c + (\sigma - u) \cdot \tan(\phi)$$

donde:

- **c es la cohesión del suelo,**
- **σ es la tensión normal,**
- **u es la presión de poros,**
- **ϕ es el ángulo de fricción interna del suelo.**

Un aumento de u debido a la infiltración puede conducir a la pérdida de estabilidad y, en casos extremos, a deslizamientos. En terrenos arcillosos con baja permeabilidad, el agua puede acumularse en la superficie o en zonas específicas del perfil del suelo, generando fallas locales (Muñoz Tamayo, 2019).

- **Métodos para Determinar la Permeabilidad**

Los métodos más comunes incluyen:

Prueba de permeámetro en laboratorio: Utilizada para suelos granulares y de grano fino, proporciona un valor preciso de k .

Pruebas de campo, como el ensayo de carga constante: Útil para caracterizar la permeabilidad en condiciones in situ.

- **Mitigación de Problemas Asociados a la Permeabilidad**

Para taludes con alta susceptibilidad a la infiltración, el uso de sistemas de drenaje superficial y subterráneo, junto con la implementación de geosintéticos como TRM, puede controlar eficazmente la infiltración de agua y mejorar la estabilidad (Muñoz Tamayo, 2019).

2.2.4 FENÓMENOS QUE COMPROMETEN LA ESTABILIDAD DE TALUDES

Los taludes en infraestructura vial enfrentan diversos fenómenos que afectan su estabilidad, comprometiendo la seguridad estructural y funcional de las vías. Entre los principales fenómenos destacan la erosión superficial, la infiltración de agua y los movimientos masivos, siendo la erosión superficial uno de los más comunes y críticos en áreas expuestas (Delgado, 2020).

2.2.4.1 EROSIÓN SUPERFICIAL: CAUSAS, PROCESOS Y EFECTOS EN TALUDES

La erosión superficial es el proceso mediante el cual las partículas de suelo son desprendidas y transportadas por agentes externos como el viento o el agua, generando pérdida de material y afectando la estabilidad de los taludes (Delgado, 2020).

- **Causas de la Erosión Superficial**

1. **Factores Climáticos:** Las precipitaciones intensas son uno de los agentes principales de erosión, especialmente en zonas donde la pendiente de los taludes facilita el flujo superficial de agua.

2. **Cobertura Vegetal Insuficiente:** La ausencia de vegetación disminuye la capacidad de retención del suelo, incrementando su vulnerabilidad al desprendimiento.
 3. **Composición del Suelo:** Suelos de textura fina, como limos y arcillas, son más susceptibles a la erosión debido a su baja cohesión frente a fuerzas externas (Delgado, 2020).
- **Procesos de Erosión Superficial**
 1. **Desprendimiento:** Las gotas de lluvia impactan el suelo, liberando partículas que son transportadas por el flujo de agua.
 2. **Transporte:** Las partículas desprendidas son arrastradas cuesta abajo por el escurrimiento superficial, siguiendo las pendientes naturales.
 3. **Deposición:** En áreas de menor pendiente, las partículas son depositadas, formando sedimentos que pueden afectar estructuras aledañas (Delgado, 2020).
 - **Efectos de la Erosión Superficial en Taludes**
 1. **Pérdida de Material:** Reduce el espesor del suelo en la superficie, comprometiendo la integridad del talud.
 2. **Formación de Surcos:** Aparecen canales en la superficie, concentrando el flujo y exacerbando la erosión.
 3. **Aumento de la Inestabilidad:** La pérdida continua de suelo puede generar deslizamientos locales y afectar el equilibrio global del talud (Delgado, 2020).

2.2.4.2 INFILTRACIÓN DE AGUA: MECANISMOS Y CONSECUENCIAS EN LA PÉRDIDA DE ESTABILIDAD

○ Mecanismos de Infiltración de Agua en Taludes

La infiltración de agua en un talud ocurre cuando el agua superficial, producto de precipitaciones o fugas, penetra en el suelo y se redistribuye en los poros del material geotécnico. Este proceso depende de la permeabilidad del suelo, las propiedades hidrogeológicas y la presencia de discontinuidades (Chávez Rosas, 2021).

La infiltración puede presentarse a través de:

- **Lluvia intensa o prolongada: Genera un aumento del contenido de humedad en el talud.**
- **Flujos subterráneos: Agua proveniente de acuíferos que alcanza el talud.**
- **Fugas de sistemas de drenaje defectuosos: Introducen agua no controlada.**

○ Consecuencias de la Infiltración de Agua

El efecto de la infiltración compromete significativamente la estabilidad del talud, al generar:

1. Disminución de la Resistencia al Corte del Suelo:

- La resistencia al corte (τ) de un suelo está dada por la ecuación de Coulomb.
- La infiltración reduce σ' debido al aumento de la presión de poros (u), disminuyendo la resistencia global.

2. Incremento de la Presión de Poros:

- La infiltración genera acumulación de agua dentro del suelo, incrementando u , lo que puede conducir a una condición crítica de falla (Chávez Rosas, 2021).

3. Aumento del Peso del Talud:

- Al absorber agua, el peso del suelo aumenta, incrementando las fuerzas desestabilizadoras sobre el talud (Chávez Rosas, 2021).

4. Deslizamientos:

- En taludes con pendientes críticas, la saturación provoca flujos superficiales y deslizamientos, especialmente en materiales arcillosos o suelos residuales (Chávez Rosas, 2021).

2.2.5 GEOSINTÉTICOS TRM (TURF REINFORCEMENT MAT) EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

2.2.5.1 DEFINICIÓN, TIPOS Y PROPIEDADES DE LOS GEOSINTÉTICOS TRM

Los geosintéticos TRM (Turf Reinforcement Mat) son materiales sintéticos utilizados principalmente para controlar la erosión y estabilizar suelos en áreas donde la cobertura vegetal natural no es suficiente para resistir fuerzas externas, como la lluvia o el viento. Están diseñados para reforzar la superficie del suelo y promover el crecimiento de vegetación, lo que mejora la cohesión del talud y su resistencia frente a deslizamientos (Chacón, 2018).

○ Definición de TRM

Un TRM es una malla tridimensional fabricada generalmente con polímeros duraderos como el polipropileno, poliéster o fibras de alta resistencia. Estas estructuras son permeables, lo que permite la infiltración de agua y el establecimiento de raíces, promoviendo la integración con el suelo subyacente (Chacón, 2018).

Figura 8

Estabilización de talud con TRM



Fuente. (Chacón, 2018).

○ **Tipos de Geosintéticos TRM**

Los TRM se clasifican principalmente en:

- **TRM de fibra sintética no degradable:** Están compuestos por materiales sintéticos resistentes a la intemperie y a los agentes químicos, garantizando una larga vida útil.
- **TRM de fibra biodegradable:** Diseñados para integrarse con el medio ambiente tras un período de estabilización inicial, siendo ideales en zonas donde se busca una intervención temporal.
- **TRM híbridos:** Combinan fibras sintéticas y biodegradables, ofreciendo un balance entre durabilidad y compatibilidad ambiental (Chacón, 2018).

○ **Propiedades de los Geosintéticos TRM**

Las propiedades más relevantes incluyen:

1. **Resistencia a la tracción (T):** Representa la capacidad del material para resistir fuerzas externas.
2. **Permeabilidad (k):** Permite el flujo de agua a través del material, minimizando la acumulación superficial.

3. **Durabilidad:** La resistencia frente a rayos UV, abrasión y agentes químicos garantiza su efectividad a largo plazo.
4. **Flexibilidad:** Facilita la adaptación a superficies irregulares, mejorando su contacto con el suelo (Chacón, 2018).

- **Aplicaciones**

Los TRM son ampliamente usados en la estabilización de taludes de carreteras, bancos de ríos y otras áreas vulnerables a la erosión. Su implementación contribuye a reducir costos de mantenimiento y protege infraestructuras críticas (Chacón, 2018).

2.2.5.2 VENTAJAS DE LOS TRM FRENTE A OTROS MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN

Los geosintéticos TRM, también conocidos como mantas de refuerzo de césped, son materiales tridimensionales diseñados para proporcionar soporte estructural y mejorar la estabilidad superficial de taludes. Estos materiales se caracterizan por estar compuestos de fibras sintéticas entrelazadas que permiten la integración con vegetación natural y refuerzan el suelo contra fenómenos erosivos (Campos Villavicencio, 2022).

En comparación con métodos tradicionales de estabilización, como los muros de contención o las soluciones basadas únicamente en revegetación, los TRM presentan las siguientes ventajas:

- **Control de Erosión Eficiente**

Los TRM mejoran la resistencia superficial de los taludes frente a agentes erosivos, como el viento y el agua. Su diseño tridimensional proporciona una barrera física que reduce la velocidad del agua en superficies inclinadas, evitando la pérdida de partículas del suelo y promoviendo la infiltración controlada (Campos Villavicencio, 2022).

- **Compatibilidad con la Vegetación**

A diferencia de otras soluciones, los TRM permiten el desarrollo de vegetación a través de sus fibras, proporcionando

estabilidad adicional por las raíces de las plantas y mejorando el paisaje visual. Esta sinergia entre material sintético y natural prolonga la vida útil del talud estabilizado (Campos Villavicencio, 2022).

- **Flexibilidad y Adaptabilidad**

Los TRM son altamente adaptables a diferentes condiciones topográficas y tipos de suelo, facilitando su instalación en terrenos irregulares o áreas de difícil acceso donde los métodos rígidos, como muros o gaviones, pueden no ser factibles (Campos Villavicencio, 2022).

- **Reducción de Costos**

En comparación con las estructuras de estabilización rígidas, los TRM ofrecen una solución más económica debido a su facilidad de transporte, instalación rápida y menores requerimientos de materiales adicionales (Campos Villavicencio, 2022).

- **Sostenibilidad Ambiental**

Al promover el uso de vegetación nativa y reducir la necesidad de materiales como concreto o acero, los TRM contribuyen a minimizar el impacto ambiental de los proyectos de estabilización, alineándose con principios de desarrollo sostenible (Campos Villavicencio, 2022).

- **Desempeño Comprobado**

Diversos estudios han demostrado que los TRM pueden incrementar significativamente el factor de seguridad del talud al reforzar la capa superficial y reducir los riesgos de erosión y deslizamientos superficiales (Campos Villavicencio, 2022).

2.2.5.3 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE GEOSINTÉTICOS TRM SEGÚN CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

La selección adecuada de geosintéticos TRM (Turf Reinforcement Mat) para estabilización de taludes depende de diversos factores relacionados con las propiedades del suelo, las condiciones del terreno y las especificaciones del proyecto. A continuación, se presentan los principales criterios:

- **Resistencia a la Tensión**

Los geosintéticos TRM deben tener una resistencia a la tensión adecuada para soportar las tensiones inducidas por el peso del suelo y las fuerzas externas. Este criterio se evalúa mediante ensayos de tracción, y los resultados deben cumplir con los valores recomendados en la normativa técnica local (Torres Manrique, 2021).

- **Permeabilidad**

La permeabilidad del TRM es crucial para permitir la infiltración controlada del agua y evitar acumulaciones que podrían generar inestabilidad. Los TRM deben tener una permeabilidad compatible con la capacidad de drenaje del suelo subyacente, evitando erosión y saturación excesiva (Torres Manrique, 2021).

- **Adaptabilidad a la Topografía**

Los geosintéticos TRM deben adaptarse a las características topográficas del talud. Su flexibilidad permite que se ajusten al relieve y minimicen discontinuidades que podrían comprometer su eficacia (Torres Manrique, 2021).

- **Compatibilidad con las Propiedades del Suelo**

Las características del suelo determinan el tipo de TRM más adecuado. Por ejemplo:

- **Suelos cohesivos:** requieren TRM con alta capacidad de refuerzo y baja deformabilidad.
- **Suelos arenosos:** demandan TRM con propiedades de retención de partículas para evitar erosión superficial (Torres Manrique, 2021).

- **Durabilidad y Resistencia a Factores Ambientales**

La durabilidad de los TRM es esencial, considerando la exposición a rayos UV, humedad y agentes químicos presentes en el suelo. Materiales como polipropileno o poliéster, tratados con estabilizadores UV, suelen ser recomendados en climas extremos (Torres Manrique, 2021).

- **Costo-Beneficio**

El análisis económico es fundamental para seleccionar un TRM que garantice la estabilidad del talud con un costo razonable, considerando el mantenimiento y la vida útil esperada del proyecto (Torres Manrique, 2021).

2.2.6 CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD EN TALUDES

2.2.6.1 CONCEPTO Y METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD

El factor de seguridad (FS) en taludes es un parámetro que mide la relación entre las fuerzas o momentos estabilizadores y desestabilizadores en una masa de suelo. Representa una medida de la estabilidad del talud, donde un FS mayor a 1 indica que las fuerzas estabilizadoras predominan, mientras que un FS menor a 1 implica una probabilidad de falla inminente (Torres Manrique, 2021).

La metodología para calcular el FS varía dependiendo del método de análisis utilizado, pero generalmente incluye los siguientes pasos:

Identificación de las propiedades del suelo: Se recopilan datos sobre la resistencia al corte (cohesión, c , y ángulo de fricción interna, ϕ), la densidad del suelo (γ), y las condiciones hidrogeológicas (Torres Manrique, 2021).

Definición de la geometría del talud: Se determina la pendiente, altura y características topográficas del talud.

Selección del método de análisis: Los métodos más utilizados son los de equilibrio límite, como los de Fellenius, Bishop y Janbu.

Cálculo de fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras: Se consideran los pesos del suelo, las fuerzas de cohesión, las presiones de poro y las fuerzas externas, como las sísmicas (Torres Manrique, 2021).

Determinación del FS: Se calcula como la relación entre la sumatoria de fuerzas estabilizadoras (

$$F_s = \frac{\text{Sumatoria de momentos o fuerzas estabilizadoras}}{\text{Sumatoria de momentos o fuerzas desestabilizadoras}}$$

Ejemplo de Aplicación

En el método de Bishop, el FS se calcula considerando un círculo de deslizamiento supuestamente crítico, y se aplica la siguiente ecuación:

$$F_s = \frac{\sum (c \cdot L + (W - u \cdot L) \tan \phi)}{\sum (W \sin \alpha)}$$

Donde:

c: Cohesión del suelo.

L: Longitud de la base del segmento.

W: Peso del segmento de suelo.

u: Presión de poro.

ϕ : Ángulo de fricción interna.

α : Inclinación de la base del segmento (Torres Manrique, 2021).

2.2.6.2 MÉTODOS DE ANÁLISIS PARA FACTOR DE SEGURIDAD EN TALUD

○ Método de Fellenius

El método de Fellenius, también conocido como el método del único vertical, es uno de los métodos más simples y más utilizados para el análisis de estabilidad de taludes. Este método asume que el talud puede dividirse en una serie de segmentos radiales que se analizan individualmente. El enfoque básico del método de Fellenius se centra en el equilibrio de fuerzas en un corte circular a través del talud (Fellenius, 1936).

Principales características del método:

Modelo de corte circular: Fellenius asume que la falla del talud sigue una superficie circular. Esto simplifica los cálculos, ya que todas las fuerzas se proyectan sobre la vertical (Fellenius, 1936).

Cálculo del factor de seguridad: El método calcula el factor de seguridad (FS) mediante la relación entre la resistencia al corte disponible (provista por el suelo) y la tensión de corte que se

desarrolla a lo largo de la superficie de falla. El factor de seguridad se calcula mediante la siguiente expresión:

$$FS = \frac{\sum \text{Fuerzas de deslizamiento}}{\sum \text{Resistencia al corte}}$$

Limitaciones: Aunque este método es simple y rápido, su aplicación es adecuada solo para taludes con una geometría sencilla, donde se puede suponer que la superficie de falla es circular. Además, no considera efectos de interacción entre diferentes segmentos del talud (Fellenius, 1936).

○ **Método de Bishop**

El método de Bishop mejora el enfoque de Fellenius, incorporando un análisis más preciso al considerar la fuerza de corte a lo largo de la superficie de deslizamiento en varios puntos de la misma. Este método es más completo, ya que permite una mejor estimación de la distribución de las fuerzas sobre el plano de falla y tiene en cuenta la cohesión del suelo y la fricción interna (Bishop, 1955).

Principales características del método:

Corte circular o no circular: Aunque el método de Bishop es tradicionalmente usado con una superficie de deslizamiento circular, es más flexible que el de Fellenius al permitir que el círculo de falla no sea completamente simétrico, adaptándose mejor a condiciones del terreno más complejas (Bishop, 1955).

Consideración de la resistencia al corte: Además de los parámetros del suelo (como la cohesión c y el ángulo de fricción ϕ), el método también puede incluir los efectos del agua (presión de poro) en el análisis, lo que mejora la exactitud de los resultados en condiciones de taludes saturados (Bishop, 1955).

Cálculo del factor de seguridad: La fórmula para calcular el factor de seguridad en el método de Bishop es más compleja que en el método de Fellenius, y toma en cuenta el momento de inclinación y el momento de resistencia al corte:

$$FS = \frac{\sum (c + \sigma \tan(\phi)) \cdot L}{\sum (W \cdot \sin(\theta) - Pa \cdot \cos(\theta))}$$

Donde L es el largo de cada segmento de la superficie de corte, θ es el ángulo de la pendiente, y Pa es la presión del agua sobre el plano de falla (Bishop, 1955).

Ventajas y limitaciones: El método de Bishop es más preciso que el de Fellenius porque considera los efectos del agua y las tensiones en varios puntos de la superficie de deslizamiento. Sin embargo, es más complejo y requiere más datos para su implementación (Bishop, 1955).

- **Método de Janbu**

El método de Janbu es una extensión del método de Fellenius, diseñado para ser aún más general y preciso. A diferencia de Fellenius y Bishop, que asumen que la superficie de deslizamiento es circular, el método de Janbu permite que la superficie de falla sea no circular. Esto proporciona una mayor flexibilidad para analizar taludes con geometrías complejas o situaciones en las que la falla no sigue un patrón circular (Janbu, 1954).

Principales características del método:

Fallo no circular: La principal ventaja del método de Janbu es que no asume que la superficie de falla sea circular, permitiendo una representación más fiel de la realidad en muchos casos. Este método se basa en la idea de que el factor de seguridad depende de las fuerzas tangenciales que actúan a lo largo de la superficie de deslizamiento, considerando la curvatura de la misma (Janbu, 1954).

Método de equilibrio de fuerzas: Similar a los otros métodos, el análisis se basa en el equilibrio entre las fuerzas actuantes sobre el talud, pero el modelo de Janbu incorpora más detalles en cuanto a la distribución de las tensiones de corte (Janbu, 1954).

Fórmula para el cálculo del factor de seguridad:

$$FS = \frac{\sum \text{Resistencia al corte total}}{\sum \text{Fuerzas de deslizamiento}}$$

El cálculo de la resistencia al corte y las fuerzas de deslizamiento en este método es más detallado y toma en cuenta la posible variabilidad en la superficie de falla (Janbu, 1954).

Ventajas y limitaciones: Este método es más preciso que los anteriores, ya que permite una mejor representación de la geometría del talud y la superficie de falla. Sin embargo, al ser más complejo, requiere más datos y tiene una mayor carga computacional (Janbu, 1954).

○ **Comparación de los Métodos**

Método	Superficie de Falla	Complejidad	Datos Requeridos	Aplicaciones
Fellenius	Circular	Baja	Moderados	Taludes simples, sin complejidades
Bishop	Circular (más flexible)	Moderada	Altos	Taludes con características más complejas
Janbu	No Circular	Alta	Muy altos	Taludes complejos con geometría irregular

○ **Conclusión**

La elección del método de análisis depende de varios factores, como la geometría del talud, los datos disponibles, y los requisitos de precisión del proyecto. El método de Fellenius es adecuado para taludes simples, mientras que Bishop y Janbu ofrecen un análisis más detallado para taludes complejos, siendo Janbu el más flexible y preciso para condiciones no circulares (Janbu, 1954).

2.2.6.3 COMPARACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD ANTES Y DESPUÉS DE IMPLEMENTAR TRM

La implementación de geosintéticos TRM (Turf Reinforcement Mats) en taludes tiene como objetivo mejorar las condiciones de estabilidad, incrementando la resistencia de la capa superficial del talud frente a la erosión y promoviendo un anclaje más efectivo de la vegetación. Al introducir estos materiales, se espera un aumento en el factor de seguridad del talud, ya que los geosintéticos actúan como una barrera contra la erosión superficial y ayudan a distribuir las cargas a través del talud, reduciendo el riesgo de fallas (Sánchez Carrión, 2020).

El cálculo del factor de seguridad antes de la implementación de los geosintéticos se realiza bajo condiciones naturales del talud, considerando las propiedades del suelo, la pendiente y las cargas presentes. Después de la instalación de los TRM, el cálculo se vuelve a realizar teniendo en cuenta las mejoras aportadas por estos materiales, como el refuerzo de la capa superficial y la mayor cohesión entre las partículas del suelo (Sánchez Carrión, 2020).

El incremento en el factor de seguridad se debe a la reducción de la erosión superficial, la mejora en la capacidad de drenaje y la mayor estabilidad de la capa vegetal. El análisis comparativo del FS antes y después de la implementación de los TRM demuestra cómo estos geosintéticos contribuyen a la mejora de la estabilidad del talud (Sánchez Carrión, 2020).

El factor de seguridad post-implementación se calcula nuevamente utilizando las mismas metodologías de análisis, pero incorporando las propiedades mejoradas del talud gracias a los geosintéticos. En este contexto, se espera que el factor de seguridad aumente significativamente, lo que indica una mayor estabilidad estructural y menor riesgo de deslizamiento (Sánchez Carrión, 2020).

Ejemplo de Fórmula para el Factor de Seguridad Post-Implementación:

$$FS = \frac{F_{resistiva}^{TRM}}{F_{deslizante}}$$

Donde $F_{resistiva}^{TRM}$ representa las fuerzas resistivas mejoradas por la implementación del TRM (Sánchez Carrión, 2020).

2.2.7 DISEÑO DE SOLUCIONES CON GEOSINTÉTICOS TRM

2.2.7.1 CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO CON TRM EN TALUDES

o Caracterización del Talud y el Suelo

El primer paso para un diseño efectivo con geosintéticos TRM es realizar un análisis detallado del terreno. Esto incluye la caracterización del tipo de suelo, su grado de compactación, la permeabilidad y la composición mineralógica. Estos parámetros

permiten determinar la capacidad de retención de agua, el tipo de vegetación que se puede utilizar y el comportamiento del talud frente a lluvias intensas o eventos sísmicos. Según la normativa peruana, se debe realizar un estudio detallado del perfil del talud, identificando zonas de alta susceptibilidad a deslizamientos o erosión (Guzmán, 2022).

- **Selección del Tipo de Geosintéticos TRM**

Los geosintéticos TRM están disponibles en diversos materiales, como poliéster, polipropileno o fibras naturales, cada uno con características de resistencia y durabilidad diferentes. La selección de un TRM adecuado depende de la resistencia mecánica requerida, las condiciones de humedad y el tipo de vegetación que se desea promover. Para taludes en zonas de alta pluviosidad, se recomienda el uso de TRM de alta resistencia a la tracción y con capacidad para resistir cargas dinámicas, tales como las derivadas de las lluvias intensas (Guzmán, 2022).

- **Determinación del Ángulo de Inclinación del Talud**

El ángulo de inclinación del talud influye directamente en la selección y disposición de los geosintéticos. En taludes muy inclinados, es crucial utilizar TRM de alta resistencia a la tracción y aplicar técnicas de anclaje adecuadas. En estos casos, el TRM debe ser instalado de manera que se minimicen los deslizamientos superficiales y se maximice la estabilidad estructural. Según el manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones de Perú (MTC), los taludes con inclinaciones mayores a 45° pueden requerir la combinación de TRM con otros métodos de estabilización, como el uso de anclajes o muros de contención (Guzmán, 2022).

- **Método de Instalación y Anclaje**

El proceso de instalación del TRM debe ser realizado con especial cuidado para garantizar que el material se fije de manera uniforme y sin arrugas. Es común el uso de anclajes mecánicos, como estacas metálicas o geoceldas, que permiten que el TRM permanezca en su lugar a lo largo del tiempo. Además, se debe evitar la exposición directa de las fibras al sol para evitar la

degradación del material. La técnica más empleada es la instalación en capas, cubriendo primero la base del talud y luego aplicando capas sucesivas en la parte superior (Guzmán, 2022).

- **Control de la Erosión y Vegetación**

Una de las principales ventajas del uso de geosintéticos TRM es su capacidad para facilitar la germinación y crecimiento de vegetación. El diseño debe considerar las especies vegetales más adecuadas según las condiciones climáticas de la zona. En zonas áridas o semiáridas, es recomendable el uso de plantas resistentes a la sequía. A través de la estabilización del suelo con TRM, se minimiza la erosión superficial y se promueve el desarrollo de una capa vegetal que refuerza la estabilidad del talud a largo plazo (Guzmán, 2022).

- **Análisis Hidrológico y de Carga**

El diseño de las soluciones con geosintéticos TRM también debe tener en cuenta los aspectos hidrológicos del área. Esto incluye el análisis de la escorrentía de aguas superficiales y su impacto en la estabilidad del talud. Se debe asegurar que los geosintéticos permitan un drenaje adecuado para evitar la acumulación de agua en el talud, lo que podría comprometer la estabilidad. Para taludes en zonas con alta pluviosidad, la selección de TRM debe garantizar un adecuado sistema de drenaje lateral, evitando que el agua se infiltre en el interior del talud (Guzmán, 2022).

2.2.7.2 INTEGRACIÓN DE SOLUCIONES TRM EN ZONAS VULNERABLES A FENÓMENOS EROSIVOS

El uso de geosintéticos TRM (Turf Reinforcement Mat) es cada vez más común en proyectos de estabilización de taludes en zonas vulnerables a la erosión y otros fenómenos geotécnicos. Estos materiales, que consisten en una malla de fibras sintéticas que refuerzan el terreno, tienen la capacidad de proteger las superficies de suelos propensos a la erosión, mejorando la resistencia mecánica y la cohesión del suelo en taludes inclinados. El principal beneficio de los TRM es su capacidad para evitar la

remoción del suelo superficial mediante la protección contra la escorrentía superficial y la infiltración de agua (Guzmán, 2022).

- **Integración de TRM en taludes erosionados:**

Cuando se consideran taludes o áreas vulnerables a la erosión, el diseño debe centrarse en varias características que determinan la efectividad de los TRM. Primero, es necesario identificar las zonas con mayor susceptibilidad a la erosión, que comúnmente son las más expuestas a la lluvia intensa, el viento o el paso de vehículos pesados. A continuación, se debe integrar el TRM de manera que maximice su eficacia, combinándolo con la vegetación local que, a través de sus raíces, también contribuirá a la estabilidad del talud (Guzmán, 2022).

Los TRM actúan como una malla que sostiene el suelo mientras la vegetación crece, creando una capa natural protectora contra la erosión. Este tipo de solución es particularmente útil en áreas de suelos no cohesivos, donde la erosión superficial es frecuente. En taludes de carreteras o proyectos viales, la aplicación de TRM puede reducir considerablemente la necesidad de mantenimiento y restauración a largo plazo. La integración de estos sistemas puede realizarse utilizando el principio de bioingeniería, que es un enfoque que combina ingeniería con principios ecológicos para estabilizar taludes de manera sostenible (Guzmán, 2022).

2.2.8 ESCORRENTÍA

Es el flujo superficial de agua originado por la precipitación, que ocurre cuando la cantidad de agua que cae sobre la superficie terrestre excede la capacidad del suelo para absorberla. Este fenómeno depende de varios factores como la intensidad y duración de la lluvia, las características del terreno, la vegetación y la capacidad de infiltración del suelo. En su desplazamiento, el agua fluye hacia cauces, ríos y eventualmente al mar, pero durante su trayecto puede causar erosión y transporte de sedimentos. El tipo de escorrentía varía según el uso del suelo, ya que las áreas urbanas o agrícolas tienden a generar mayor

escorrentía superficial debido a la compactación del suelo y la falta de vegetación que ayude a la infiltración. (Vargas Coca, 2016)

2.2.9 DRENAJE

Es un componente esencial en la ingeniería civil y la gestión de recursos hídricos, especialmente en regiones como Perú, donde las variaciones geográficas y climáticas demandan soluciones adaptadas a sus particularidades. En el ámbito urbano, el diseño de sistemas de drenaje pluvial se basa en el análisis de precipitaciones y la capacidad de conducción de aguas lluvias, con el objetivo de mitigar inundaciones y proteger infraestructuras. Por ejemplo, Escudero Pérez (2019) destaca la importancia de los colectores de aguas pluviales, ya sean subterráneos o superficiales, y su rol en el transporte eficiente del agua de lluvia, captada mediante sumideros estratégicamente ubicados.

En áreas rurales y agrícolas, el drenaje subterráneo y el manejo adecuado del nivel freático son fundamentales para prevenir la inestabilidad de suelos y garantizar la productividad de cultivos. Pérez Toribio (2020) aborda cómo la presencia de flujo subsuperficial o un nivel freático alto puede comprometer la estabilidad de obras civiles, enfatizando la necesidad de sistemas de drenaje efectivos para mitigar estos riesgos.

Históricamente, la civilización inca demostró avances notables en técnicas de drenaje, construyendo acueductos que no solo abastecían de agua potable y facilitaban baños públicos, sino que también contribuían al riego agrícola. Estos sistemas reflejan una profunda comprensión de la gestión hidráulica adaptada a las condiciones geográficas del Perú.

2.2.10 OBRAS BIOMECÁNICAS

En ingeniería civil se refieren a estructuras que utilizan principios naturales y materiales biológicos para estabilizar terrenos, taludes, y controlar procesos de erosión, combinando técnicas tradicionales de construcción con soluciones basadas en la naturaleza. Este tipo de obras incluye el uso de fajinas (ramas entrelazadas), estacas vivas (plantas con raíces profundas que se insertan en el suelo), y geomantas (materiales textiles biodegradables que favorecen el crecimiento de

vegetación), entre otros. Estas soluciones son fundamentales en zonas de alta pendiente y con alta vulnerabilidad a deslizamientos, ya que ayudan a reforzar la estructura del suelo, aumentando su cohesión y reduciendo el riesgo de deslizamientos.

En Perú, la implementación de obras biomecánicas tiene un contexto muy relevante debido a la geografía accidentada y la frecuente ocurrencia de fenómenos naturales como lluvias intensas y deslizamientos de tierra. Las estructuras biomecánicas, al ser sostenibles, también proporcionan beneficios ambientales, como la restauración ecológica y la protección de la biodiversidad local.

Según el autor Héctor Romero en su libro “Soluciones Biomecánicas para la Estabilización de Taludes” (2020), las obras biomecánicas en Perú se aplican principalmente en sectores de infraestructura vial, donde los taludes deben ser estabilizados para garantizar la seguridad y la funcionalidad de las carreteras, mientras se preserva el equilibrio ambiental (Romero, H., 2020, Soluciones Biomecánicas para la Estabilización de Taludes, Lima, Editorial Ingeniería y Desarrollo).

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

Geosintéticos TRM: Los geosintéticos TRM son materiales diseñados para reforzar taludes, controlando la erosión superficial y mejorando la estabilidad mediante una matriz tridimensional resistente y duradera (Paredes, 2021).

Propiedades del suelo: Son características como densidad, permeabilidad y cohesión que determinan la capacidad del suelo para resistir deslizamientos y ser adecuado para estabilización (Valencia, 2019).

Erosión superficial: Proceso de pérdida de partículas del suelo causado por la acción del agua o el viento, agravado en zonas con pendientes pronunciadas (Flores, 2020).

Infiltración de agua: Movimiento del agua a través de los poros del suelo, que puede disminuir su resistencia al corte y aumentar el riesgo de deslizamientos (Rojas, 2022).

Deslizamientos: Movimientos de masas de suelo o roca por laderas debido a fuerzas gravitacionales y condiciones desfavorables del terreno (Valencia, 2019).

Factor de seguridad: Relación entre las fuerzas resistentes y las fuerzas desestabilizadoras en un talud; un valor superior a 1 indica estabilidad (Flores, 2020).

Equilibrio límite: Técnica para evaluar la estabilidad de taludes basada en el balance entre fuerzas de corte y resistencia (Rojas, 2022).

Composición del suelo: Mezcla de minerales, materia orgánica y agua que influye en su comportamiento geotécnico, como cohesión y ángulo de fricción (Rojas, 2022).

Permeabilidad del suelo: Propiedad que mide la capacidad del suelo para permitir el flujo de agua, afectando la presión intersticial y estabilidad del talud (Paredes, 2021).

Control de erosión TRM: Uso de mallas de refuerzo para estabilizar la superficie del talud, promoviendo la revegetación y reduciendo la pérdida de suelo (Valencia, 2019).

2.4 HIPÓTESIS

2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

Si se diseña una solución con TRM y estructuras biomecánicas adecuadas, se mejorará la estabilidad del talud, se reducirá la erosión y se optimizará el drenaje en el tramo km 369+100 – 372+300 de la Carretera Central.

2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Si se evalúan las condiciones geotécnicas e hidrológicas del talud, se identificarán los factores que afectan su estabilidad y propensión a la erosión en el tramo de estudio.

Si se determina la eficiencia de las TRM y estructuras biomecánicas, se podrá establecer su impacto en la mejora del factor de seguridad del talud, la estabilidad del suelo y el control del drenaje superficial.

Si se propone un diseño optimizado de estabilización con TRM y estructuras biomecánicas, se garantizará su funcionalidad, sostenibilidad y viabilidad en el tramo de estudio.

2.5 VARIABLES

2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Estabilidad del talud, reducción de la erosión y optimización del drenaje.

2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

Diseño de una solución con TRM y estructuras biomecánicas.

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLE	INDICADOR	DIMENSIÓN	FUENTE DE INFORMACIÓN	MÉTODO DE MEDICIÓN	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente: Diseño de una solución con TRM y estructuras biomecánicas	Tipos de TRM y estructuras biomecánicas seleccionadas	Estructura de diseño	Diseño técnico y especificaciones de los materiales	Análisis documental y revisión de planos	Cualitativa (Sí/No)
	Materiales utilizados en el diseño	Materialidad	Reportes de materiales y estudios previos	Inspección y revisión técnica de materiales	Cualitativa (Tipo de material)
	Técnica de instalación de TRM y estructuras biomecánicas	Método constructivo	Manuales y planos de instalación	Inspección de obra y observación directa	Cualitativa (Sí/No)
Variable Dependiente: Estabilidad del talud, reducción de la erosión y optimización del drenaje	Factor de seguridad del talud (FS)	Estabilidad estructural	Estudios geotécnicos y simulaciones de estabilidad	Análisis de software de estabilidad (Plaxis, Slide)	Cuantitativa (Valor numérico)
	Caudal de drenaje optimizado	Control de drenaje	Cálculos hidráulicos, mediciones de flujo	Análisis hidráulico (HEC-RAS, cálculos)	Cuantitativa (L/s o m ³ /s)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 ENFOQUE

Pertenece al enfoque cuantitativo, ya que establece una relación causal entre una variable independiente (el desarrollo de la solución con geosintéticos TRM) y una variable dependiente (la estabilización del talud), sugiriendo que la manipulación de la primera influirá directamente sobre la segunda. Este enfoque mide objetivamente en la recolección de datos que permite verificar la hipótesis a través de instrumentos estadísticos y análisis de los resultados. Además, el enfoque cuantitativo buscará evaluar la efectividad de la solución mediante indicadores numéricos como el porcentaje de estabilización del talud o la reducción de deslizamientos, lo que facilita su evaluación objetiva. Este tipo de enfoque es común en estudios de ingeniería civil, donde se requiere obtener resultados medibles y verificables. (Salazar, 2021)

3.1.2 ALCANCE O NIVEL

Corresponde a un alcance descriptivo dentro de la metodología de investigación, ya que se busca entregar la propuesta de diseño con geosintéticos TRM para la estabilización del talud. El objetivo será identificar cómo la aplicación de esta solución técnica incide en la mejora de la estabilidad del talud a lo largo del tramo de la carretera especificada. A través de este enfoque, se podrá conocer la efectividad de la intervención y proporcionar explicaciones claras sobre cómo y por qué se garantiza la estabilización, basándose en evidencias científicas y datos cuantificables que validen la hipótesis. (García, 2022)

3.1.3 DISEÑO

Pertenece a un diseño longitudinal, ya que se evaluará el impacto de la solución con geosintéticos TRM a lo largo de un periodo de tiempo determinado, específicamente en el tramo km 369+100 – 372+300 de la carretera Cerro de Pasco – Huánuco. En un diseño longitudinal, se recopilarán datos en diferentes momentos o fases de la intervención para observar cómo evoluciona la estabilización del talud, permitiendo evaluar

los efectos a largo plazo de la solución propuesta. Este tipo de diseño es adecuado para estudiar cambios a lo largo del tiempo, en lugar de obtener datos en un solo punto temporal, como en el diseño transversal. (Salazar, 2021)

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

Se refiere al conjunto total de elementos, individuos o unidades que cumplen con ciertas características que permiten ser objeto de estudio en una investigación. (Hernandez Sampieri Roberto, Fernández Collado Carlos y Baptista Lucio María del Pilar, 2018)

Población: El total de taludes ubicados en el tramo km 369+100 – 372+300 de la carretera Cerro de Pasco – Huánuco.

3.2.2 MUESTRA

Es un subconjunto representativo de esa población, seleccionada para realizar el estudio debido a limitaciones de tiempo, recursos o accesibilidad. La muestra debe ser seleccionada de manera que refleje adecuadamente las características de la población para que los resultados puedan generalizarse de manera confiable. (Hernandez Sampieri Roberto, Fernández Collado Carlos y Baptista Lucio María del Pilar, 2018)

Muestra: El talud específico en dicho tramo de carretera que se seleccionará en el proceso de la recolección de datos el cual será no probabilístico, para la implementación y evaluación de la solución con geosintéticos TRM. Para ello se consideró 2 calicatas para el estudio de suelos.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1.1 TÉCNICAS

Para esta tesis, las técnicas de recolección de datos incluirán principalmente la **observación directa**. Se utilizará la observación directa para evaluar la condición del talud en el tramo especificado, observando visualmente los posibles deslizamientos, fisuras o señales de inestabilidad antes y después de aplicar la solución con geosintéticos TRM.

3.3.1.2 INSTRUMENTOS

Los instrumentos de recolección de datos incluirán fotografías y software especializado, que permitirán obtener imágenes detalladas del talud antes, durante y después de la implementación de la solución con geosintéticos. Además, se utilizarán sensores geotécnicos para medir la estabilidad del talud, registrando desplazamientos y cambios en la morfología de forma continua.

3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Criterios generales. Todos los datos se presentaron en unidades del SI, se asignó un número de identificación, título autoexplicativo y fuente. Las tablas se numeraron como Tabla 1, Tabla 2... y las figuras (gráficos, perfiles, salidas de software y fotografías) se numeraron como Figura 1, Figura 2..., manteniendo el orden de aparición en el texto.

Tablas. Los resultados geotécnicos (granulometría, límites de Atterberg, parámetros de resistencia, densidades), hidrológicos (precipitación, intensidades, periodos de retorno) y topográficos (coordenadas, secciones y pendientes) se organizaron en tablas comparables, y se reportaron promedios, desviaciones y valores de diseño cuando correspondió.

Figuras. Los perfiles del talud, las isoyetas/series de precipitación y las salidas de los análisis de estabilidad (superficies de falla y FS para Bishop, Janbu, Morgenstern-Price y Spencer) se incluyeron con resolución suficiente, indicándose las condiciones analizadas (sin intervención / con TRM + obras biomecánicas).

Convenciones gráficas. Se emplearon leyendas claras, escalas y barras de referencia; en las comparaciones “antes/después” se mantuvo la misma escala para facilitar la interpretación.

Trazabilidad y anexos. Los insumos extensos (planos topográficos, fichas técnicas de geosintéticos, planos del sistema TRM, reportes completos de laboratorio y salidas íntegras del software) se remitieron a Anexos con su respectivo código; en el cuerpo principal se mostró el extracto mínimo necesario para sustentar el análisis.

Calidad y validación. Antes de su inclusión, los datos se verificaron (control de consistencia y revisión de atípicos) y se documentó el criterio de selección del valor adoptado para diseño cuando fue pertinente.

Redacción y citas. Cada cuadro o figura se interpretó en el texto y, cuando correspondió, se consignó la referencia a la fuente o al software utilizado.

3.3.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Para el procesamiento y análisis de la información, se utilizarán técnicas estadísticas y de modelado geotécnico. Se aplicará un análisis descriptivo para organizar y resumir los datos obtenidos de las mediciones de estabilidad del talud antes y después de la implementación de los geosintéticos TRM. A través de software especializado en análisis geotécnico, como GeoStudio o PLAXIS, se simularán las condiciones de estabilidad del talud, permitiendo realizar comparaciones cuantitativas entre los valores de desplazamiento y los parámetros geotécnicos. Además, se utilizará un análisis comparativo para evaluar la efectividad de la solución con geosintéticos frente a métodos tradicionales de estabilización, determinando así el impacto real de la intervención. Estos procedimientos permitirán interpretar de manera precisa los datos recopilados y extraer conclusiones confiables sobre la viabilidad de la solución propuesta.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1 ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL SUELO

El estudio geotécnico del suelo se realizó mediante la excavación de dos calicatas en puntos estratégicos del talud, con una profundidad de 2.00 metros. Estas calicatas posibilitaron la recolección de muestras representativas del terreno para su estudio en laboratorio.

La calicata C-01 se posicionó en la base del talud, mientras que la C-02 se posicionó en la parte superior del talud. A continuación, se describen las coordenadas y alturas de cada calicata:

Tabla 2

Características de las Calicatas

Nombre	este	norte	cota
C-01	373880.705	8866997.94	2524.263
C-02	373844.509	8867012.23	2554.268

Nota: Las coordenadas UTM y las cotas de las calicatas permiten ubicar con precisión los puntos de muestreo en el talud. La diferencia de altitud entre C-01 y C-02 refleja la pendiente del terreno, lo cual es relevante para el análisis de estabilidad.

Ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio realizados en las muestras obtenidas de las calicatas proporcionaron los siguientes resultados:

Tabla 3

Propiedades Geotécnicas de suelo del Talud

Parámetro	C-01	C-02
Cohesión (kN/m ²)	24.4	25.2
Angulo de Fricción (°)	34.86	34.24
Peso Unitario (kN/m ³)	17.21	16.49

Nota: Los valores de cohesión y ángulo de fricción indican que el suelo tiene una resistencia al corte moderada, mientras que el peso unitario refleja la densidad del material. Estos parámetros son fundamentales para el análisis de estabilidad del talud.

Con estos datos, se calculó el promedio de las propiedades geotécnicas para su uso en el análisis de estabilidad del talud:

Tabla 4

Promedio de la Propiedades Geotécnicas

Parámetro	Promedio
Cohesión (kN/m ²)	24.8
Angulo de Fricción (°)	34.55

Peso Unitario (kN/m3)	24.8
-----------------------	------

Nota: Los valores promedio se utilizaron como parámetros de entrada en el programa SLIDE para simular el comportamiento del talud bajo diferentes condiciones.

Clasificación de suelos

Con base en los resultados obtenidos, se procedió a clasificar el suelo según los sistemas SUCS y AASTHO.

Tabla 5

Clasificación de suelos por SUCS y AASTHO

	SUCS	AASTHO	Descripción
C-01	SC	A-2-4 (0)	Arena arcillosa con grava
C-02	SM	A-1-a (0)	Arena limosa con grava

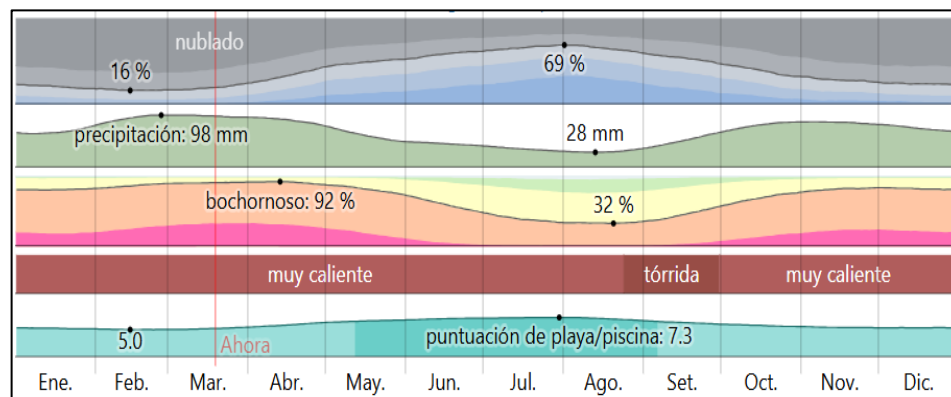
Nota: Los valores de cohesión y ángulo de fricción indican que el suelo corresponde a un material granular, específicamente una arena limosa e arcillosa con grava, lo cual es consistente con las características observadas en campo. Para mayor detalle, se puede consultar el Anexo 4, donde se presenta la clasificación completa y los criterios utilizados.

4.1.2 ESTUDIO HIDROLÓGICO

El principal propósito de la investigación hidrológica fue detectar las precipitaciones máximas y mínimas en el área de estudio, además de examinar su impacto en la estabilidad del talud. Para lograrlo, se emplearon datos de la estación de clima de San Rafael, suministrada por el SENAMHI. Esta información abarca datos acerca de la acumulación de lluvias, la temperatura media y la humedad relativa para el 2025.

Figura 9

El clima en base a la Estación San Rafael

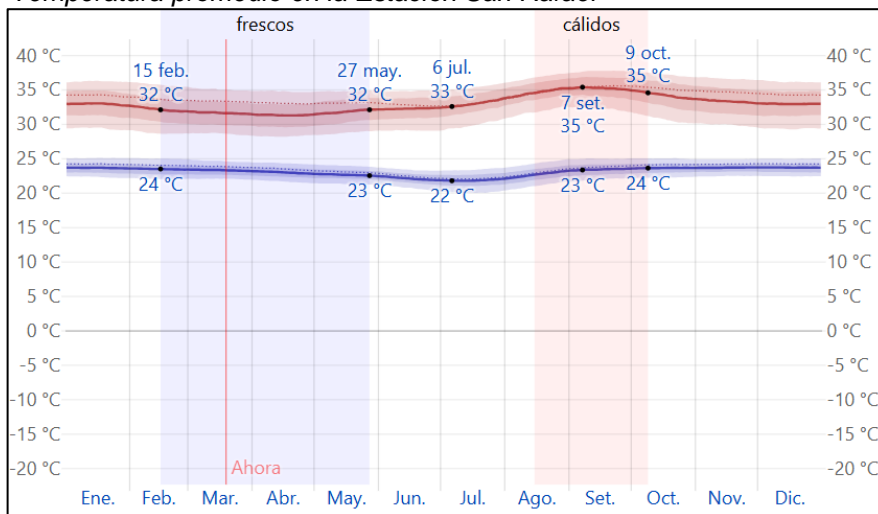


En la estación San Rafael, los veranos son cortos, tórridos, húmedos y parcialmente nublados y los inviernos son calurosos, opresivos, mojados y mayormente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura

generalmente varía de 22 °C a 35 °C y rara vez baja a menos de 20 °C o sube a más de 38 °C.

Figura 10

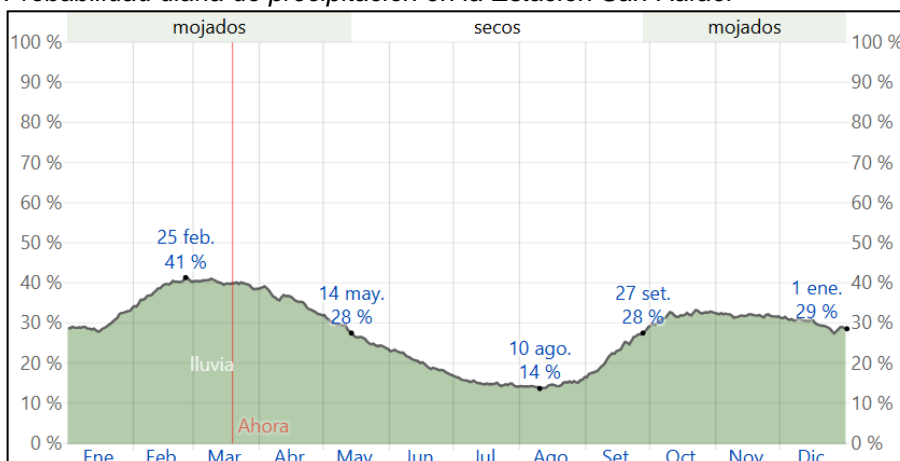
Temperatura promedio en la Estación San Rafael



La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diaria con las bandas de los percentiles 25^o a 75^o, y 10^o a 90^o. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes.

Figura 11

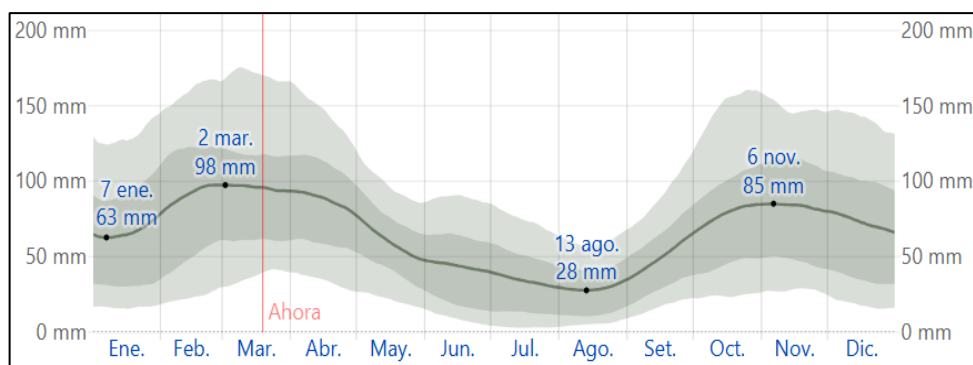
Probabilidad diaria de precipitación en la Estación San Rafael



La temporada de mayor precipitación se extiende durante 7,6 meses, desde el 27 de septiembre hasta el 14 de mayo, con una posibilidad de más del 28% de que un día específico sea un día de precipitación. En San Rafael, marzo es el mes con más días de precipitación, registrando un promedio de 12.4 días con al menos 1 milímetro de lluvia.

Figura 12

Promedio mensual de lluvia en la Estación San Rafael



Interpretación: La lluvia promedio (línea sólida) acumulada en un periodo de 31 días en una escala móvil, centrado en el día en cuestión, con las bandas de percentiles del 25º al 75º y del 10º al 90º. La línea delgada punteada es la precipitación de nieve promedio correspondiente.

Por lo que el mes con más lluvia en la Estación San Rafael es marzo, con un promedio de 96 milímetros de lluvia y el mes con menos lluvia en San Rafael es agosto, con un promedio de 28 milímetros de lluvia.

4.1.3 ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Se llevó a cabo la investigación topográfica en el segmento km 369+100 - 372+300 de la vía Cerro de Pasco - Huánuco, con el objetivo de conocer la topografía y establecer la orografía del talud. Se utilizaron AUTOCAD Civil 3D y ARGUIS para procesar los datos, generando perfiles longitudinales y transversales del talud, que se emplearon para valorar su estabilidad.

Tabla 6

Coordenadas de los puntos del levantamiento Topográfico

Punto	utm_este	utm_norte	Altitud(m)	Descripción
1	373830.50	8866899.10	2560.20	CURVAS
2	373831.20	8866903.30	2561.90	CURVAS
3	373832.30	8866905.80	2562.10	CURVAS
4	373833.30	8866912.50	2562.50	CURVAS
5	373838.50	8866944.60	2561.60	CURVAS
6	373839.90	8866949.10	2560.40	CURVAS
7	373846.50	8866997.80	2559.40	CURVAS
8	373847.20	8867001.60	2557.20	CURVAS
9	373860.10	8867054.80	2538.00	CURVAS
10	373860.80	8867055.50	2537.50	CURVAS
11	373862.60	8867056.30	2536.60	CURVAS
12	373864.40	8867057.00	2535.60	CURVAS
13	373877.80	8867057.00	2528.60	CURVAS
14	373886.00	8867044.00	2524.40	CURVAS
15	373872.80	8866970.40	2520.20	CURVAS

16	373871.40	8866968.30	2519.70	CURVAS
17	373871.10	8866966.50	2519.30	CURVAS
18	373866.20	8866948.20	2525.40	CURVAS
19	373864.40	8866942.50	2527.50	CURVAS
20	373862.70	8866937.60	2529.60	CURVAS
21	373860.50	8866932.30	2531.60	CURVAS
22	373859.80	8866928.40	2531.80	CURVAS
23	373850.70	8866897.10	2539.00	CURVAS
24	373848.60	8866889.30	2539.90	CURVAS
25	373847.60	8866887.20	2540.60	CURVAS
26	373847.20	8866885.10	2540.40	CURVAS
27	373865.40	8866855.90	2525.30	CURVAS
28	373877.10	8866862.00	2517.90	CURVAS
29	373882.00	8866879.60	2513.90	CURVAS
30	373884.10	8866889.40	2512.60	CURVAS
31	373886.20	8866898.30	2511.40	CURVAS
32	373888.20	8866934.90	2513.50	CURVAS
33	373895.50	8866976.10	2514.00	CURVAS
34	373904.80	8867030.00	2515.90	CURVAS
35	373916.50	8867049.10	2518.10	CURVAS
36	373918.30	8867047.70	2518.40	CURVAS
37	373920.40	8867041.30	2518.90	CURVAS
38	373921.50	8867035.00	2519.30	CURVAS
39	373922.20	8867027.20	2519.70	CURVAS
40	373922.30	8867018.80	2519.60	CURVAS
41	373913.90	8866968.80	2519.40	CURVAS
42	373912.90	8866965.60	2519.00	CURVAS
43	373880.71	8866997.94	2524.26	CALICATA 01
44	373935.80	8866886.10	2528.60	CURVAS
45	373936.50	8866888.60	2529.40	CURVAS
46	373936.90	8866891.00	2530.00	CURVAS
47	373937.20	8866893.90	2530.70	CURVAS
48	373937.20	8866897.70	2531.50	CURVAS
49	373937.10	8866919.60	2534.50	CURVAS
50	373937.10	8866922.70	2534.80	CURVAS
51	373945.00	8867004.80	2527.30	CURVAS
52	373945.30	8867009.70	2527.50	CURVAS
53	373946.40	8867014.70	2528.00	CURVAS
54	373946.40	8867017.50	2528.00	CURVAS
55	373951.60	8867050.60	2526.40	CURVAS
56	373951.50	8867053.40	2525.90	CURVAS
57	373944.70	8867074.90	2524.50	CURVAS
58	373944.00	8867075.20	2524.30	CURVAS
59	373941.90	8867077.30	2523.80	CURVAS
60	373940.10	8867078.40	2523.30	CURVAS
61	373939.00	8867079.10	2522.90	CURVAS
62	373937.30	8867079.80	2522.40	CURVAS
63	373935.50	8867080.80	2521.80	CURVAS

64	373886.20	8867094.70	2534.20	CURVAS
65	373852.90	8867085.40	2548.40	CURVAS
66	373856.50	8867085.50	2546.60	CURVAS
67	373858.90	8867085.50	2545.20	CURVAS
68	373864.30	8867085.10	2542.40	CURVAS
69	373866.70	8867085.10	2541.10	CURVAS
70	373869.20	8867084.10	2539.50	CURVAS
71	373873.50	8867083.80	2537.60	CURVAS
72	373935.90	8867077.30	2521.70	CURVAS
73	373938.00	8867076.20	2522.30	CURVAS
74	373950.80	8867063.30	2525.20	CURVAS
75	373904.40	8867064.50	2519.40	CURVAS
76	373899.80	8867064.80	2520.30	CURVAS
77	373896.60	8867065.20	2521.90	CURVAS
78	373893.40	8867066.20	2523.80	CURVAS
79	373844.80	8867071.30	2549.00	CURVAS
80	373844.51	8867012.23	2554.27	CALICATA 02
81	373830.50	8867020.60	2564.50	CURVAS
82	373826.20	8867020.90	2568.30	CURVAS
83	373828.00	8867008.30	2569.20	CURVAS
84	373836.20	8867008.30	2563.90	CURVAS
85	373842.90	8867007.60	2559.20	CURVAS
86	373880.50	8867002.10	2525.90	CURVAS
87	373905.30	8866996.60	2512.50	CURVAS
88	373925.90	8866987.50	2522.70	CURVAS
89	373927.70	8866986.80	2523.70	CURVAS
90	373928.70	8866985.70	2524.50	CURVAS
91	373931.20	8866984.00	2526.10	CURVAS
92	373932.00	8866982.60	2526.80	CURVAS
93	373933.00	8866981.50	2527.40	CURVAS
94	373934.40	8866979.40	2528.20	CURVAS
95	373934.80	8866978.00	2528.60	CURVAS
96	373934.80	8866974.10	2529.60	CURVAS
97	373921.40	8866971.60	2523.40	CURVAS
98	373878.20	8866950.00	2516.80	CURVAS
99	373882.10	8866949.60	2515.80	CURVAS
100	373920.80	8866942.00	2525.20	CURVAS
101	373922.50	8866942.00	2526.60	CURVAS
102	373922.90	8866941.70	2526.90	CURVAS
103	373925.40	8866940.60	2529.00	CURVAS
104	373926.10	8866940.30	2529.60	CURVAS
105	373927.50	8866938.50	2530.90	CURVAS
106	373812.70	8866939.90	2590.60	CURVAS
107	373802.40	8866941.30	2595.90	CURVAS
108	373828.40	8866917.10	2568.00	CURVAS
109	373833.30	8866916.70	2563.30	CURVAS
110	373836.50	8866916.00	2560.20	CURVAS
111	373839.00	8866915.70	2557.90	CURVAS

112	373841.10	8866915.30	2555.90	CURVAS
113	373863.50	8866911.90	2523.40	CURVAS
114	373866.60	8866911.60	2518.70	CURVAS
115	373869.10	8866911.60	2515.10	CURVAS
116	373904.60	8866905.70	2512.80	CURVAS
117	373906.70	8866905.00	2514.30	CURVAS
118	373908.50	8866904.00	2515.50	CURVAS
119	373920.60	8866893.80	2522.40	CURVAS
120	373887.60	8866888.40	2512.70	CURVAS
121	373884.80	8866888.40	2512.70	CURVAS
122	373878.80	8866888.70	2512.70	CURVAS
123	373832.40	8866883.60	2551.20	CURVAS
124	373834.80	8866883.30	2549.70	CURVAS
125	373880.60	8866876.40	2514.40	CURVAS
126	373882.40	8866876.10	2514.40	CURVAS
127	373885.90	8866875.00	2514.50	CURVAS
128	373889.10	8866873.60	2514.60	CURVAS
129	373891.90	8866872.90	2514.50	CURVAS
130	373902.20	8866871.60	2514.10	CURVAS
131	373904.40	8866871.20	2514.80	CURVAS
132	373905.80	8866870.90	2515.20	CURVAS
133	373869.70	8866862.60	2520.10	CURVAS
134	373867.90	8866862.60	2521.60	CURVAS
135	373861.90	8866864.00	2526.30	CURVAS
136	373855.10	8866865.40	2531.70	CURVAS
137	373892.60	8867076.10	2527.80	CURVAS
138	373895.80	8867075.70	2526.40	CURVAS
139	373899.70	8867075.10	2524.50	CURVAS
140	373931.70	8867063.50	2519.30	CURVAS
141	373933.10	8867060.70	2519.50	CURVAS
142	373932.70	8867059.70	2519.30	CURVAS
143	373923.50	8867057.90	2518.50	CURVAS
144	373920.70	8867057.90	2518.30	CURVAS
145	373918.20	8867057.90	2518.10	CURVAS
146	373904.40	8867057.80	2517.10	CURVAS
147	373899.10	8867057.80	2518.10	CURVAS
148	373843.10	8867057.90	2546.70	CURVAS
149	373837.80	8867057.90	2552.50	CURVAS
150	373833.50	8867058.30	2559.30	CURVAS
151	373863.70	8867038.00	2537.00	CURVAS
152	373867.60	8867037.60	2534.70	CURVAS
153	373872.20	8867036.20	2532.10	CURVAS
154	373875.80	8867035.90	2530.10	CURVAS
155	373909.10	8867030.40	2516.80	CURVAS
156	373909.10	8867019.50	2516.00	CURVAS
157	373904.20	8867017.70	2514.40	CURVAS
158	373889.40	8867001.40	2519.80	CURVAS
159	373888.30	8867000.70	2520.50	CURVAS

160	373886.50	8867000.40	2521.60	CURVAS
161	373889.40	8866982.40	2517.20	CURVAS
162	373887.70	8866981.40	2517.80	CURVAS
163	373877.80	8866976.40	2520.70	CURVAS
164	373876.00	8866975.00	2520.90	CURVAS
165	373873.90	8866973.90	2521.20	CURVAS
166	373876.40	8866960.50	2517.60	CURVAS
167	373875.70	8866959.10	2517.70	CURVAS
168	373877.30	8866915.80	2512.40	CURVAS
169	373876.60	8866914.40	2512.10	CURVAS
170	373875.90	8866912.30	2511.70	CURVAS
171	373873.70	8866910.90	2511.40	CURVAS
172	373872.00	8866909.80	2511.20	CURVAS
173	373870.20	8866908.80	2512.80	CURVAS
174	373868.80	8866907.30	2514.60	CURVAS
175	373868.10	8866890.40	2516.50	CURVAS
176	373869.60	8866887.60	2515.20	CURVAS
177	373871.40	8866883.10	2513.80	CURVAS
178	373872.40	8866881.00	2513.90	CURVAS
179	373882.20	8866929.60	2514.20	CURVAS
180	373883.60	8866932.00	2514.20	CURVAS
181	373883.90	8866933.10	2514.30	CURVAS
182	373885.00	8866935.90	2514.40	CURVAS
183	373886.00	8866937.30	2514.20	CURVAS
184	373887.10	8866938.70	2514.00	CURVAS
185	373887.40	8866940.90	2514.00	CURVAS
186	373901.60	8867032.80	2515.30	CURVAS
187	373902.30	8867038.10	2515.80	CURVAS
188	373902.70	8867039.50	2515.90	CURVAS
189	373903.00	8867042.00	2516.10	CURVAS
190	373906.90	8867062.80	2518.80	CURVAS
191	373907.20	8867064.50	2519.40	CURVAS
192	373900.70	8867090.20	2530.10	CURVAS
193	373899.30	8867090.50	2530.50	CURVAS
194	373898.60	8867089.50	2530.80	CURVAS
195	373898.60	8867084.20	2528.70	CURVAS
196	373893.10	8867040.50	2520.40	CURVAS
197	373893.10	8867038.80	2520.30	CURVAS
198	373892.50	8867021.20	2519.60	CURVAS
199	373886.50	8867011.60	2522.60	CURVAS

Nota: El estudio topográfico facilitó la identificación de las zonas críticas de reducción y la creación de curvas de nivel, perfiles de longitud y secciones transversales. Esta información se procesó utilizando AUTOCAD Civil 3D y ARCGIS, lo que hizo más sencilla la representación de la geometría del talud y la detección de las áreas más susceptibles.

Tabla 7

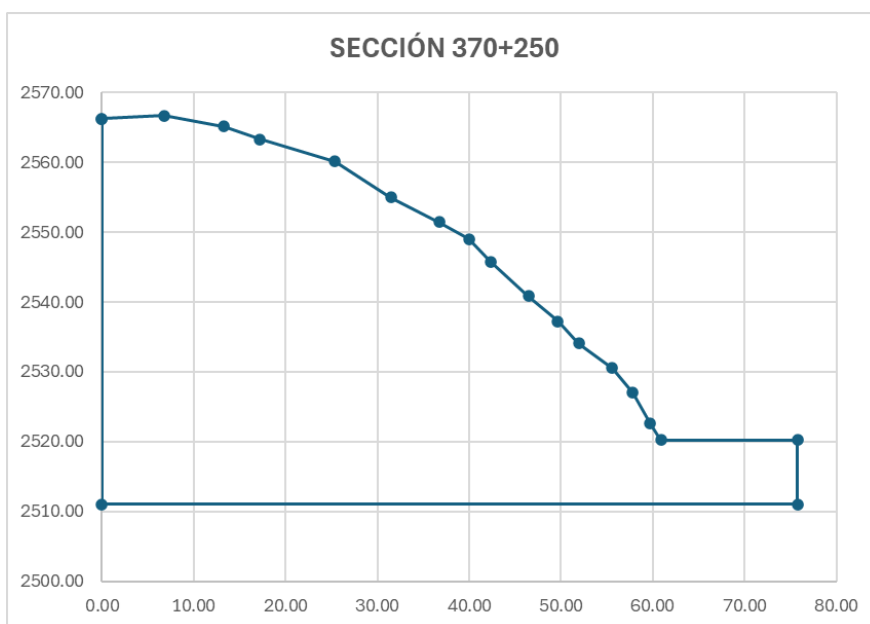
Punto del perfil del Talud 370+250

Puntos	X	y
1	0.00	2566.23
2	6.79	2566.73
3	13.32	2565.17
4	17.24	2563.33
5	25.41	2560.14
6	31.46	2555.00
7	36.74	2551.45
8	40.00	2549.02
9	42.34	2545.77
10	46.47	2540.89
11	49.62	2537.24
12	51.93	2534.11
13	55.61	2530.51
14	57.79	2527.01
15	59.71	2522.58
16	60.89	2520.23
17	75.78	2520.23
18	75.78	2511.00
19	0.00	2511.00
20	0.00	2566.23

Nota: La tabla muestra las posiciones (X, Y) de los puntos que establecieron el perfil del talud en el segmento 370+250. Las coordenadas X simbolizan la separación horizontal en metros, en cambio, las coordenadas Y señalan la altitud en metros sobre el nivel del mar (msnm).

Figura 13

Perfil en estudio



Estos puntos facilitan la representación de la geometría del talud y resultan esenciales para el estudio de su solidez. Se nota que el perfil muestra una inclinación marcada en la parte superior, seguida de una zona más plana en la base, lo que es común en terrenos con peligro de gradual.

Orografía e inclinaciones

Según la Norma Técnica DG 2018, el área de estudio exhibe una topografía con ondulaciones e irregularidades, con inclinaciones que oscilan entre 30° y 45°. Estas particularidades geográficas tienen un impacto directo en la estabilidad del talud, reconociéndose como zonas críticas aquellas con inclinaciones que superan los 45°.

4.1.4 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EN CONDICIONES NORMALES

El estudio de estabilidad se llevó a cabo con el programa SLIDE, teniendo en cuenta las características medias del terreno. Se utilizaron cinco técnicas de evaluación: Fellenius, Bishop, Janbu, Morgenstern-Price y Spencer. Los siguientes fueron los factores de seguridad adquiridos:

Figura 14

Análisis por el Método de Bishop

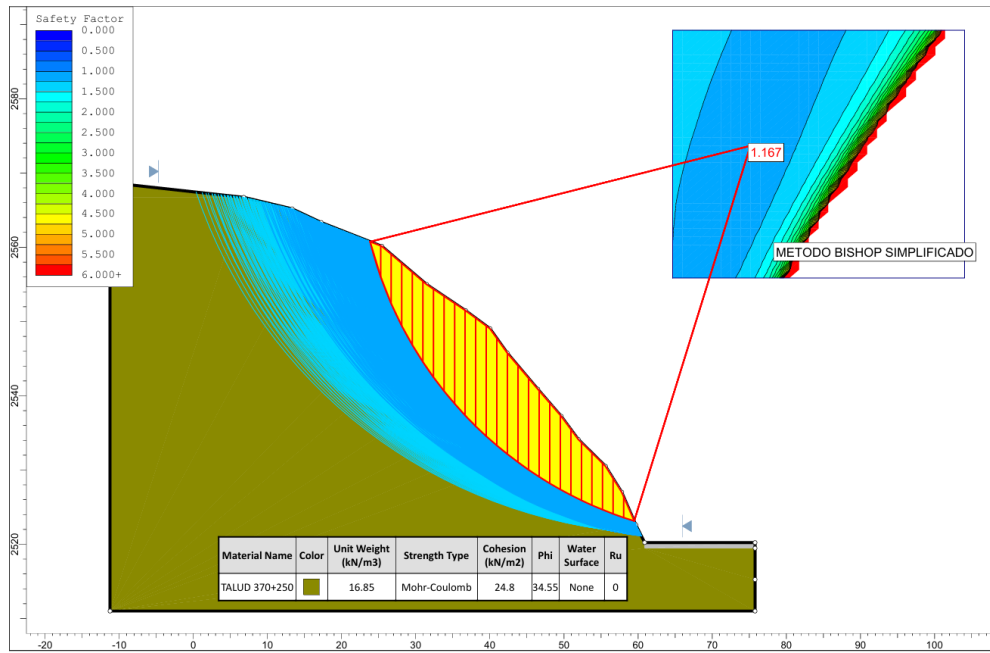


Figura 15

Análisis por el Método de Fellenius

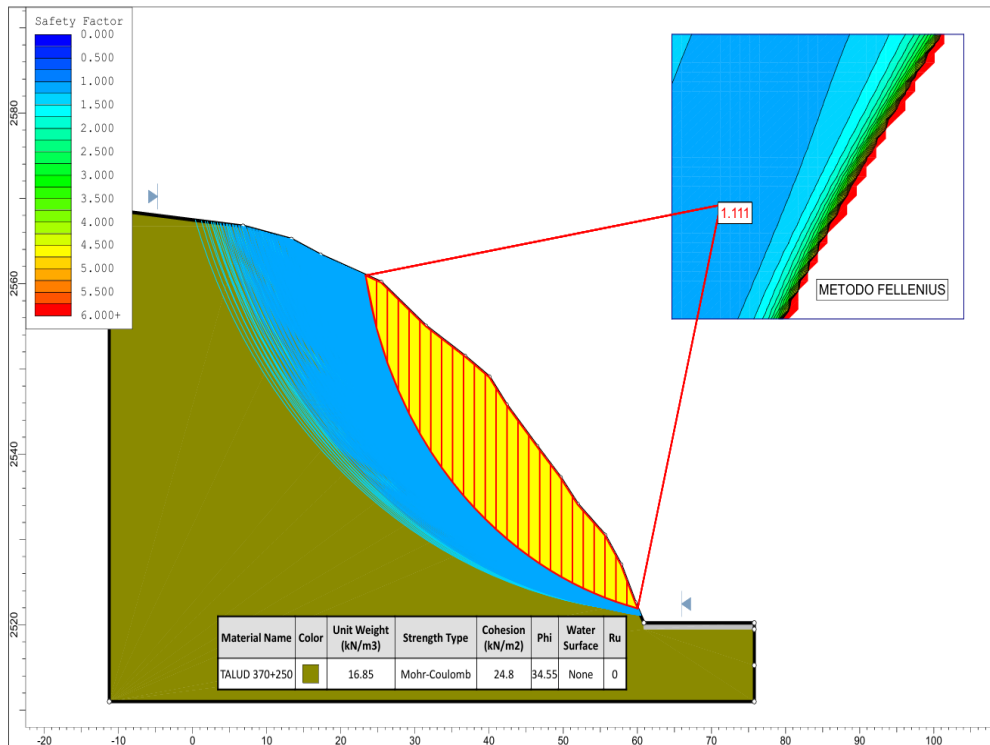


Figura 16

Análisis por el Método de Janbu

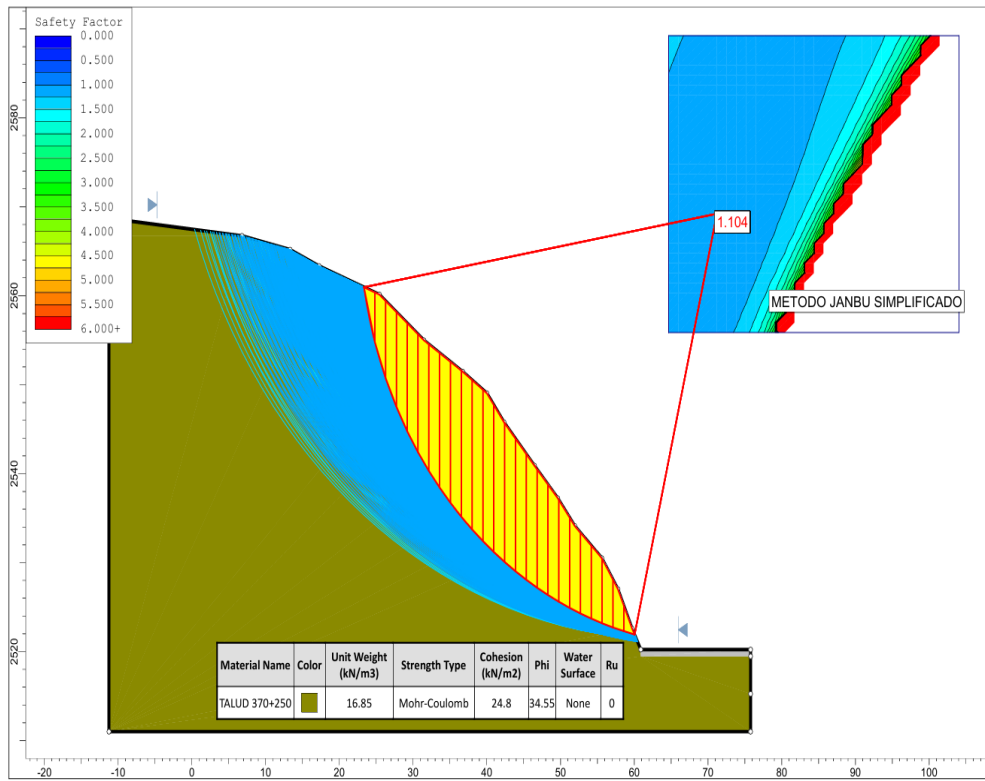


Figura 17

Análisis por el Método de Morgenstern-Price

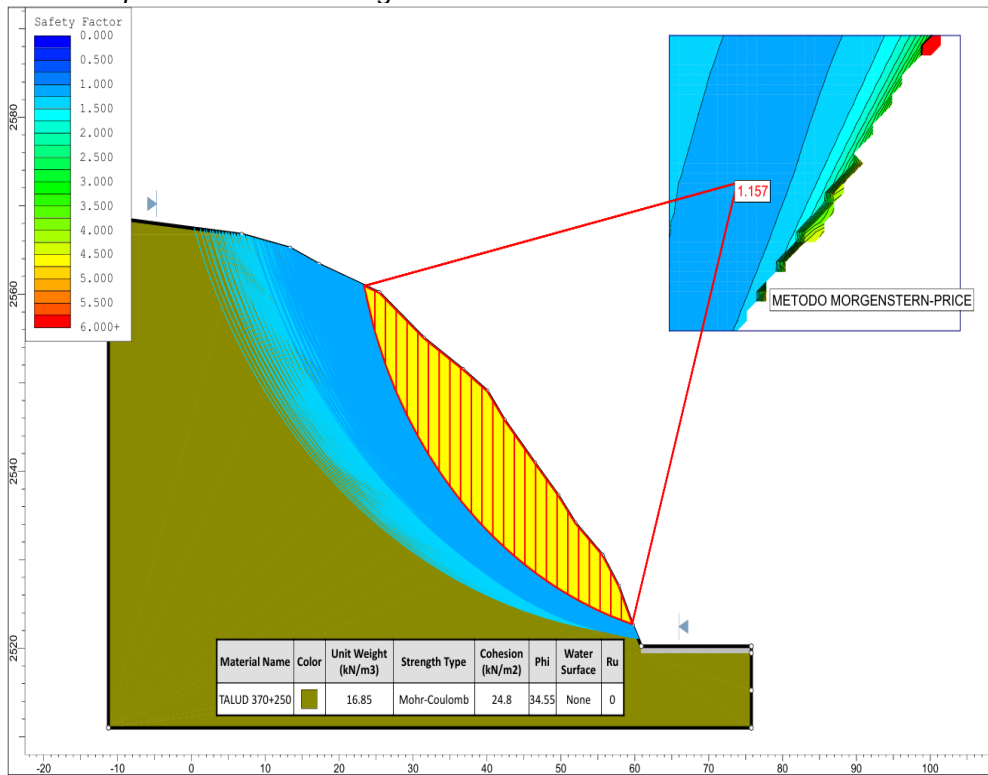


Figura 18

Análisis por el Método de Spencer

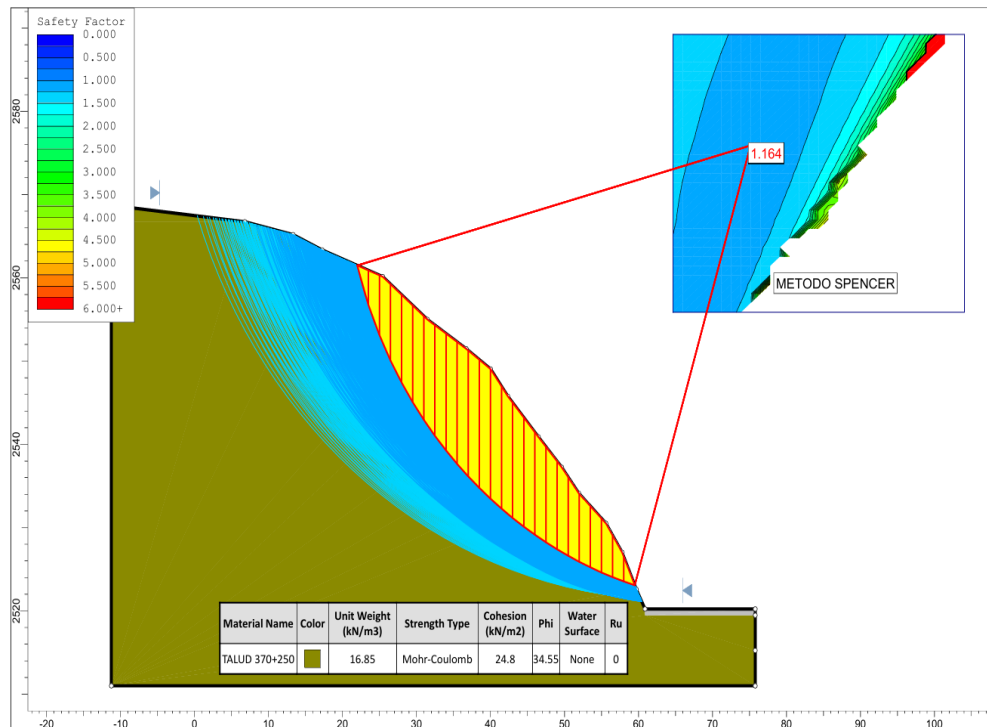


Tabla 8

Resultados de los FS en Condiciones Normales

	Slide	Norma
Bishop	1.167	1.5
Fellenius	1.111	1.5
Janbu	1.104	1.5
Morgenstern-Price	1.157	1.5
Spencer	1.164	1.5

Nota: Los resultados indican que los factores de seguridad obtenidos mediante el programa SLIDE utilizando cinco métodos de análisis: Bishop, Fellenius, Janbu, Morgenstern-Price y Spencer, resultando inferiores a lo que establece la norma.

Los valores obtenidos en condiciones normales son inferiores al valor de referencia de 1.5, lo que indica que el talud es inestable bajo estas condiciones. El método de Fellenius arrojó el valor más bajo (1.104), mientras que el método de Bishop proporcionó el valor más alto (1.167). Estos resultados resaltan la necesidad de implementar medidas de mitigación para mejorar la estabilidad del talud.

Figura 19

Grafico de Barras agrupadas FS vs Norma E0.50



El gráfico resalta cómo diversos métodos y perspectivas pueden provocar variaciones en los factores de seguridad. El valor más elevado bajo la Norma E0.50 indica un criterio más prudente para asegurar la estabilidad del talud, en cambio, los valores alcanzados bajo el programa Slide se logra visualizar claramente que todos los métodos arrojan valores por debajo del umbral de seguridad.

4.1.5 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD CON LA PROPUESTA DE GEOSINTÉTICOS TRM 500 Y ESTRUCTURAS BIOMECÁNICAS

El geosintéticos TRM es un material adaptable que actúa como soporte en el terreno, parecido a una geomalla o geotextil. En el programa Slide 6.0, la alternativa Geotextil es la más apropiada ya que facilita la modelación de materiales versátiles que se entrelazan con el terreno para incrementar su estabilidad.


La capacidad de resistir la tracción es una característica esencial del geosintéticos TRM. Especifica la fuerza que el material que puede resistir antes de fracturarse. Los valores habituales son 500 kN/m, 700 kN/m, o 900 kN/m, en función del productor, como se observa en el anexo 6.

Figura 20

Propiedades del Geosintéticos TRM 500 en el programa Slide

Gesintetico TRM 500

Name: Support Colour:

Support Type:
 Used for: Geotextiles, Geogrids, Strips


Force Application: Active (Method A) Passive (Method B)

Force Orientation:
 Force Angle: degrees

Anchorage:

Strip Properties:
 Strip coverage: %
 Tensile Strength: kN/m

Pullout Strength:
 Adhesion: kN/m²
 Friction Angle: degrees
 Material Dependent

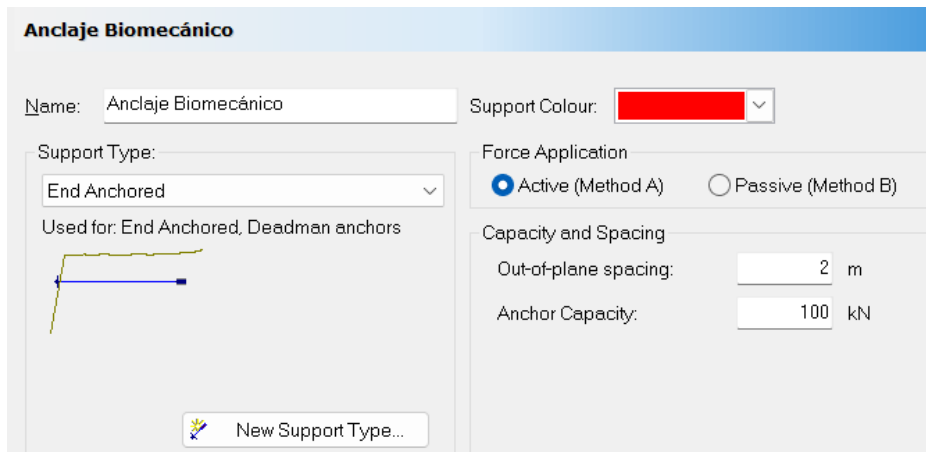
Shear Strength Model:

Se utiliza el Active (Método A) ya que el geosintético TRM funciona como un refuerzo activo, o sea, aporta una fuerza extra para la estabilización del talud. El método A es el más habitual para representar este comportamiento. La Adhesión de 10 kN/m² simboliza la fuerza de conexión entre el material geosintético y el terreno. Se asume el valor típico de 10 kN/m² para terrenos cohesivos y el ángulo de fricción de 40° simboliza la fricción existente entre el geosintético y el terreno. Se asume el valor típico de 40° para terrenos granulares.

Las construcciones biomecánicas fusionan componentes vegetales (raíces) y elementos mecánicos (anclajes) con el objetivo de estabilizar el terreno. En el programa Slide 6.0, se representó las raíces como un aporte adicional a la cohesión y ángulo de fricción del suelo y los anclajes como refuerzos.

Figura 21

Propiedades del Anclaje biomecánico en el programa Slide

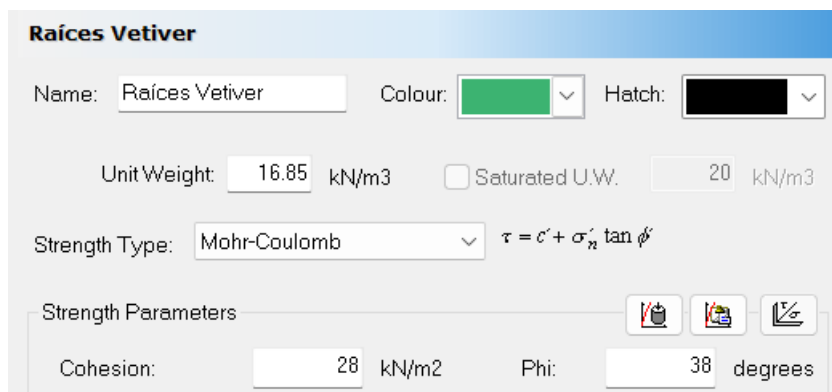


Se asume una distancia entre anclajes de 2m y una capacidad de anclaje de 100 kN ya que son conservadores.

Respecto a los elementos vegetales, se asumió una capa mejorada de las propiedades, ya que las raíces de los pastos Vetiver son densos y fibrosos, crecen rápidamente y son resistentes a la erosión e ideales para taludes con pendientes moderadas. Por lo que la cohesión y el ángulo de fricción del suelo se incrementó en un 20% de las propiedades del Talud, proporcionando un refuerzo adicional.

Figura 22

Propiedades mejoradas por las Raíces de Pastos Vetiver



Por lo tanto se propuso la utilización de geosintéticos TRM 500 y estructuras biomecánicas para mejorar la estabilidad del talud y se consiguió lo siguiente:

Figura 23

Análisis con el Geosintéticos TRM y estructuras Biomecánicas por el método de Bishop

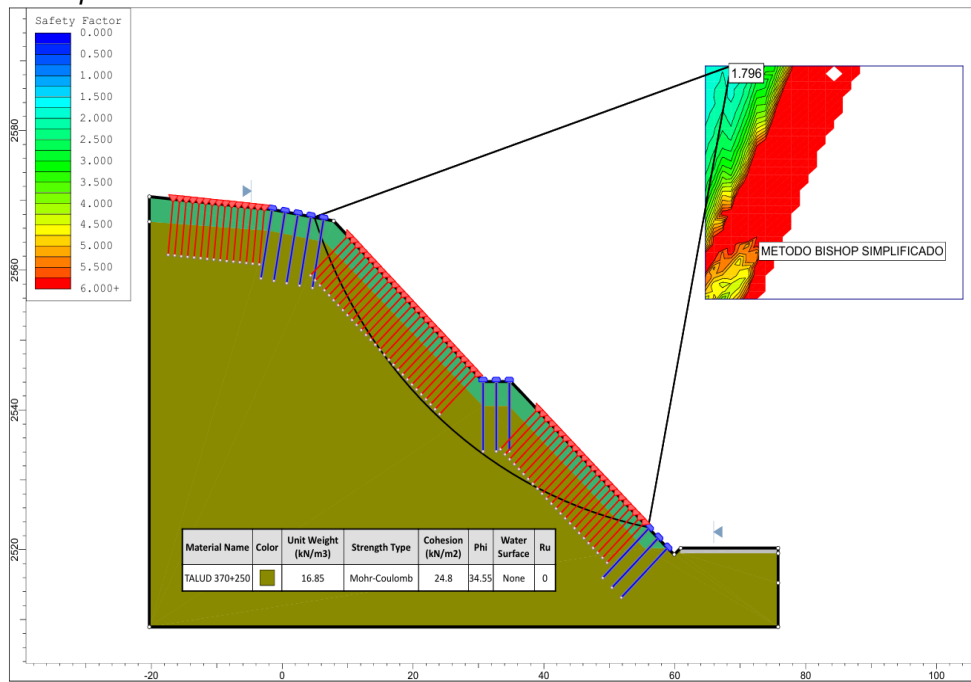


Figura24

Análisis con el Geosintéticos TRM y estructuras Biomecánicas por el método Fellenius

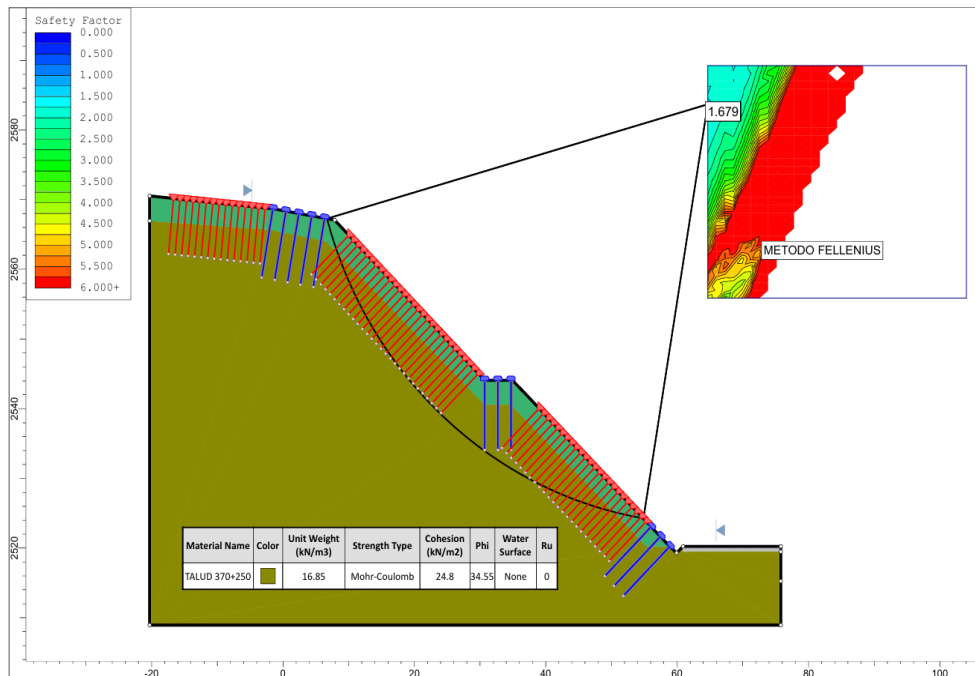


Figura 25

Análisis con el Geosintéticos TRM y estructuras Biomecánicas por el método Janbu

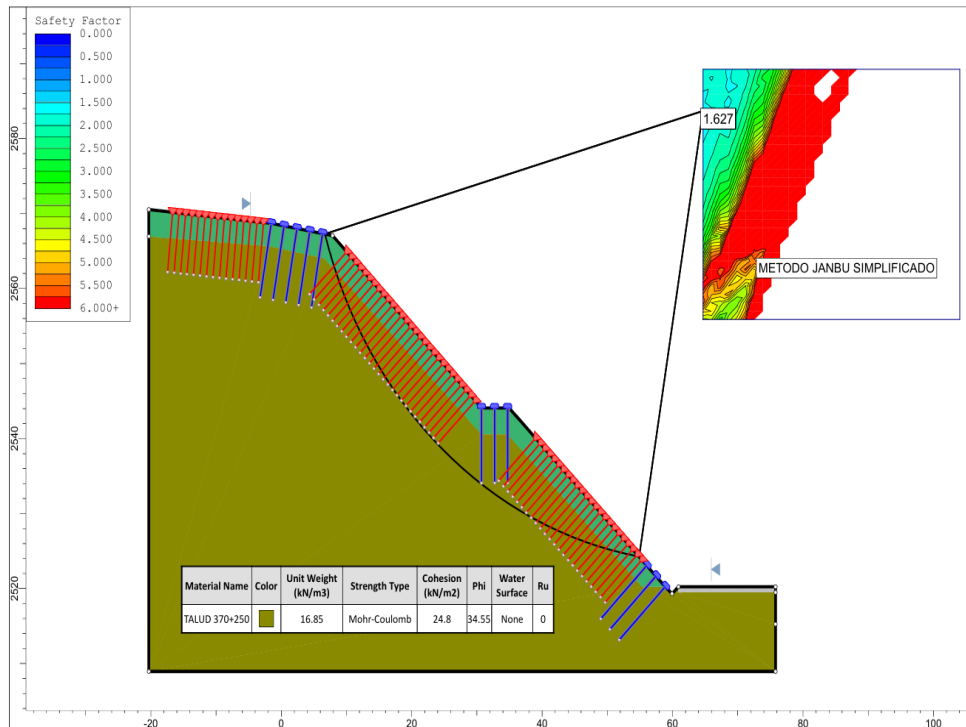


Figura 26

Análisis con el Geosintéticos TRM y estructuras Biomecánicas por el método Morgenstern-Price

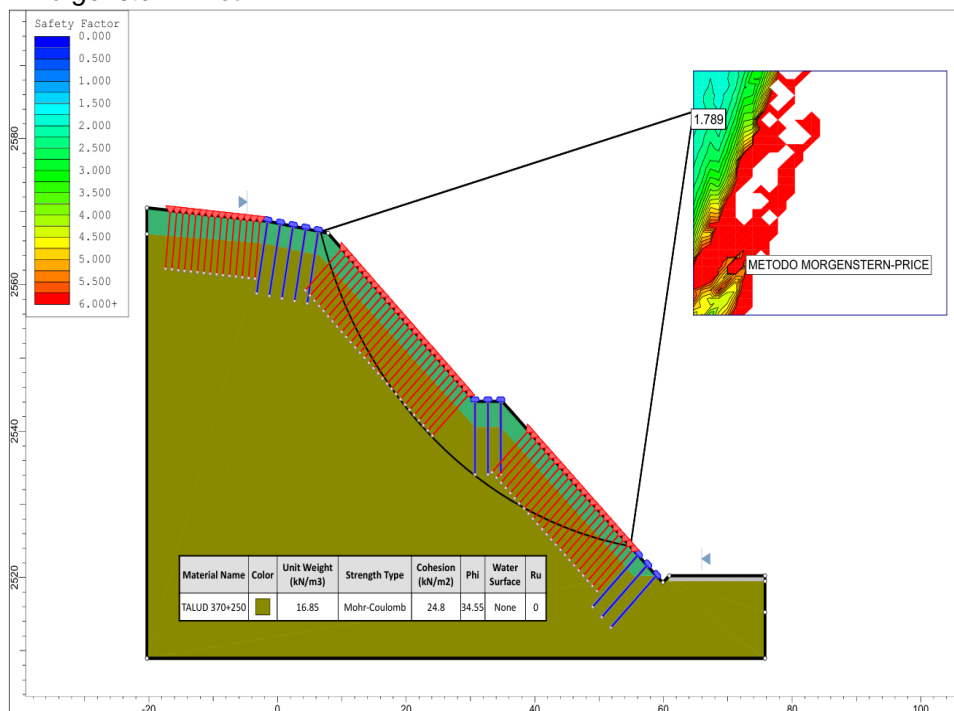


Figura 27

Análisis con el Geosintéticos TRM y estructuras Biomecánicas por el método Spencer

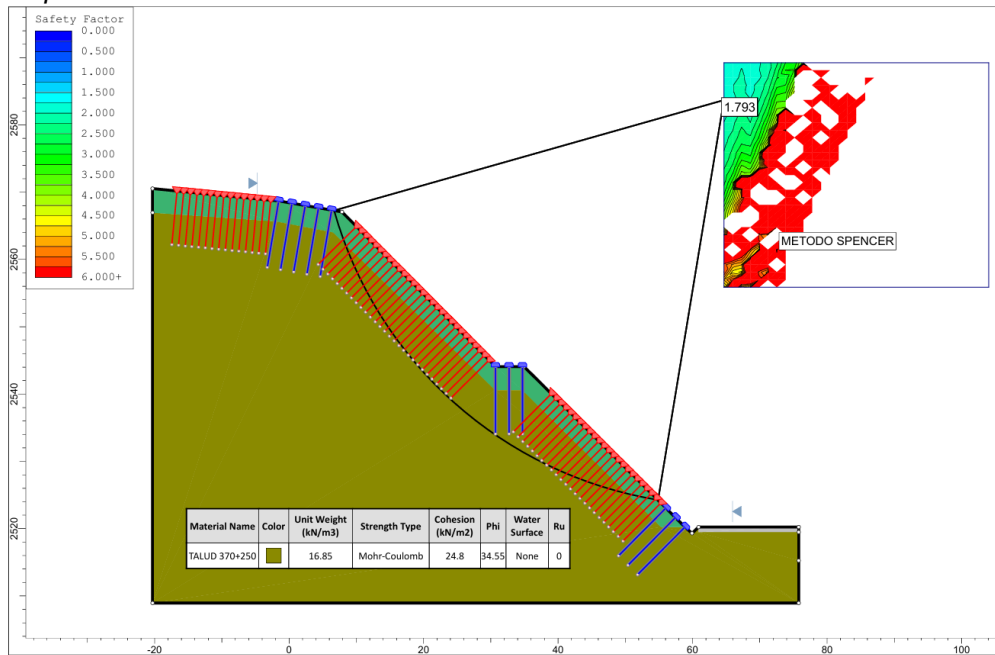


Tabla 9

Resultados de los FS con Implementación de Geosintéticos TRM y las Estructuras Biomecánicas

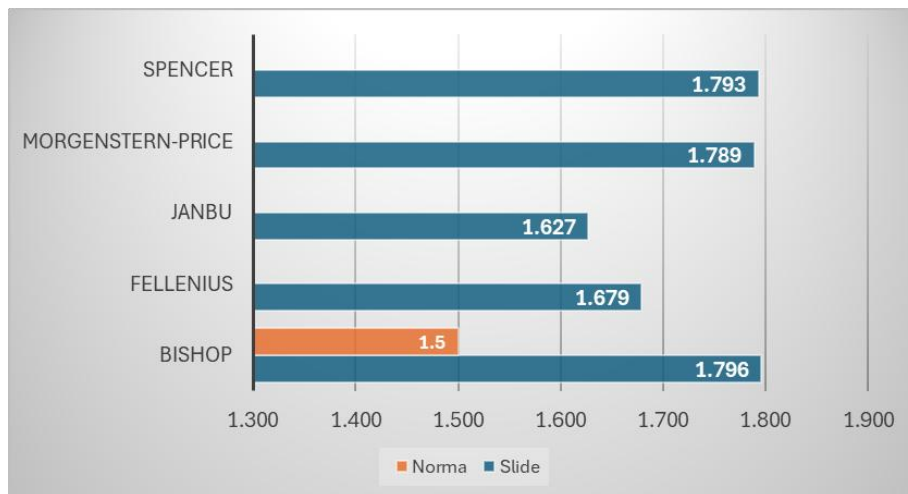
	Slide	Norma
Bishop	1.796	
Fellenius	1.679	
Janbu	1.627	1.5
Morgenstern-Price	1.789	
Spencer	1.793	

Nota: Los factores de seguridad exceden el valor de 1.5, corroborando así la efectividad de la propuesta.

Los valores obtenidos al implementar la propuesta de geosintéticos TRM 500 y las estructuras biomecánicas son superiores al valor de referencia de 1.5, lo que indica que el talud es estable bajo estas condiciones. El método de Janbu arrojó el valor más bajo (1.627), mientras que el método de Spencer proporcionó el valor más alto (1.793).

Figura 28

Grafico de Barras agrupadas FS vs Norma E0.50 con implementación de TRM y estructuras Biomecánicas



Los factores de seguridad determinados a través de los métodos de Spencer (1.793), Morgenstern-Price (1.789), Janbu (1.627), Fellenius (1.679) y Bishop (1.796) exceden el valor mínimo necesario de 1.5, corroborando la eficacia de la propuesta de diseño que incorpora geosintéticos TRM 500 y estructuras de biomecánica. Estos hallazgos evidencian que la mezcla de refuerzos sintéticos y naturales no solo incrementa la estabilidad del talud, sino que también se adhiere a las regulaciones de seguridad. La uniformidad entre los distintos métodos de análisis fortalece la confiabilidad de los resultados, corroborando la mejora del diseño sugerido.

4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Hipótesis General

Si se diseña una solución con TRM y estructuras biomecánicas adecuadas, se mejorará la estabilidad del talud, se reducirá la erosión y se optimizará el drenaje en el tramo km 369+100 – 372+300 de la Carretera Central.

Evaluación de hipótesis

Usaremos la prueba t de Student para muestras pareadas con el objetivo de contrastar los factores de seguridad bajo condiciones habituales y tras la aplicación de TRM y estructuras biomecánicas. Esta evaluación nos facilitará establecer si la discrepancia entre los dos grupos de datos tiene relevancia estadística.

Tabla 10

Factores de seguridad en condiciones normales y con TRM y estructuras biomecánicas

Método	Condiciones Normales (Slide)	Con TRM y Estructuras Biomecánicas (Slide)	Norma
Bishop	1.167	1.796	1.5
Fellenius	1.111	1.679	1.5
Janbu	1.104	1.627	1.5
Morgenstern-Price	1.157	1.789	1.5
Spencer	1.164	1.793	1.5

Nota: Los factores de seguridad aumentaron significativamente después de la implementación de TRM y estructuras biomecánicas, superando el valor de referencia de 1.5 en todos los métodos de análisis.

Hipótesis nula (H_0) y alternativa (H_1):

H_0 : No hay diferencia significativa entre los factores de seguridad en condiciones normales y después de la implementación de TRM y estructuras biomecánicas.

H_1 : Existe una diferencia significativa entre los factores de seguridad en condiciones normales y después de la implementación de TRM y estructuras biomecánicas.

Tabla 11

Prueba t de Student para muestras pareadas

Descripción	Valor
Valor calculado de t	29.8
Valor crítico de t ($\alpha = 0.05$, $gl = 4$)	2.776
Comparación	t calculado > t crítico

Nota: Se empleó la prueba t de Student en muestras pareadas para contrastar los factores de seguridad previo y posterior a la aplicación de TRM y estructuras biomecánicas.

El valor estimado de t (29.8) supera notablemente al valor crítico de t (2.776) para una significancia de $\alpha = 0.05$ y 4 grados de libertad. Así pues, se descarta la hipótesis nula (H_0), lo que señala que hay una variación considerable entre los factores de seguridad previo y posterior a la implementación de las soluciones sugeridas.

Por lo que, se acepta la **hipótesis general**.

Hipótesis Específica 1

Si se evalúan las condiciones geotécnicas e hidrológicas del talud, se identificarán los factores que afectan su estabilidad y propensión a la erosión en el tramo de estudio.

Factores identificados

- ✚ Las pendientes pronunciadas son superiores a 45° son críticas y aumentan el riesgo de deslizamientos.
- ✚ El material granular de cohesión reducida, es decir la ausencia de suficiente cohesión en el terreno lo vuelve susceptible a la erosión y a graduales.
- ✚ La zona de estudio está sujeta a precipitaciones intensas, estos elementos disminuyen la resistencia al corte y elevan la presión en los poros, lo cual impacta de manera adversa en la estabilidad del talud.

Estos hallazgos confirman que las condiciones geotécnicas e hidrológicas son determinantes en la estabilidad del talud y su propensión a la erosión. Por lo tanto, se acepta la **hipótesis H1**.

Hipótesis Específica 2

Si se determina la eficiencia de las TRM y estructuras biomecánicas, se podrá establecer su impacto en la mejora del factor de seguridad del talud, la estabilidad del suelo y el control del drenaje superficial.

Tabla 12

Mejora porcentual del factor de seguridad

Método	Mejora (%)
Bishop	53.90%

Fellenius	51.10%
Janbu	47.40%
Morgenstern-Price	54.70%
Spencer	54.00%

Nota: La implementación de TRM y estructuras biomecánicas incrementó el factor de seguridad en un promedio del 52.3%, lo que confirma su eficiencia.

Por lo tanto, la implementación de TRM y estructuras biomecánicas incrementó el factor de seguridad en un 52.3% en promedio (de 1.141 a 1.737), lo que confirma su eficiencia. Estos resultados confirman que las soluciones propuestas son efectivas. Por lo tanto, se **acepta la hipótesis H2.**

Hipótesis Específica 3

Si se propone un diseño optimizado de estabilización con TRM y estructuras biomecánicas, se garantizará su funcionalidad, sostenibilidad y viabilidad en el tramo de estudio.

Tabla 13

Evaluación del diseño optimizado

Criterio	Resultado	Conclusión
Funcionalidad	Factores de seguridad > 1.5 en todos los métodos de análisis.	Cumple
Sostenibilidad	Bajo impacto ambiental y durabilidad comprobada.	Cumple
Viabilidad	Costos razonables en comparación con los beneficios obtenidos.	Cumple

Nota: Los costos de implementación, incluido el precio de los geosintéticos TRM 500, son razonables y se justifican por los beneficios obtenidos. Para mayor detalle observe en el Anexo 6.

El diseño optimizado satisface las exigencias de funcionalidad, sostenibilidad y viabilidad. Los factores de seguridad excedieron el valor establecido de 1.5, y las soluciones sugeridas son sustentables tanto ecológicamente como económicamente. Por lo tanto, se **acepta la hipótesis H3.**

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El propósito principal de esta investigación fue desarrollar una solución utilizando TRM y estructuras biomecánicas con el fin de incrementar la estabilidad del talud, disminuir la erosión y mejorar el drenaje en la sección km 369+100 - 372+300 de la Carretera Central (Huánuco – Pasco). Los hallazgos revelan que la aplicación de TRM 500 y estructuras biomecánicas (anclajes y pastos vetiver) aumentó considerablemente el factor de seguridad (FS) del talud, evolucionando de valores que no superaban el 1.5 (inestables) a valores que superaban el 1.5 (estables), con un aumento medio del 52.3%. A continuación, se comparan estos descubrimientos con los resultados de investigaciones anteriores, examinando tanto las analogías como las discrepancias.

En el caso de Starsky (2024), quien evaluó la aplicación de geosintéticos TRM para la estabilización de taludes en el Cerro Toyocoto (Huánuco), descubrió que el factor de seguridad (FS) se incrementó considerablemente al poner en marcha este sistema. En su investigación, los valores de FS sin TRM eran esenciales ($FS < 1.0$), sin embargo, con la puesta en marcha del sistema sugerido, estos valores se incrementaron a $FS > 1.5$, lo que satisface los criterios de estabilidad. Estos hallazgos concuerdan con los alcanzados en esta investigación, en la que el FS se incrementó de 1.104 (método de Fellenius) a 1.793 (método de Spencer) mediante la aplicación de TRM y estructuras biomecánicas.

Ambos estudios confirman que los geosintéticos representan una alternativa eficaz para incrementar la estabilidad de los taludes en terrenos granulares. No obstante, una diferencia significativa es que Starsky (2024), realizó sus análisis con el software Geo5, en cambio, este estudio utilizó el software Slide, lo que podría justificar las fluctuaciones menores en los valores de FS logrados. Para concluir, ambas investigaciones corroboran la efectividad de los TRM en la consolidación de taludes.

De igual manera Cipriano y Ponce (2022) estudiaron la aplicación de geomallas biaxiales para la estabilización de muros de contención, resaltando su habilidad para incrementar la rigidez del terreno y disminuir la grosor de las

capas granulares. A pesar de que se concentró en muros de contención, sus descubrimientos corroboran la efectividad de los geosintéticos en la estabilización de terrenos, lo que concuerda con los hallazgos de esta investigación. En este escenario, la TRM 500 incrementó notablemente el FS del talud, evidenciando que los geosintéticos no solo resultan beneficiosos en muros de contención, sino también en la consolidación de taludes naturales.

Una diferencia significativa es que Cipriano y Ponce (2022) pusieron el foco en la disminución de costos y tiempos de construcción, en cambio, este análisis valoró la sostenibilidad y viabilidad. Sin embargo, ambas investigaciones concuerdan en que los geosintéticos representan una alternativa factible y eficaz para problemas relacionados con la estabilidad de los suelos.

Por su parte Alberca y Rondo (2020) sugirieron la implementación de geomallas coextruídas de una sola orientación y anclajes para estabilizar los taludes en la vía Samne-Casmiche (La Libertad). Los resultados revelaron un FS de 1.62 y 2.06, que superaron el valor de referencia de 1.5, lo que concuerda con los hallazgos de esta investigación, en la que el FS llegó a 1.627 (método de Janbu) a 1.793 (método de Spencer). Los dos estudios subrayan la relevancia de fusionar geosintéticos con métodos de fortalecimiento estructural, como los anclajes, con el fin de conseguir la estabilidad de las pendientes.

No obstante, un aspecto crucial es que Alberca y Rondo (2020) emplearon muros de gavión en su solución, mientras que esta investigación incluyó pastos de vetiver, lo que aporta un elemento ecológico y sostenible a la propuesta. Para concluir, ambos métodos son eficaces, sin embargo, este estudio proporciona una respuesta más completa al fusionar técnicas estructurales y biomecánicas.

Similar a Arauzo y Tumialan (2022) emplearon geomallas biaxiales y flora (*stipa ichu*) para consolidar un terreno inestable en una vía afirmada. Su diseño consiguió un FS superior a 1.5, lo que concuerda con los hallazgos de esta investigación, en la que la mezcla de TRM y pastos vetiver resultó eficaz para incrementar la estabilidad del talud. Las dos investigaciones subrayan la capacidad de las soluciones combinadas (geosintéticos y vegetales) para la estabilización de pendientes.

Por otro lado, Calero y Cantoral (2020) estudiaron la aplicación de fibras recicladas de PET para incrementar la resistencia de terrenos arcillosos con alto contenido de plástico. A pesar de que su método fue distinto al de esta investigación, sus hallazgos evidenciaron avances notables en la cohesión y el ángulo de fricción interna del terreno, lo que apoya la noción de que los materiales de refuerzo pueden potenciar las características mecánicas del suelo y, en consecuencia, la estabilidad de los taludes.

Chuquizán (2024) también estudió la aplicación de anclajes y geomallas para la estabilización de taludes en la calle Julio Ramos (Quito), sus hallazgos revelaron que los anclajes incrementaron notablemente el FS, lo que concuerda con los hallazgos de este estudio, en el que los anclajes se incluyeron en la solución sugerida. Las dos investigaciones corroboran que los anclajes representan un método eficaz para la estabilización de taludes.

Una diferencia significativa es que Chuquizán (2024) empleó hormigón proyectado y mallas de triple torsión, en contraste con este estudio que incluyó TRM y estructuras biomecánicas como anclajes y pastos vetiver, lo que aporta un elemento ecológico a la solución. Para concluir, ambos métodos son válidos, sin embargo, este análisis propone una opción más sustentable y respetuosa con el medio ambiente.

En general, los hallazgos de esta investigación concuerdan con los descubrimientos de estudios anteriores, corroborando que los geosintéticos y las estructuras biomecánicas son alternativas eficaces para la estabilización de taludes. No obstante, esta investigación brinda un enfoque innovador al fusionar TRM con estructuras biomecánicas, lo que no solo incrementa la estabilidad del talud, sino que también favorece la sostenibilidad del medio ambiente

CONCLUSIONES

Se consiguió desarrollar una solución utilizando geosintéticos TRM 500 y estructuras biomecánicas (anclajes biomecánicos y raíces de pastos vetiver) que incrementa notablemente la estabilidad del talud, disminuye la erosión y mejora el drenaje en la sección km 369+100 - 372+300 de la carretera central. Los geosintéticos TRM 500 aportaron un incremento en la resistencia superficial y la regulación de la erosión, mientras que los anclajes biomecánicos y las raíces de pastos vetiver potenciaron la unión del terreno y la estabilidad interna de la pendiente. Por lo tanto, se registró una disminución significativa en la erosión y un avance notable en el drenaje superficial, lo que corrobora que la solución sugerida es eficaz y alcanza los objetivos propuestos.

La investigación geotécnica e hidrológica permitió descubrir que los estos factores son clave para incidir en la estabilidad del talud en la sección km 369+100 - 372+300 de la Carretera Central, el terreno muestra una cohesión media de 24.8 kN/m², un promedio de ángulo de fricción de 34.55° y un peso unitario medio de 16.85 kN/m³, lo que señala que es granular con escasa cohesión. Además, la elevada lluvia en base a la Estación San Rafael, que registró una media de 96 milímetros en marzo, eleva la humedad del terreno, disminuye la cohesión efectiva y eleva la presión en los poros. En conjunto, estos elementos favorecen la inestabilidad del terreno y su inclinación hacia la erosión.

El uso de geosintéticos TRM 500 junto con estructuras biomecánicas (anclajes biomecánicos y raíces de pastos vetiver) ha probado ser sumamente eficaz en la optimización de la estabilidad del talud. Bajo circunstancias normales, el máximo factor de seguridad alcanzado fue de 1.167 (método Bishop), en cambio, al aplicar las soluciones sugeridas, el máximo factor de seguridad se incrementó a 1.796 (método Bishop). Esto representa un incremento del 53.9%, superando ampliamente el valor de referencia de 1.5, corroborando que las soluciones potencian la estabilidad del talud. Además, los pastizales vetiver ayudan a disminuir la erosión al consolidar el terreno con sus raíces profundas, mientras que los geosintéticos TRM 500 regularon la erosión superficial. Igualmente, se lograría un avance en el drenaje superficial

gracias a la mejora en el flujo de agua resultante mediante las estructuras biomecánicas.

La optimización del diseño de estabilización del talud, que incorpora geosintéticos TRM 500 y estructuras biomecánicas (anclajes biomecánicos y raíces de pastos vetiver), satisface las exigencias de funcionalidad, sostenibilidad y factibilidad. Respecto a la funcionalidad, los factores de seguridad adquiridos excedieron el valor establecido como referencia de 1.5 en todos los métodos de análisis, alcanzando valores como 1.796 (Bishop) y 1.793 (Spencer). En lo que respecta a la sostenibilidad, las soluciones son respetuosas con el entorno, dado que los geosintéticos TRM 500 interactúan de manera eficaz con las raíces de los pastos vetiver, favoreciendo la renovación vegetal y la disminución de la erosión. En términos de factibilidad, los gastos de implementación son razonables, con un costo de \$14,331 por rollo de geosintéticos TRM 500, respaldados por las ventajas logradas en la estabilidad del terreno, la disminución de la erosión y la mejora del drenaje.

RECOMENDACIONES

Para enriquecer las soluciones sugeridas (TRM y estructuras biomecánicas), se aconseja realizar una propuesta de muros de contención en la base del talud. Estos muros funcionarían como un apoyo extra, regulando la intensidad de los deslizamientos, en particular durante períodos de precipitación intensa.

Se recomienda emplear piezómetros, junto con la realización de ensayos de laboratorio para medir la interacción suelo-geosintético, la cual proporcionan una base sólida. Este enfoque integral no solo mejora la precisión de los análisis, sino que también reduce la dependencia de valores típicos, lo que resulta en una gestión más eficiente.

Para asegurar la eficacia de las soluciones sugeridas (TRM y estructuras biomecánicas) en diversos contextos, se aconseja llevar a cabo un análisis exhaustivo empleado el método de elementos finitos. Este estudio posibilitará valorar el rendimiento de las soluciones en diferentes situaciones climáticas, sísmicas y de carga, haciendo uso de programas especializados como Plaxis, GeoStudio o Abaqus.

Se recomienda realizar a cabo un estudio exhaustivo de costos para respaldar la inversión en TRM y estructuras biomecánicas, junto con la comparación con otra opción de mitigación, como muro de gaviones, contención, entre otros; que proporcionará un mayor enfoque en la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- albarracín llivisaca , f. (2021). *análisis de estabilidad de un talud reforzado con geosintéticos mediante métodos probabilísticos y equilibrio límite. caso de estudio: talud del coliseo multiusos del gad de sinincay*. loja: universidad tecnica particular de loja.
- alberca abad, c., & rondo saavedra, c. (2020). *estabilización de taludes utilizando geomalla coextruída mono-orientada en el tramo de la carretera samne-casmiche, departamento la libertad*. trujillo: universidad cesar vallejo.
- arauzo zevallos, j., & tumialan poma, i. (2022). *coberturas mixtas en base a geomalla y vegetación para la estabilización de taludes en una carretera a nivel de afirmado, pasco 2022*. lima: universidad cesar vallejo .
- bishop, a. (1955). *the use of the slip circle in the stability analysis of slopes*. estados unidos: geotécnica 5(1), 7(17).
- calero yangali, j., & cantoral CÁCERES, j. (2020). *estudio de la variación al incorporar la fibra pet reciclada en suelos cohesivos no friccionantes relacionados a la estabilidad de talud*. lima: universidad cesar vallejo.
- campos villavicencio, j. (2022). *diseño y aplicación de geosintéticos en proyectos de infraestructura vial*. lima: universidad nacional de ingeniería.
- chacón, l. (2018). *geosintéticos y su aplicación en infraestructura vial*. lima: upc.
- chávez rosas, j. (2021). *estabilidad de taludes: análisis y mitigación de riesgos en el contexto peruano*. lima: upc.
- chuquizán malte, a. (2024). *propuesta estructural para la protección y recuperación de los taludes de la calle julio ramos (abscisa 0+400 a 0+600), sector la bota, parroquia comité del pueblo* . quito: universidad politécnica salesiana .
- cipriano parpon, i., & ponce morales, g. (2022). *estabilización de taludes con muros de suelos reforzados con geomallas biaxial aplicada al proyecto mejoramiento de la carretera ninacaca huachon – pasco – 2021* . huánuco: unheval.

- delgado, j. (2020). *estabilidad de taludes: factores y soluciones*. lima: universidad nacional de ingeniería.
- fellenius, w. (1936). *the stability of earth slopes*. estados unidos: transactions of the american society of civil engineers.
- flores. (2020). *dinámica del suelo*. arequipa: unsa.
- garcía, l. a. (2022). *metodología de investigación para ingeniería civil: enfoques y alcances en proyectos de infraestructura*. lima: editorial técnica.
- gonzalez rueda, a. y. (2021). *recolección de lecciones aprendidas para una adecuada gestión de recursos técnicos y económicos en proyectos de estabilización de taludes con base en la obra del sitio inestable pr54+500 uf 4 corredor vial transversal del sisga*. bogotá: universidad católica de colombia.
- guzmán, c. (2022). *diseño y aplicación de geosintéticos en la estabilización de taludes en la región andina: casos prácticos y soluciones técnicas*. lima: ingeniería peruana.
- hernandez sampieri roberto, fernández collado carlos y baptista lucio maría del pilar. (2018). *metodología de la investigación*. mc graw hill. doi:<https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20hernandez,%20fernandez%20y%20baptista-metodolog%c3%ada%20investigacion%20cientifica%206ta%20ed.pdf>
- janbu, n. (1954). *stability analysis of slopes*. estados unidos : journal of soil mechanics and foundations.
- lópez cornejo, j. (2020). *estabilización de taludes en infraestructura vial: aplicaciones prácticas en el contexto peruano*. lima: ingeniería geotécnica aplicada.
- mateo verastegui, s. (2024). *estabilización de talud con el sistema de geosintético trm ubicado en el cerro toyocoto - km 0+550 tomaykichwa – huánuco – 2023*. huánuco: universidad de huánuco.
- montoya, j. (2017). *mecánica de suelos aplicada al diseño geotécnico*. lima: universidad nacional de ingeniería.

- muñoz tamayo, a. (2019). *geotecnia aplicada a la ingeniería civil: enfoque en taludes y estabilización con geosintéticos*. lima: universidad nacional de ingeniería.
- paredes. (2021). *geosintéticos en ingeniería civil*. lima: upc.
- peralta peña, m. (2020). *estabilidad de taludes en zonas andinas: fundamentos y aplicaciones*. lma: san marcos.
- pérez, j. (2023). *estabilización de taludes con geosintéticos en zonas de alto riesgo: una solución innovadora para la infraestructura vial en Perú*. lima: ingeniería vial.
- rojas. (2022). *hidrología aplicada*. huancayo: upla.
- romero, h. (2020). *soluciones biomecánicas para la estabilización de taludes*. lima: editorial ingeniería y desarrollo.
- salazar, j. c. (2021). *metodología de investigación en ingeniería civil: enfoques y aplicaciones prácticas*. lima: técnica.
- sánchez carrión, j. (2020). *estabilidad de taludes: análisis y diseño*. lima: pucp.
- torres manrique, l. (2021). *geosintéticos: aplicaciones en infraestructura vial*. lima: universitaria del Perú.
- valencia. (2019). *mecánica de suelos aplicada*. cusco: unsaac.
- vargas coca, g. (2016). *escorrentía y su influencia en el comportamiento hidrológico*. lima, Perú: editorial universitaria.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

- isidro vilca, m. (2026). *Propuesta de diseño para estabilizar taludes con trm y estructuras biomecánicas en la carretera central km 369+100 – 372+300 huánuco – pasco, 2025* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://>

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

RESOLUCIÓN N° 1334-2025-D-FI-UDH

Huánuco, 02 de julio de 2025

Visto, el Oficio N° 0815-2025-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "PROPUESTA DE DISEÑO PARA ESTABILIZAR TALUDES CON TRM Y ESTRUCTURAS BIOMECAICAS EN LA CARRETERA CENTRAL KM 369+100 - 372+300 HUÁNUCO - PASCO, 2025", presentado por el (la) Bach. Melvin Zacarias ISIDRO VILCA.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 2776-2024-D-FI-UDH, de fecha 17 de diciembre de 2024, perteneciente al Bach. Yadim Freddy CARHUACHIN RIVERA se le designó como ASESOR(A) de Tesis a la Mg. Ingrid Delia Dignarda Arteaga Espinoza, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 0815-2025-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "PROPUESTA DE DISEÑO PARA ESTABILIZAR TALUDES CON TRM Y ESTRUCTURAS BIOMECAICAS EN LA CARRETERA CENTRAL KM 369+100 - 372+300 HUÁNUCO - PASCO, 2025", presentado por el (la) Bach. Yadim Freddy CARHUACHIN RIVERA, integrado por los siguientes docentes: Mg. Yelen Lisseth Trujillo Ariza (Presidente), Mg. Percy Mello Davila Herrera (Secretario) y Mg. Daisy Guadalupe Granados Martinez (Vocal), por lo que se declaran APTO por mayoría para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: "PROPUESTA DE DISEÑO PARA ESTABILIZAR TALUDES CON TRM Y ESTRUCTURAS BIOMECAICAS EN LA CARRETERA CENTRAL KM 369+100 - 372+300 HUÁNUCO - PASCO, 2025", presentado por el (la) Bach. Yadim Freddy CARHUACHIN RIVERA, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil, de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Rosendo Manzano Lozano
SECRETARIA DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
DECANO
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA EJECUTIVA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Exp. Guadando - Interesado - Archivo.
BCR/EJML/nto.

ANEXO 2
RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 2776-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 17 de diciembre de 2024

Visto, el Oficio N° 1876-2024-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 521150-0000010080, del Bach. **Melvin Zacarias ISIDRO VILCA**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 521150-0000010080, presentado por el (la) Bach. **Melvin Zacarias ISIDRO VILCA**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone a la Mg. Ingrid Delia Dignarda Arteaga Espinoza, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27 y 28 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - **DESIGNAR**, como Asesor de Tesis del Bach. **Melvin Zacarias ISIDRO VILCA** a la Mg. Ingrid Delia Dignarda Arteaga Espinoza, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo.- El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIC – Asesor – Mat. y Reg. Acad. – Interesado – Archivos.
BLCR/JML/ata.

ANEXO 3
MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 14

Matriz de Consistencia

Propuesta de diseño para estabilizar taludes con TRM y estructuras biomecánicas en la carretera central km 369+100 – 372+300 Huánuco – Pasco, 2025

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Problema General: ¿Cuál es la propuesta de diseño con TRM y estructuras biomecánicas para estabilizar el talud, en la carretera central km 369+100 – 372+300, Huánuco – Pasco, 2025</p>	<p>Objetivo general Realizar la propuesta de diseño con TRM y estructuras biomecánicas para estabilizar el talud, en la Carretera Central km 369+100 – 372+300, Huánuco , Pasco, 2025.</p>	<p>Hipótesis general Si se diseña una solución con TRM y estructuras biomecánicas adecuadas, se mejorará la estabilidad del talud, se reducirá la erosión y se optimizará el drenaje en el tramo km 369+100 – 372+300 de la Carretera Central.</p>	<p>Las técnicas de recolección de datos incluirán principalmente la observación directa. Y los instrumentos de recolección de datos incluirán fotografías y software especializado</p>
<p>Problemas Específicos: ¿Qué factores geotécnicos e hidrológicos influyen en la estabilidad del talud y su susceptibilidad a la erosión de la Carretera Central km 369+100 – 372+300, Huánuco – Pasco, 2025? ¿De qué manera las TRM y estructuras biomecánicas contribuyen a mejorar el factor de seguridad del talud, de la Carretera</p>	<p>Objetivos específicos Determinar los factores geotécnicos e hidrológicos influyen en la estabilidad del talud y su susceptibilidad a la erosión de la Carretera Central km 369+100 – 372+300, Huánuco Determinar la eficiencia de las TRM y estructuras biomecánicas en la mejora del factor de seguridad del talud de la Carretera</p>	<p>Hipótesis específicas Si se evalúan las condiciones geotécnicas e hidrológicas del talud, se identificarán los factores que afectan su estabilidad y propensión a la erosión en el tramo de estudio. Si se determina la eficiencia de las TRM y estructuras biomecánicas,</p>	

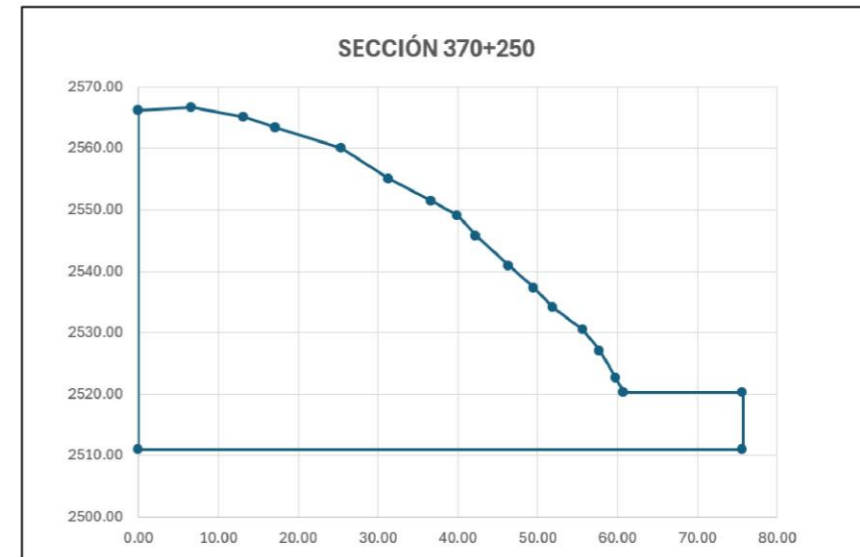
Central km 369+100 – 372+300, Huánuco – Pasco, 2025? ¿Qué características debe tener un diseño optimizado de estabilización de taludes con TRM y estructuras biomecánicas para garantizar su funcionalidad, sostenibilidad y viabilidad en la Carretera Central km 369+100 – 372+300, Huánuco – Pasco, 2025?	Central km 369+100 – 372+300, Huánuco – Pasco, 2025. Identificar qué características debe tener un diseño optimizado de estabilización de taludes con TRM y estructuras biomecánicas para garantizar su funcionalidad, sostenibilidad y viabilidad en la Carretera Central km 369+100 – 372+300, Huánuco – Pasco, 2025.	se podrá establecer su impacto en la mejora del factor de seguridad del talud, la estabilidad del suelo y el control del drenaje superficial. Si se propone un diseño optimizado de estabilización con TRM y estructuras biomecánicas, se garantizará su funcionalidad, sostenibilidad y viabilidad en el tramo de estudio.
---	--	--

VARIABLES

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA	
Enfoque Pertenece al enfoque cuantitativo.	Población El total de taludes ubicados en el tramo km 369+100 – 372+300 de la carretera Cerro de Huánuco - Pasco.	Variable Independiente Diseño de una solución con TRM y estructuras biomecánicas.
Alcance o Nivel Corresponde a un alcance explicativo o nivel explicativo.	Muestra El talud específico en dicho tramo de carretera que se seleccionará en el proceso de la recolección de datos el cual será no probabilístico, para la implementación y evaluación de la solución con geosintéticos	Variable Dependiente Estabilidad del talud, reducción de la erosión y optimización del drenaje.

TRM. Para ello se consideró 2 calicatas para el estudio de suelos.

**ANEXO 5
PLANO TOPOGRÁFICO Y SECCIÓN TRANSVERSAL**



NOMBRE	ESTE	NORTE	COTA
C-01	373880.705004	8866997.93924	2524.263
C-02	373844.509932	8867012.22677	2554.268

LEYENDA

-  CALICATAS
-  TALUD INESTABLE
-  CRUVAS_NIVEL
-  perfil del talud

 UDH UNIVERSIDAD DE HUANUCO	UNIVERSIDAD DE HUANUCO FACULTAD DE INGENIERÍA E. A. P. DE INGENIERÍA CIVIL
PROPUESTA DE DISEÑO PARA ESTABILIZAR TALUDES CON TRM Y ESTRUCTURAS BIOMECÁNICAS EN LA CARRETERA CENTRAL KM 369+100 – 372+300 HUÁNUCO – PASCO, 2025"	
PLANO TOPOGRÁFICO DE PLANTA Y SECCIÓN TRANSVERSAL	<h1>PT</h1>
ESCALA INDICADA	
FECHA MARZO-2025	

ANEXO 6

FICHA TÉCNICA DEL GEOSINTÉTICOS

CONTROL DE EROSIÓN

Mantos Permanentes TMR

La matriz de los mantos permanentes TRM está conformada por fibras 100% estabilizadas de polipropileno, contra rayos UV. Su espesor es homogéneo en toda el área del manto. Es resistente a los químicos que normalmente habitan en el ambiente natural del suelo. Estos tipos de mantos se instalan donde la vegetación natural, por sí sola, no está en la capacidad de resistir las condiciones de flujo, ni provee la protección suficiente para la erosión a largo plazo.

PAVCO wavin

VENTAJAS Y BENEFICIOS

- Se adapta a las diferentes condiciones de terreno.
- Resistente a las condiciones ambientales y de flujo.
- Limitan la erosión del suelo.
- Conservan la humedad del suelo que ayuda a promover la germinación de las semillas.
- Protegen las semillas y las plantas durante precipitaciones o vientos fuertes, permitiendo un mejor establecimiento de la vegetación.

CAMPOS DE APLICACIÓN

- Protección de taludes.
- Zona de descarga de tuberías.
- Revestimiento de cunetas y canales.
- Protección de márgenes y riberas de río.
- Revegetación de las fachadas de muros en suelo reforzado.
- Campos de golf.

FUNCIONES



Protección

PAVCO wavin

PROPIEDADES MECÁNICAS	NORMA	UNIDAD	TRM 500	TRM 550	TRM 700	TRM 1000
Resistencia a la tensión ⁽¹⁾						
Elongación longitudinal	ASTM D6818	%	19.8	19.0	40.0	40.0
Elongación transversal	ASTM D6818	%	26.7	26.0	40.0	40.0
Sentido longitudinal	ASTM D6818	kN/m	3.3	5.3	45.0	60.0
Sentido transversal	ASTM D6818	kN/m	2.6	4.4	30.0	45.0
Resiliencia ⁽¹⁾	ASTM D6524	%	-	-	60.0	60.0
PROPIEDADES FÍSICAS	NORMA	UNIDAD	TRM 500	TRM 550	TRM 700	TRM 1000
Masa por unidad de área ⁽¹⁾	ASTM D6566	g/m ²	310 ± 5%	320 ± 5%	270	340
Espesor ⁽¹⁾	ASTM D6525	mm	6.81	6.82	7.0	10.0
Penetración de la luz ⁽¹⁾	ASTM D6567	%	27.6	27.6	35.0	30.0
Estructura	-	-	-	-	3D Rectangular	3D Rectangular
Color	-	-	Verde	Verde	Verde	Verde
PROPIEDADES DE DESEMPEÑO	NORMA	UNIDAD	TRM 500	TRM 550	TRM 700	TRM 1000
Esfuerzo cortante ⁽²⁻³⁾	Gran escala	Pa	386	480	575	766
Velocidad admisible ⁽²⁻³⁾	Gran escala	m/s	4.5	5.0	6,1	7.6
“n” de Manning profundidad de flujo entre 0.15 -0.6	Calculado	-	0.03-0.018	0.03-0.018	0.028	0.028
Germinación de las semillas ⁽³⁾	ASTM D 7322	-	470	470	200-220	255-296
DURABILIDAD	NORMA	VALOR	TRM 500	TRM 550	TRM 700	TRM 1000
Resistencia UV (% Retenido @ 1000hr) ⁽²⁾	ASTM D4355	%	90	90	90	-
Resistencia UV (% Retenido @ 3000hr) ⁽²⁾	ASTM D4355	%	-	-	90	90
Resistencia UV (% Retenido @ 6000hr) ⁽²⁾	ASTM D4355	%	-	-	-	90
PRESENTACIÓN DEL ROLLO	NORMA	UNIDAD	TRM 500	TRM 550	TRM 700	TRM 1000
Ancho	Medido	m	2.0	2.0	3.4	3.4
Largo	Medido	m	25	25	50	50
Área	Calculado	m ²	50	50	170	170

Notas:

1. Ficha en Valores Típicos
2. La velocidad máxima admisible y el esfuerzo cortante ha sido obtenido a través de ensayos programados con tipos de suelos específicos, clases de vegetación, condiciones de flujo y criterios de falla. Estas condiciones pueden ser no relevantes para cada proyecto, y no son replicables para otros proveedores.
3. Calculado como porcentaje del incremento en la biomasa media de la planta con la semilla de pasto fetuca sembrado en tierra orgánica luego de 21 días de siembra.

CONVENCIONES:

ASTM: American Society for Testing and Materials. • N. A.: No aplica.

Operamos bajo sistemas internacionales de control de calidad; Contamos con la acreditación GAI LAP (The Geosynthetic Institute).

La presente ficha técnica está vigente a partir de mayo de 2021. Nos reservamos el derecho de introducir las modificaciones de especificaciones que considere necesarias para garantizar la óptima calidad y funcionalidad de sus productos sin previo aviso. La información aquí contenida se ofrece gratis, es cierta y exacta a nuestro leal saber y entender; no obstante, todas las recomendaciones y sugerencias están hechas sin garantía, puesto que las condiciones de uso están fuera de nuestro control y es responsabilidad exclusiva del usuario. Por favor verificar los datos de esta especificación con el Departamento de Ingeniería para confirmar que la información esta vigente.

COLOMBIA: • Tel.: (571) 782 5000 Exts: 1518
 • ingenieriageosinteticos@wavin.com • www.wavin.com/es-co
 PERÚ: • Tels.: (511) 6276038 / 6276039 • geosperu@wavin.com • www.wavin.com/es-pe

Geosintéticos



MEXICHEM COLOMBIA S.A.S.
GEOSINTÉTICOS
 LISTA DE PRECIOS
 VIGENTE: ENERO 03 DE 2022

GEOTEXTILES NO TEJIDOS							
Referencia	Descripción	Material	Dimensiones del Rollo			Precio Vta Clientes \$/m2	
			Ancho (m)	Longitud (m)	Area (m2)		
2904240	Geotextil NT 1600 S	PP	3.50	160	560	3,094	
2904241	Geotextil NT 1600 S	PP	3.80	160	608	3,094	
2904236	Geotextil NT 1600	PP	3.50	160	560	4,979	
2904237	Geotextil NT 1600	PP	3.80	160	608	4,979	
2904244	Geotextil NT 1800	PP	3.50	150	525	6,261	
2904245	Geotextil NT 1800	PP	3.80	150	570	6,261	
2904248	Geotextil NT 2000	PP	3.50	130	455	7,416	
2904249	Geotextil NT 2000	PP	3.80	130	494	7,416	
2904255	Geotextil NT 2500	PP	3.50	120	420	7,779	
2904256	Geotextil NT 2500	PP	3.80	120	456	7,779	
2904261	Geotextil NT 3000	PP	3.50	120	420	9,773	
2904262	Geotextil NT 3000	PP	3.80	120	456	9,773	
2904265	Geotextil NT 4000	PP	3.50	130	455	12,641	
2904266	Geotextil NT 4000	PP	3.80	130	494	12,641	
2904270	Geotextil NT 5000	PP	3.50	120	420	15,689	
2904271	Geotextil NT 5000	PP	3.80	120	456	15,689	
2904276	Geotextil NT 6000	PP	3.50	100	350	17,941	
2904277	Geotextil NT 6000	PP	3.80	100	380	17,941	
2904283	Geotextil NT 7000	PP	3.50	80	280	22,407	
2904299	Geotextil NT 7000	PP	3.80	80	304	22,407	
2904313	Geotextil NT REPAV 400	PP	3.80	180	684	5,370	
2904316	Geotextil NT REPAV 450	PP	3.80	150	570	6,379	

GEOTEXTILES TEJIDOS							
Referencia	Descripción	Material	Dimensiones del Rollo			Precio Vta Clientes \$/m2	
			Ancho (m)	Longitud (m)	Area (m2)		
2904325	Geotextil TEJ 1050	PP	3.85	200	770	3,885	
2904327	Geotextil TEJ 1400	PP	3.85	160	616	5,144	
2904328	Geotextil TEJ 1700	PP	3.85	160	616	6,363	
2904330	Geotextil TEJ 2100	PP	3.85	140	539	7,568	
2904331	Geotextil TEJ 2400	PP	3.85	120	462	8,538	
2904332	Geotextil TR 3000	PP	3.85	100	385	11,612	
2904333	Geotextil TR 4000	PP	3.83	100	383	14,032	
2907686	Geotextil TR 5000	PP	3.80	100	380	16,401	
2910907	Geotextil TR 5000HF	PP-PET	3.85	100	385	17,221	
2904336	Geotextil TR 6000	PET	3.75	100	375	19,069	
2910846	Geotextil TR 6000HF	PP-PET	3.85	80	308	20,023	
2911074	Geotextil TR 7000HF	PP-PET	3.85	80	308	20,977	
2908900	Geotextil Alta Resistencia HR 160	PET	3.75	100	375	22,196	
2908901	Geotextil Alta Resistencia HR 220	PET	3.75	80	300	26,307	
2908902	Geotextil Alta Resistencia HR 300	PET	3.75	60	225	29,921	
2908903	Geotextil Alta Resistencia HR 400	PET	3.75	50	188	38,643	

CONTROL DE EROSION							
Referencia	Descripción	Material	Dimensiones			Precio Vta Clientes \$/UN	
			Ancho (m)	Longitud (m)	Capacidad (m3)		
2904093	Bolsacreto 1101	PP	1.20	2.4	1	24,638	
2904092	Bolsacreto 1102	PP	1.85	2.7	2	36,056	
2904094	Bolsacreto 1401	PP	1.20	2.4	1	30,573	
2904095	Bolsacreto 1402	PP	1.85	2.7	2	46,019	

Referencia	Descripción	Material	Dimensiones			Precio Vta Clientes \$/m2
			Ancho (m)	Longitud (m)	Area (m2)	
2911840	Flexocreto 12000	Poliéster de alta tenacidad	2.88	100	288	32,076
2905624	Manto Permanente TRM 500	PP	2.00	25	50	14,331
2906892	Manto Permanente TRM 550	PP	2.00	25	50	15,183
2904101	Ecomatrix Verde	PP	3.80	300	1140	4,353
2904044	Agromanto 3000F-P	Matriz de fibras naturales-Fique-Malla PP	2.00	50	100	5,586
2904045	Agromanto 3200FC-F	Matriz de fibras naturales-Fique y Coco - Malla Fique	2.00	50	100	7,556
2904050	Agromanto 4600FC-FP	Matriz de fibras naturales-Fique y Coco - Malla PP	2.00	50	100	8,928

NOTAS:

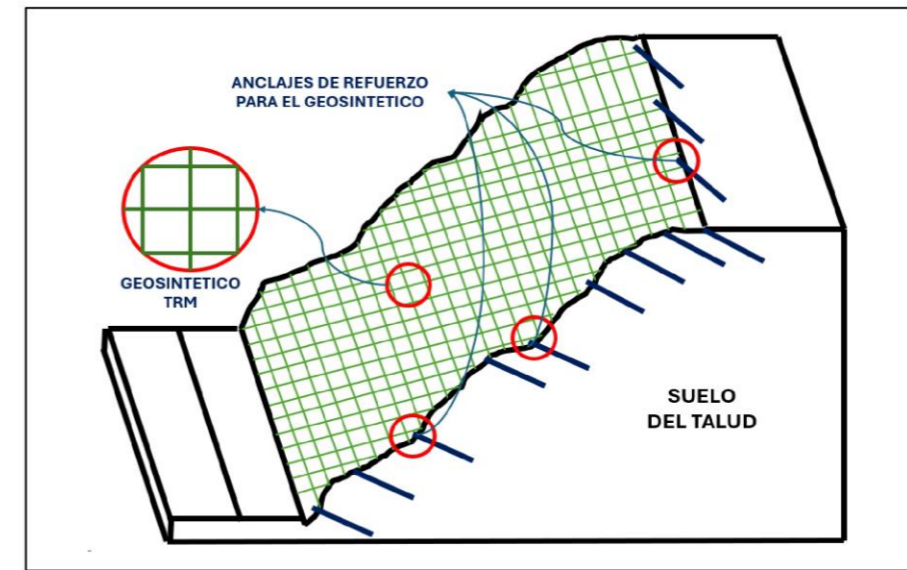
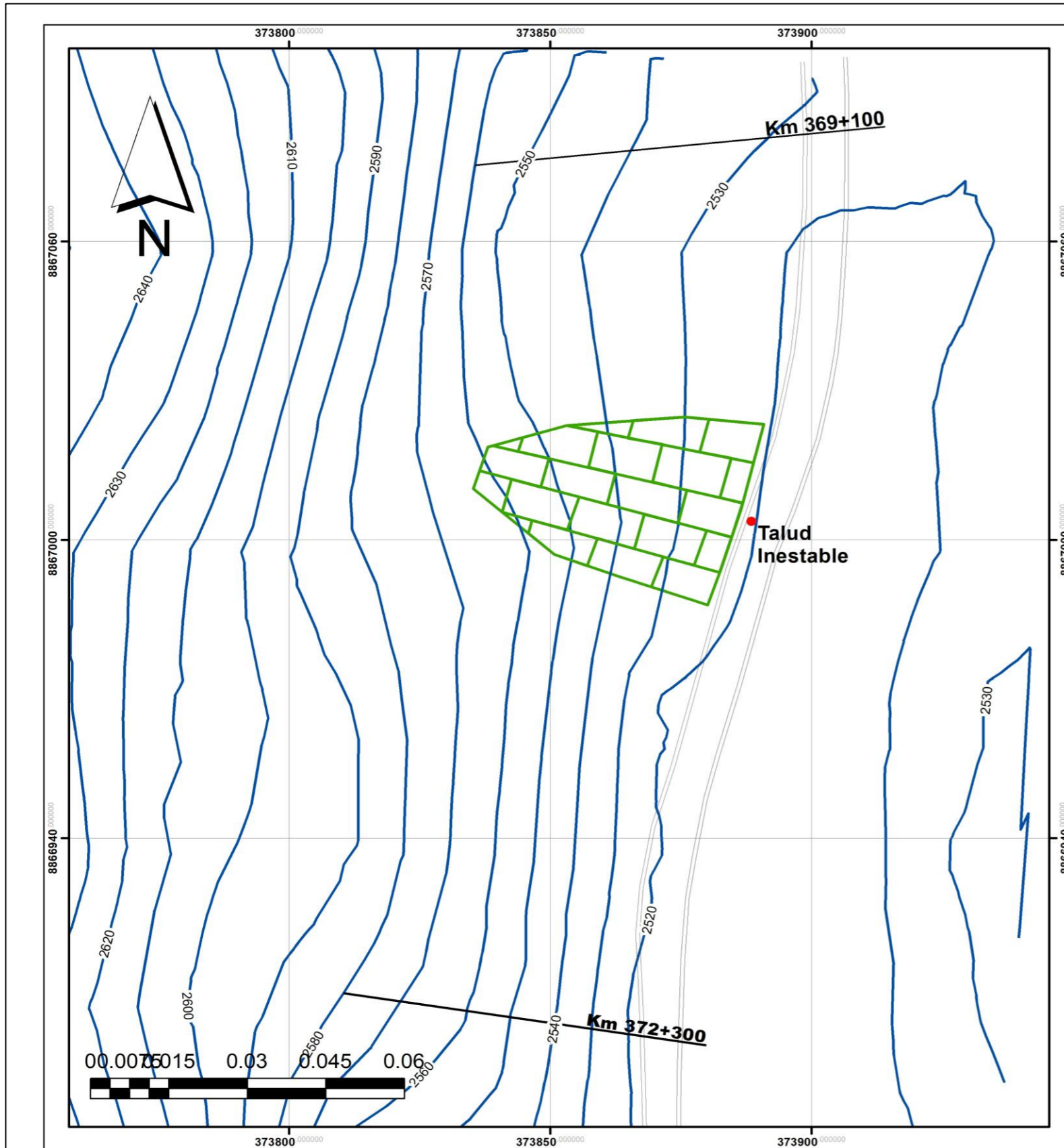
En los anteriores precios no esta incluido el impuesto al valor agregado I.V.A. vigente a la fecha.
 Forma de pago: Cupo de crédito y plazo aprobado por el Departamento Financiero de Mexichem Colombia SAS.
 Descuento financiero por pago anticipado de 3%.
 Los anteriores precios pueden ser modificados en cualquier momento, de acuerdo a los precios internacionales de la resina de PP y PET
 PP: Polipropileno, PET: Poliéster
 Reemplaza la lista de precios del 13 de agosto de 2021

Aprobación por la Gerencia General.

Aprobación por la Gerencia Comercial.



**ANEXO 7
PLANO DEL SISTEMA DE GÉOSINTÉTICOS TRM**



DETALLE DE COLOCACIÓN DEL SISTEMA DE GEOSINTETICO TRM 500

GEOSINTETICO TRM 500	PROPIEDADES MEC.	NORMA	UNIDAD	TRM 500
	Resistencia a la Tension			
	Elongcion Longitudinal	ASTM D6818	%	40
	Elongcion Transversal		%	40
	Resistencia Longitudinal		kN/m	3.3
Resistencia Transversal	kN/m		2.6	

LEYENDA

- TALUD INESTABLE
- CRUVAS_NIVEL
- GEOSINTETICO TRM

	UNIVERSIDAD DE HUANUCO FACULTAD DE INGENIERÍA E. A. P. DE INGENIERÍA CIVIL
"PROPUESTA DE DISEÑO PARA ESTABILIZAR TALUDES CON TRM Y ESTRUCTURAS BIOMECÁNICAS EN LA CARRETERA CENTRAL KM 369+100 – 372+300 HUÁNUCO – PASCO, 2025"	
PLANO PLANTA Y DETALLE DEL SISTEMA GEOSINTETICO TRM	
ESCALA INDICADA	FECHA MARZO-2025
PDSG	

**ANEXO 9
ESTUDIO DE SUELOS**

**INFORME TECNICO Y ESTUDIO DE
SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN**



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO



PROYECTO:
**“PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE
REFUERZO PASIVO PARA OPTIMIZAR LA
ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA CARRETERA
CENTRAL, KM 187–190, SECTOR SAN RAFAEL
– HUÁNUCO, 2025”**

SOLICITA:
BACH. BRYAN VILDER CARBAJAL RUBIO

UBICACIÓN:
**CARRETERA CENTRAL, KM 187–190, SECTOR SAN
RAFAEL – HUÁNUCO**

DISTRITO : SAN RAFAEL
PROVINCIA : AMBO
REGIÓN : HUÁNUCO

EJECUTADO:
LABORTEC E.I.R.L.

INGENIERO ESPECIALISTA:
ELIO AUGUSTO SAAVEDRA CABRERA



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



INDICE

1. GENERALIDADES

- 1.1 Objetivo del Estudio
- 1.2 Características Estructurales de la Obra a Cimentar
- 1.3 Ubicación y Descripción del Área en Estudio

2. GEOMORFOLOGIA, GEOLOGIA Y SISMICIDAD

- 2.1 Geomorfología
- 2.2 Geología
 - 2.2.1 Lito estratigrafía
- 2.3 Geodinámica Externa
- 2.4 Geodinámica Interna
- 2.5 Sismicidad

3. INVESTIGACIONES EN CAMPO

- 3.1 Metodología
- 3.2 Registro de calicatas
- 3.3 Muestreo de suelos

4. ENSAYOS DE LABORATORIO

- 4.1 Ensayos Estándar
- 4.2 Trabajos en Laboratorio
 - 4.2.1 Secado
 - 4.2.2 Identificación
 - 4.2.3 Granulometría
 - 4.2.4 Clasificación de Suelos
 - 4.2.5 Contenido de Humedad
 - 4.2.6 Límites de Atterberg (LL, LP, IP)

5. PERFILES ESTATIGRÁFICOS

6. ANALISIS DE LA CIMENTACION

- 6.1 Tipo de Cimentación.
- 6.2 Profundidad de la Cimentación.
- 6.3 Capacidad admisible de carga
 - 6.3.1 Cálculo de la Capacidad Portante Admisible C-01
- 6.4 Cálculo de Asentamientos totales
 - 6.4.1 Cálculo Asentamientos totales C-01

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



7. CALCULO DE COEFICIENTE DE BALASTO

8. AGRESIÓN DEL SUELO DE CIMENTACIÓN

8.1 Recomendaciones Para Pisos Interiores, Losas Y Veredas

9. AGUA EN EL SUELO

9.1 Introducción

9.2 Reconocimiento de Aguas Freáticas

10. PARAMETROS DE EMPUJE LATERAL DE TIERRAS

11. RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE CALZADURAS O MURO DE ANCLADO

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



INFORME TÉCNICO

1. GENERALIDADES

1.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO

El presente estudio tiene por objetivo describir los trabajos de campo, laboratorio y gabinete, llevados a cabo para la evaluación geotécnica del proyecto: **“PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE REFUERZO PASIVO PARA OPTIMIZAR LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA CARRETERA CENTRAL, KM 187–190, SECTOR SAN RAFAEL – HUÁNUCO, 2025”**. Ubicado en el Distrito de San Rafael, Provincia de Ambo y Departamento de Huánuco; para determinar las características físico-mecánicas del suelo dentro de la profundidad activa y a partir de ello, los parámetros necesarios para el diseño de la estructura. Dichos parámetros son: profundidad, tipo de cimentación, capacidad portante admisible del terreno adoptado como suelo de cimentación, pautas generales de diseño y construcción en relación con los suelos.

1.2 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE LA OBRA A CIMENTAR

Para los fines de la determinación del Programa de Investigación Mínimo (PIM) del Estudio de Mecánica de Suelos, las edificaciones serán calificadas, según la Tabla 1, donde I, II y III designan la importancia relativa de la estructura desde el punto de vista de la investigación de suelos necesaria para cada tipo de edificación, siendo el A más exigente que el II y éste que el III.

TABLA N°01 - TIPO DE EDIFICACIÓN PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN

DESCRIPCIÓN	DISTANCIA MAYOR ENTRE APOYOS * (m)	N° DE PISOS (INCLUIDOS SOTANOS)			
		<= 3	4 a 8	9 a 12	> 12
APORTICADA DE ACERO	<12	III	III	III	II
PORTICOS Y/O MUROS DE CONCRETO	<10	III	III	II	I
MUROS PORTANTES DE ALBAÑILERÍA	<12	II	I	-	-
BASE DE MAQUINAS Y SIMILARES	Cualquiera	I	-	-	-
ESTRUCTURAS ESPECIALES	Cualquiera	I	I	I	I
OTRAS ESTRUCTURAS	Cualquiera	II	I	I	I
*Cuando la distancia sobrepasa la indicada, se clasificara en el tipo de edificación inmediato superior.					
TANQUES ELEVADOS Y SIMILARES		≤ 9 m de		> 9 m de altura	
		II		I	
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA		III			
ES SANITARIAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO EN OB		IV			

Fuente E-050

Por información proporcionada por el “Solicitante” el proyecto presenta la siguiente característica.

- Estructura: Elementos estructurales de concreto armado, muros de contención.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



Por lo que la edificación califica en una categoría III”

Tabla 02 - Número de puntos de investigación	
Tipo de edificación (tabla 01)	Números de puntos de investigación (n)
I	Uno por cada 225 m ² de área techada
II	Uno por cada 450 m ² de área techada
III	Uno por cada 900 m ² de área techada
IV	uno por cada 100 m de instalaciones sanitarias de agua y alcantarillado en obras urbanas
Urbanizaciones para viviendas unifamiliares de hasta 3 pisos	3 por cada hectárea de terreno por habilitar

Cuando se conozca el emplazamiento exacto de la estructura, **n** se determinará en función del área techada en planta del primer piso de esta; cuando no se conozca dicho emplazamiento, **n** se determinará en función del área total del terreno.

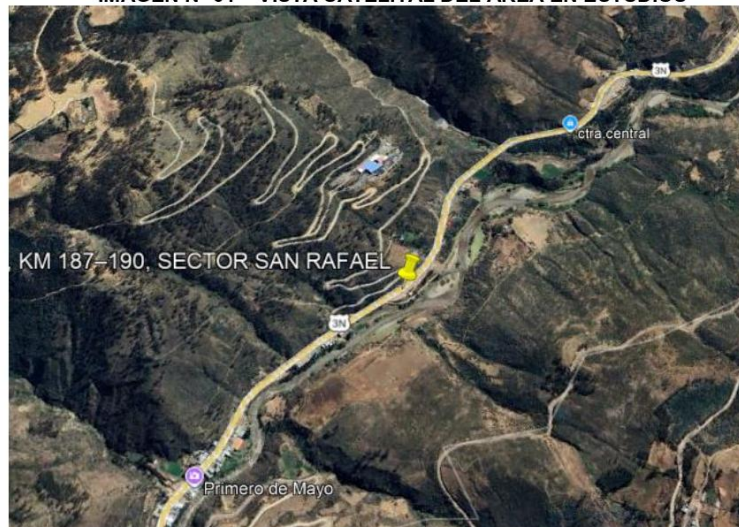
Sabiendo que la estructura se encuentra dentro de una clasificación “III” se tiene que el número de calicatas será de 2 cada 900 m² a investigar.

Según lo calculado se deberían realizar dos (3) calicatas con lo cual cubrimos el requerimiento mínimo de numero de calicatas.

1.3 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO:

El terreno en estudios se encuentra ubicado en la carretera central KM 187–190, Sector San Rafael – Huánuco, presenta un área de una topografía plana. La extensión del proyecto se ubica en el distrito Ambo, provincia de Huánuco y departamento de Huánuco.

IMAGEN N° 01 – VISTA SATELITAL DEL AREA EN ESTUDIOS



Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR

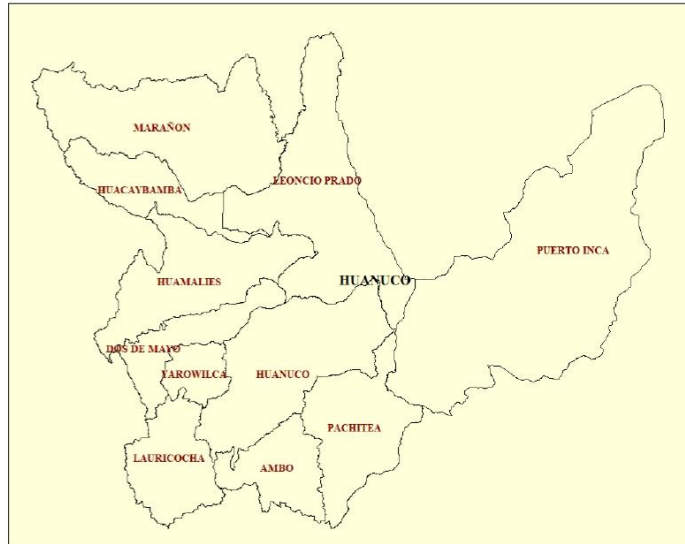


LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



MAPA N° 01 – DEPARTAMENTO DE HUANUCO



El departamento de Huánuco tiene una superficie de 36 848,85 KM².

MAPA N° 02 – PROVINCIA DE AMBO



La provincia de Ambo tiene una superficie de 1,588.0 km².

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR

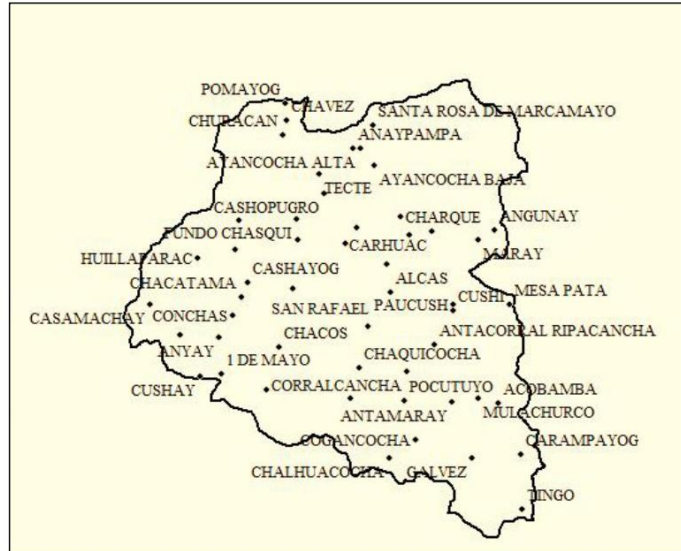


LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



MAPA N° 03 – DISTRITO DE SAN RAFAEL



El distrito de San Rafael tiene una superficie aproximada de 220,8 km².

El distrito de San Rafael es uno de los ocho distritos que conforman la provincia de Ambo, en el departamento de Huánuco – Perú. Fue creado el 21 de mayo de 1962 y su capital distrital es el centro poblado de San Rafael. Este distrito se encuentra enclavado en la Región Quechua, caracterizada por su clima templado y su relieve compuesto por valles interandinos, colinas y laderas de moderada pendiente.

Con una superficie aproximada de 220.8 km² y una altitud media de 2,200 m s. n. m.

El distrito de San Rafael presenta los siguientes límites:

Por el Norte: Limita con el distrito de Conchamarca.

Por el Sur: Limita con la Provincia de Pachitea.

Por el Este: Limita con el distrito de Tomay Kichwa.

Por el Oeste: Limita con distrito de Cayna.

La vía de acceso más corta desde la ciudad de Huánuco – al área en estudio es a Través de la Ruta:

Cuadro 01 – Distancia desde la ciudad de Huánuco al área en estudio

TRAMO	TIPO	DISTANCIA	TIEMPO
Huánuco - Área de estudio	Asfaltada	58.1 Km	1 h 34 m

Desde Huánuco al área en estudio, existe una distancia aproximada de 58.1 km y el tiempo aproximado en recorrerlo es de 1 hora con 34 min en automóvil.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



IMAGEN N° 02 – Recorrido de la ciudad de Huánuco a la provincia de ambo

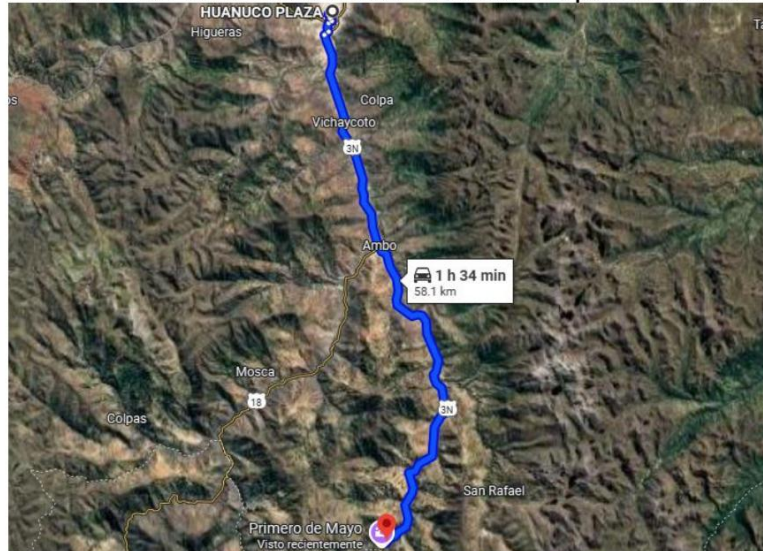
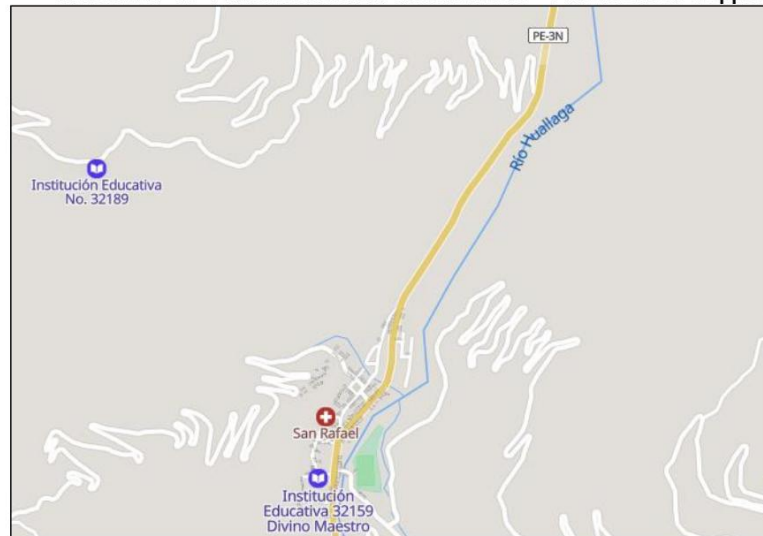


IMAGEN N° 03– Altitud del Distrito de San Rafael – Fuente Global Mapper



Por la ubicación del distrito de San Rafael y el área en estudio según el Dr. Javier Pulgar Vidal, corresponde a la región:

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

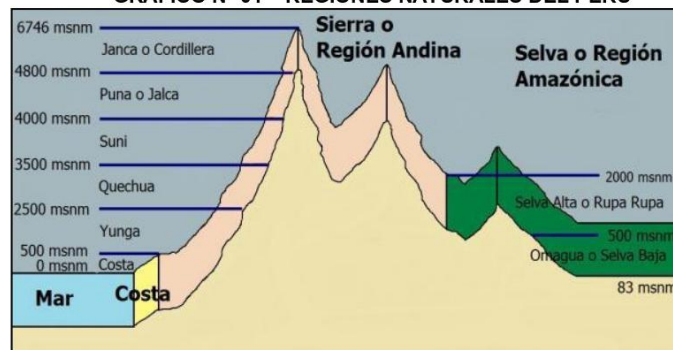


Región Quechua.

La región quechua constituye la zona medular de la región andina y se extiende desde los 2000m. a los 3500 m.s.n.m. El relieve de esta región es escarpado conformado por los valles interandinos y los flancos de suave pendiente. Este relieve por efecto de la obra humana ha sido modificado a través de los siglos mediante sistemas de andenería y terraplenes. Sin embargo, la región se encuentra en los valles interandinos. Esta región es la más poblada de la Sierra, debido a las condiciones que presenta para el poblador andino, que se dedica a la agricultura y a la ganadería extensiva, a tal punto que podemos considerarla como la zona en donde la población peruana se ha adaptado mejor.

El clima de esta región es templado-seco, con lluvias periódicas de diciembre a marzo, con variaciones sensibles de temperatura entre el día y la noche, pero con la moderación apropiada y permisible para la vida humana. Durante los meses que corresponden al invierno y a la primavera se produce una fuerte insolación debido a la transparencia de la atmósfera. De otro lado, durante la noche la temperatura baja súbitamente por la escasa humedad existente en el aire. En consecuencia, podemos decir que hay un gran contraste térmico entre el día y la noche, entre las áreas expuestas al sol y la sombra.

GRAFICO N° 01 – REGIONES NATURALES DEL PERU



2. GEOMORFOLOGIA, GEOLOGIA Y SISMICIDAD

2.1 Geomorfología

La Geomorfología peruana, es el estudio de los relieves que tiene el Perú a lo largo y ancho de su territorio. Geomorfológicamente la forma estructural del área en estudio presenta una topografía plana y moderadamente accidentada.

- **Geomorfología Andina:**

La sierra, conformada por las altitudes del macizo andino es un conjunto de elevaciones que corren alineadas en cadenas paralelas: tres en el norte, tres en el centro, dos en el sur.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



Los Andes del norte confluyen con los del centro en el Nudo de Pasco y los de centro confluyen con los del sur en el Nudo de Vilcanota.

La región andina del Perú se divide en tres sectores:

Los Andes del norte: son más bajos y húmedos que el promedio. Ello ha permitido que parte de la humedad y vegetación de la selva norte pueda trasladarse a la costa. Además, en los Andes del norte podemos encontrar el punto más bajo de toda la Cordillera Andina: el Abra de Porculla que con 2145 metros permite pasar al otro lado de la vertiente.

Los Andes del centro: son los más altos y empinados y ello hace del centro un lugar de difícil acceso sólo impulsado por la dinámica que la ciudad de Lima genera.

Los Andes del sur: son de mayor espesor que los Andes del norte y del centro. En este paisaje se instalan los pueblos de mayor acervo y tradición de nuestro país. Si hacemos un corte transversal que vaya de Arequipa hasta la frontera con Bolivia, veremos que tenemos más de 500 km. de longitud a una gran altitud que sobrepasa los 4.000 m. El territorio andino del Perú muestra una gran diversidad de unidades geomorfológicas, siendo los más importantes:

Las montañas: (nevados y volcanes) Ejemplos: Nevado de Husacarán (el más alto del Perú), Jerupaja el segundo más alto, Alpamayo el más bello de los picos del mundo. Coropuna, el volcán más alto del Perú, volcán Ubina en Moquegua actualmente activo al igual que Sabancaya, que se encuentra en Arequipa.

Las altiplanicies: (mesetas y llanura intramontanas), son extensas llanuras frías, donde se desarrolla la ganadería de ovinos y camélidos. Las más importantes son: Collao en Puno la más extensa, Bon bon en Junín, Parinacochas en Ayacucho y Castrovirreina en Huncavelica.

Las cordilleras: importantes por contener glaciares. Ejemplos: Cordillera Blanca, cordillera de Carabaya, cordillera de La Chila, etc.

Los pasos o abras: son aberturas entre montañas, son valles en forma de U formado por los glaciares y tienen gran importancia para el trazado de redes viales transversalmente a la cordillera. Los más conocidos del Perú, son: el paso de Ticlio o Anticon, el paso de Porculla, el paso de Crucero Alto y el paso de La Raya.

Los cañones: son quebradas profundas y estrechas con condiciones para producir energía hidroeléctrica. Destacan el cañón del Pato en Ancash, el cañón de Colca en Arequipa, el cañón del Infiernillo en Lima y el cañón de Cotahausi el más profundo de América en Arequipa.

Los valles interandinos: son los relieves que se encuentran entre las cordilleras. Presenta dos partes bien diferenciados: vertiente y planicie. La planicie aluvial concentra las grandes urbes del territorio andino. Los valles interandinos más importantes son: el valle de Mantaro

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



en Junín, el valle Callejón de Huaylas en Ancash, el valle de Urubamaba en el Cuzco, el valle de Huancabamba en Piura.

2.2 Geología

La Geología actual del área de estudio es producto de millones de años de desarrollo y modificaciones a lo largo de diferentes procesos y la geodinámica externa como son los huaycos, deslizamientos, desprendimientos, asentamientos, y migraciones de arena por efecto tectónico – Neoproterozoico del Complejo Marañón y los depósitos Aluviales, sobre impuesto por los procesos de geodinámica, que han moldeado el rasgo morfoestructural de la región sierra central del Perú, donde se ubica el proyecto. Los estratos están claramente divididos y se debe a la desintegración, meteorización del Neoproterozoico del Grupo Ambo que se encontraba hace muchos millones de años geológicos en áreas cercanas. Así mismo, la erosión, los deslizamientos producidos por drenaje y acumulación de agua dando el desplazamiento de estas sobre grandes extensiones de la zona, dándole la configuración actual de su relieve.

2.2.1 Litoestratigrafía

La secuencia estratigráfica en el área de estudio está definida por el basamento de rocas metamórficas Neoproterozoico del Grupo Ambo y los depósitos Aluviales sobre las cuales se distribuyen en el área de estudios. Se usó para esta informe información del INGEMMET - cuadrante 20 k – Huánuco.

Grupo Ambo (Cm-a)

Se usó para este informe, información del INGEMMET - cuadrante 21 – k – Ambo.

El Grupo Ambo (Cm-a), es una importante unidad litoestratigráfica del Carbonífero inferior (Mississippiano) que aflora ampliamente en la zona central y nororiental del Perú, especialmente en los departamentos de Huánuco, Pasco, Junín y Ucayali. Esta formación constituye una de las secuencias sedimentarias más representativas de la cuenca del Ambo, y se apoya discordantemente sobre el Complejo Marañón o sobre formaciones paleozoicas más antiguas. Desde el punto de vista litológico, el Grupo Ambo está compuesto principalmente por areniscas cuarzosas, lutitas, conglomerados y niveles de carbón, que indican una deposición continental y transicional (fluvio-deltaica). Estas características reflejan ambientes de ríos entrelazados, planicies de inundación y zonas costeras someras, asociados a un régimen tectónico estable durante el Carbonífero.

Estratigráficamente, el Grupo Ambo es considerado la unidad basal del ciclo sedimentario carbonífero-pérmico en el Perú, y se encuentra subyacente al Grupo Tarma y sobreyacente al Complejo Marañón. Su espesor varía entre 400 y 800 metros, dependiendo de la zona y la intensidad de la sedimentación.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

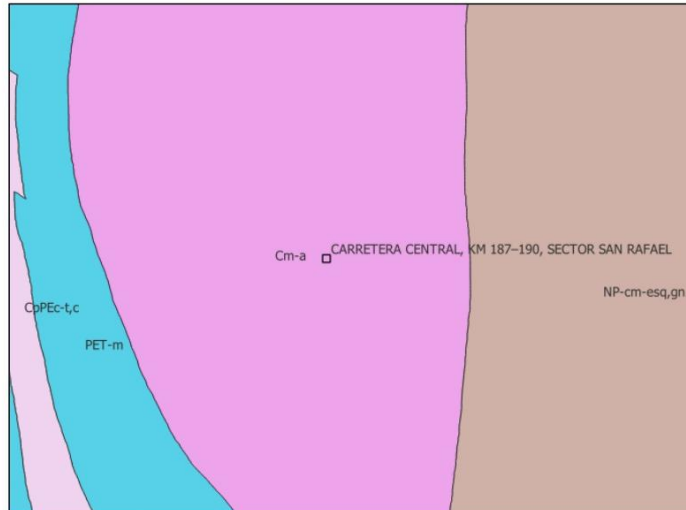


CUADRO 02 - LEYENDA DEL MAPA GEOLOGICO INGEMMET – CUADRANTE 21 K – SAN RAFAEL

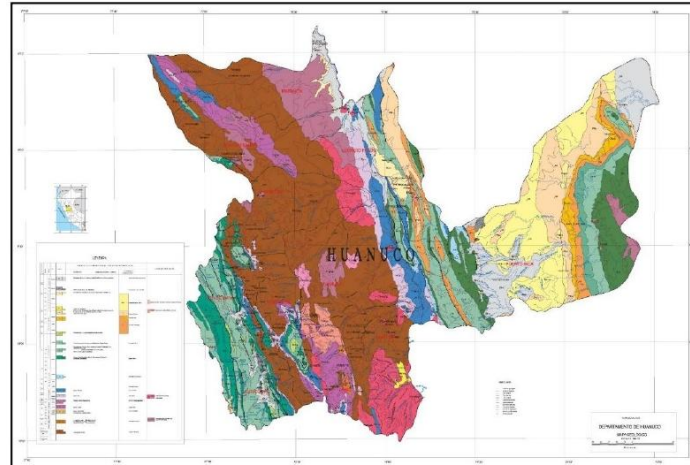
SIMBOLOS	UNIDADES SEDIMENTARIAS VOLCANICAS METAMORFICAS
	FAJA SUBANDINA Y LLANURA AMAZONICA
Cm-a	Grupo Ambo

> Leyenda del mapa geológico de la provincia de Ambo -, INGEMMET.

Mapa N° 04 - Geología del Cuadrángulo – 20 k – Huánuco -INGEMMET.



Mapa N° 05 - Geología del Cuadrángulo de la región Huánuco - INGEMMET.



Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



2.3 Geodinámica Externa

Los riesgos geológicos como deslizamientos, derrumbes, desprendimiento de rocas, erosión de laderas, están relacionados a las fuertes pendientes, abundantes precipitaciones, mal uso de tierras de cultivo y a la ocurrencia de sismos. En la zona de Estudio no se observan:

- **Erosión de laderas.**- Se entiende a todos los procesos que ocasionan el desgaste y traslado de los materiales de superficie (suelo o roca). Ello se produce por el continuo ataque de agentes erosivos tales como: agua de lluvias, escurrimiento superficial, vientos, etc., que tienden a degradar la superficie natural del terreno. El terreno es producto del proceso de intemperización de estas montañas rocosas y al corte realizado en el área en estudio existente. Durante la etapa de exploración, no se ha evidenciado riesgos de esta naturaleza.
- **Derrumbes.**- Es la caída repentina de una porción de suelo y/o roca por pérdida de la resistencia al esfuerzo cortante, suele estar condicionado por la presencia de discontinuidades o grietas. Durante la etapa de exploración, no se ha evidenciado riesgos de esta naturaleza.
- **Huaycos.**- Son avenidas intempestivas de agua turbia y turbulenta, y/o flujos viscosos rápidos, cargados de barro, sólidos de diferentes tamaños provenientes de rocas y suelos aguas arriba de la quebrada, a consecuencia de una fuerte precipitación pluvial de corto periodo. Durante la etapa de exploración, No se ha evidenciado riesgos de esta naturaleza.
- **Deslizamientos.**- Es la ruptura o desplazamiento pendiente abajo y hacia fuera, de pequeñas a grandes masas de suelo, rocas o combinaciones de estos en un talud natural o artificial. Se caracteriza por presentar necesariamente un plano de deslizamiento o falla a lo largo del cual se produce el movimiento que puede ser lento o violento. Durante la etapa de exploración, no se ha evidenciado riesgos de esta naturaleza.
- **Inundaciones.**- Es la ocupación por parte del agua a zonas que habitualmente están libres de esta, por desbordamiento de ríos, lluvias torrenciales, deshielo, subida de mareas, maremotos, etc. Estas se produce periódicamente y son causa de la formación de llanuras en los valles de los ríos, tierras fértiles, vegas y riberas, donde se desarrollan la agricultura. Durante la etapa de exploración, no se ha evidenciado riesgos de esta naturaleza.

2.4 Geodinámica Interna

De acuerdo con el análisis sismo tectónico se considera que en la tierra existen dos zonas de actividad sísmica conocidas como Círculo Alpino Himalayo y el Círculo Circumpacífico. En esta última zona está localizado nuestro país, considerado como una región de alta actividad sísmica. El área que comprende el Proyecto no se mapeó presencia de estructuras geológicas importantes, tales como fallas geológicas activas o inactivas, discordancias, fracturas y grietas de gran potencia, sin embargo, se debe tener en cuenta la sismicidad de la zona.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



2.5 Sismicidad

El área que comprende el Proyecto no se mapeó presencia de estructuras geológicas importantes, tales como fallas geológicas activas o inactivas, discordancias, fracturas y grietas de gran potencia, sin embargo, se debe tener en cuenta la sismicidad de la zona.

MAPA N° 06 - ZONIFICACIÓN SÍSMICA



*Fuente –E-30

Según los Mapas de Zonificación Sísmicas y Mapa de Máximas Intensidades Sísmicas del Perú y de acuerdo con las Normas Sismo - Resistentes del Reglamento Nacional de Construcciones E – 050, el Distrito de San Rafael, Provincia de Ambo y Departamento de Huánuco se encuentra comprendida en la Zona 2 correspondiéndole una sismicidad media y de intensidad V a VI en la escala Mercalli Modificada con un suelo de cimentación tipo 2 (S2), Suelos Intermedios.

Cuadro N° 03 - PARÁMETROS DE DISEÑO SISMO RESISTENTE

FACTORES DE ZONA	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

El factor de suelo depende de las características de los suelos que conforman el perfil estratigráfico. Teniendo en cuenta el terreno, clasificaremos a los suelos como tipo S2, Suelos Intermedios correspondiéndole un valor de $S_2 = 1,20$.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



Cuadro N° 04 - FACTOR DE SUELO "S"

SUELO ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

De acuerdo con las Normas Peruanas de Diseño Sismo Resistente, La fuerza sísmica horizontal (V) que debe utilizarse para el diseño de una estructura debe calcularse con la siguiente expresión:

$$V = \frac{Z * U * S * C}{R} * P$$

Dónde:

Z = Factor de zona

U = Factor de uso

S = Factor de suelo

C = Coeficiente sísmico

P = Peso de la edificación

R = Coeficiente de reducción

El coeficiente sísmico se debe calcular en función del período de vibración fundamental de la estructura (T), y del período predominante de vibración del perfil del suelo (TL(s)) = 2.0, recomendándose para este último un valor de TP(s) = 0,6 segundos.

Cuadro N° 05 – PERFIL DE SUELO - PERIODOS "T_P Y T_L"

	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _p (S)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (S)	3,0	2,5	2,0	1,6

3. INVESTIGACIONES EN CAMPO

3.1 METODOLOGIA

La técnica empleada para el presente estudio está según la NPT 339.162:2018. Del reglamento nacional de construcción norma técnica de edificación e.050 suelos y cimentaciones, el profesional responsable deberá tomar las precauciones necesarias a fin de evitar accidentes. Se excavaron tres (03) Calicatas o Pozo a cielo abierto, la cual se profundizo hasta un máximo de 3.00 mts. Estos sondajes se ubicaron de tal forma que permitan establecer una información estratigráfica adecuada para adoptar los criterios de cimentación para la estructura, considerando la ubicación de las diferentes estructuras a construir (colegios, edificios, hospitales, etc.). Se tomaron muestras disturbadas a lo largo de las excavaciones, en cantidad suficiente para su análisis.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



De cada estrato de suelo identificado, se tomaron muestras representativas, las que convenientemente identificadas con doble tarjeta de registro fueron empaquetadas en bolsas de polietileno y trasladadas al laboratorio para efectuar los ensayos de sus características físicas, llevándose un registro correlativo de muestras, que permitió controlar la procedencia y ubicación de cada muestra.

3.2 REGISTRO DE CALICATAS.

Como parte de la evaluación geotécnica del suelo de subrasante existente a lo largo del área del proyecto, se llevó a cabo un programa de exploración de campo, mediante la excavación de calicatas a cielo abierto y recolección de muestras para ser ensayadas en el laboratorio.

3.3 MUESTREO DE SUELOS

El objetivo del muestreo de suelos es obtener información confiable sobre un suelo específico. Aunque las muestras se colectan para obtener información respecto al cuerpo de suelo más grande denominado "población", tales muestras podrán ser o no representativas de la misma, dependiendo de cómo hayan sido seleccionadas y colectadas. Todos los suelos son naturalmente variables: sus propiedades cambian, horizontalmente, de manera transversal al paisaje y, verticalmente, más abajo del perfil del suelo. Lo primero que hay que consignar en la obtención de una muestra es que ésta sea representativa del terreno. Todo estudio geotécnico debe iniciarse con un reconocimiento detallado del terreno a cargo de personal experimentado. El objetivo de este reconocimiento es contar con antecedentes geotécnicos previos para programar la exploración. El programa de exploración que se elija debe tener suficiente flexibilidad para adaptarse a los imprevistos geotécnicos que se presenten. No existen un método de reconocimiento o exploración que sea de uso universal, para todos los tipos de suelos existentes y para todas las estructuras u obras que se estudian.

a) Calicatas

Las calicatas permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar y, por lo tanto, es el método de exploración que normalmente entrega la información más confiable y completa. En suelos con grava, la calicata es el único medio de exploración que puede entregar información confiable, y es un medio muy efectivo para exploración y muestreo de suelos de fundación y materiales de construcción a un costo relativamente bajo.

Es necesario registrar la ubicación y elevación de cada pozo, los que son numerados según la ubicación. Si un pozo programado no se ejecuta, es preferible mantener el número del pozo en el registro como "no realizado" en vez de volver a usar el número en otro lugar, para eliminar confusiones. A cada calicata se le deberá realizar un registro adecuado que pasará a formar parte del informe respectivo.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



b) Muestras alteradas

Se obtienen en general de las paredes de los pozos y comprometen estratos determinados o bien la suma de algunos de ellos, como es el caso de la investigación de yacimientos. Estas muestras deben guardarse en bolsas impermeables y de resistencia adecuada. Cada bolsa debe identificarse clara e indeleblemente.

Muestras en bolsas: Las muestras en bolsas se toman con pala, barreta o cualquier otra herramienta de mano conveniente y se colocan en bolsas sin tratar de mantener al suelo en forma inalterada.

c) Muestras inalteradas.

Este tipo de muestra se recorta de las paredes de los pozos y compromete estratos bien definidos. Después de cortadas deben revestirse con una capa de parafina sólida aplicada con brocha. Es conveniente agregar alrededor de un 30% de cera virgen a la parafina sólida con el fin de que la capa protectora sea menos rígida. Si la consistencia de la muestra es relativamente blanda, debe rodearse de grasa y recubrir una vez más con parafina sólida y cera. Una vez dado el tratamiento anterior, debe colocarse en cajas de madera con aserrín u otro producto que actúe como amortiguador de golpes.

Las muestras sin perturbar deben tomarse apenas excavadas las calicatas, en especial cuando se trate de suelos cuya estructura se ve afectada por los cambios de humedad. Al tomar una muestra no perturbada, debe elegirse la pared de la calicata menos expuesta al sol y excavar el espesor superficial que haya sido afectado por los cambios de humedad. No deben escatimarse esfuerzos en el embalaje de las muestras, ya que el grado de perturbación que se le ocasione a una muestra no perturbada es irrecuperable y lleva a resultados erróneos. En las calicatas, es posible realizar ensayos in situ tales como las pruebas de carga con placas, CBR, permeabilidades, medidas de densidad, etc. Las pruebas de carga pueden realizarse en el fondo de la perforación o las paredes de la misma. Cada vez que sea necesario realizar un ensayo, la excavación deberá realizarse considerando este hecho, este tipo de prueba obliga a tomar medidas que determinan la forma de excavación. Es así como la toma de densidades obliga a realizar éstas a medida que la excavación se realiza, o bien es necesario dejar bancos intermedios.

El muestreo es importante como el ensayo y se deben tomar las precauciones para obtener muestras que exhiban la naturaleza real y condiciones de los suelos que se representan.

Las situaciones que exijan determinación de resistencia o consolidación, las muestras necesarias para diseño de superestructura de obras proyectadas. Dentro de los trabajos exploratorios se realiza una prospección visual manual, para obtener algunos parámetros en campo como son:

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



- **Tamaño:** Los suelos gruesos son aquellos en que más de la mitad de las partículas son visibles. En esta estimación se excluyen las partículas gruesas mayores a 80 mm (3"); sin embargo, tal fracción debe ser estimada visualmente y el porcentaje indicado independientemente del material inferior a 80 mm. La fracción gruesa comprende los tamaños de gravas y arenas, y la fracción fina los limos y arcillas. En caso de suelos mixtos, la muestra se identificará sobre la base de la fracción predominante usando los siguientes adjetivos, según la proporción de la fracción menos representativa; indicios: 0-10%, poco: 10-20%, algo: 20-35%; y abundante: 35-50%.
- **Olor:** Las muestras recientes de suelos orgánicos tienen un olor distintivo que ayuda a su identificación. El olor puede hacerse manifiesto calentando una muestra húmeda.
- **Color:** Se debe indicar el color predominante.
- **Humedad:** En las muestras recientes deberá registrarse la humedad. Los materiales secos necesitan una cantidad de agua para obtener un óptimo de compactación. Los materiales húmedos están cerca del contenido óptimo. Los mojados necesitan secarse para llegar al óptimo, y los saturados son los suelos ubicados bajo un nivel freático.
- **Estructura:** Si los materiales presentan capas alternadas de varios tipos o colores se denominará estratificado; si las capas o colores son delgados, inferior a 6 mm, será descrito como laminado; fisurado si presenta grietas definidas; lenticular si presenta inclusión de suelos de textura diferente.
- **Cementación:** Algunos suelos muestran definida evidencia de cementación en estado inalterado. Esto debe destacarse e indicar el grado de cementación, descrito como débil o fuerte. Verificando con ácido clorhídrico si es debida a carbonatos y su intensidad como ninguna, débil o fuerte.
- **Densificación:** La compacidad o densidad relativa de suelos sin cohesión puede ser descrita como suelta o densa, dependiendo de la dificultad que oponga a la penetración de una cuña de madera. La consistencia de suelos cohesivos puede ser determinada en sitio o sobre muestras inalteradas de acuerdo con el criterio indicado. Los valores de resistencia al corte están basados en correlaciones con penetrómetro de bolsillo usado frecuentemente para estimar la consistencia.
- **Clasificación:** Pueden usarse clasificaciones dobles cuando un suelo no pertenece claramente a uno de los grupos, pero si el suelo tiene características de ambos grupos, entonces se deben colocar entre paréntesis para indicar que han sido estimadas.
- **Nombre local:** El uso de nombres típicos tales como caliche, maicillo, pumicita, cancagua, etc., además de su designación según el sistema de clasificación de suelo, ayuda a identificar sus condiciones naturales.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



Todos los trabajos de campo fueron realizados, por el personal calificado del laboratorio de suelo LABORTEC E.I.R.L., a cargo del Técnico ELIO AUGUSTO SAAVEDRA CABRERA y se programaron de tal manera que toda el área de investigación fuera cubierta. Las características físicas y mecánicas del material extraído se pueden ver en los registros correspondientes de los perfiles estratigráficos de sondaje.

4. ENSAYOS DE LABORATORIO

Las muestras seleccionadas como representativas fueron enviadas al Laboratorio Técnico especializado en Suelos, Concreto y Asfalto, para la realización de los ensayos estándar, para determinar el Angulo de fricción interna de los suelos y la cohesión del mismo, para el cálculo de la capacidad portante.

4.1 ENSAYOS ESTÁNDAR

Con las muestras de suelos tomadas en el campo se han efectuado los siguientes ensayos, con fines de identificación de suelos:

CUADRO N° 06

-	Análisis Granulométrico por tamizado	(NTP 339.128)
-	Límite Líquido	(NTP 339.129)
-	Límite Plástico	(NTP 339.129)
-	Contenido de Humedad	(NTP339.127)
-	Peso volumétrico	(NTP 339.139:1999)
-	Densidad Natural	(Norma ASTM D1556)4.
-	Clasificación SUCS.	(NTP 339.134)4.
-	Ensayo de corte directo	(NTP 339.171:2002)
-	Sales solubles en los suelos	(NTP 339.152:2002)

4.2 TRABAJOS EN LABORATORIO

Antes de su ingreso al laboratorio para el análisis respectivo, las muestras tienen que ser secadas, molidas, tamizadas, homogenizadas, cuarteadas y correctamente identificadas, según el objetivo que se persiga con ellas.

4.2.1 Secado

Las muestras que se almacenan durante algún tiempo antes de concluir los análisis se deben secar previamente para evitar cambios químicos que se producen al almacenarlas húmedas durante mucho tiempo debido a las rápidas variaciones que se producen en las condiciones químicas del suelo durante la desecación, algunos análisis se recomiendan hacerlo usando muestras húmedas después de haber sido tomadas en el campo. Los valores que sufren cambios durante el desecado son los que corresponden a pH. Muchas determinaciones no se afectan significativamente al ser secadas al aire con el fin de almacenarlos. Para el secado, las muestras se extienden en una superficie plana sobre bandejas o papel limpio, en un local bien ventilado. Se debe evitar el secado brusco utilizando altas temperaturas.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



4.2.2 Identificación

Una vez homogenizadas las muestras se envasan adecuadamente en bolsas de plástico o papel, selladas adecuadamente y se identifican con toda la información necesaria para ser procesado en los ensayos básicos de clasificación de suelos.

4.2.3 Granulometría

La granulometría se define como la distribución de los diferentes tamaños de las partículas de un suelo, expresado como un porcentaje en relación con el peso total de la muestra seca. Aprenderemos a utilizarla como un instrumento en la clasificación de los materiales, ya que la descripción por tamaño tiene especial interés en la selección de materiales para rellenos de carreteras y presas, los cuales requieren materiales con graduaciones determinadas.

IMAGEN N° 04 – ENSAYO GRANULOMETRICO



Distribución Granulométrica: Se denomina distribución granulométrica de un suelo a la división de este en diferentes fracciones, seleccionadas por el tamaño de sus partículas componentes; las partículas de cada fracción se caracterizan porque su tamaño se encuentra comprendido entre un valor máximo y un valor mínimo, en forma correlativa para las distintas fracciones de tal modo que el máximo de una fracción es el mínimo de la que le sigue correlativamente.

4.2.4 Clasificación de Suelos

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) deriva de un sistema desarrollado por A. Casagrande para identificar y agrupar suelos en forma rápida en obras militares durante la guerra. Este sistema divide los suelos primero en dos grandes grupos, de granos gruesos y de granos finos.

Los primeros tienen más del 50 por ciento en peso de granos mayores que 0,08 mm; se representan por el símbolo G si más de la mitad, en peso, de las partículas gruesas son retenidas en tamiz 5 mm, y por el símbolo S si más de la mitad pasa por tamiz 5 mm.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



A la G o a la S se les agrega una segunda letra que describe la graduación: W, buena graduación con poco o ningún fino; P, graduación pobre, uniforme o discontinua con poco o ningún fino; M, que contiene limo y arena; C, que contiene arcilla o arena y arcilla. Los suelos finos, con más del 50 por ciento bajo tamiz 0,08 mm, se dividen en tres grupos, las arcillas (C), los limos (M) y limos o arcillas orgánicos (O). Estos símbolos están seguidos por una segunda letra que depende de la magnitud del límite líquido e indica la compresibilidad relativa: L, si el límite líquido es menor a 50 y H, si es mayor.

4.2.5 Contenido de Humedad

El proceso de la obtención del contenido de humedad de una muestra se hace en laboratorios, el equipo de trabajo consiste en un horno donde la temperatura es controlable. Una vez tomada la muestra en estado natural se introduce al horno por doce horas, por esta razón se acostumbra a iniciar el calentamiento de la muestra de suelo al final del día, para que así se deshidrate durante toda la noche. Ahí se calienta el espécimen a una temperatura de más de 100 grados Celsius, para producir la evaporación del agua y su escape a través de ventanillas. No se debe sobrepasar el límite, para no correr el riesgo de que el suelo se creme con la alteración del cociente de la determinación del contenido de humedad. El objetivo del estudio es conocer y determinar el porcentaje de humedad de suelo. Es la proporción porcentual entre la fase líquida (agua) y la parte sólida del suelo (partículas minerales del suelo).

Se muestra en la siguiente expresión:

$$w(\%) = \frac{Ww * 100}{Ws}$$

Ww = Peso del agua en la muestra

Ws = Peso del suelo seco

4.2.6 Límites de Atterberg (LL, LP, IP)

• Determinación del límite líquido, plástico e índice plástico.

El objetivo del ensayo es determinar el límite líquido, plástico e índice plástico de una muestra de suelo. Una vez realizado el análisis granulométrico el cual nos permite estudiar el tamaño de estas partículas y medir la importancia que tendrán según la fracción de suelo que representen (gruesos, gravas, arenas, limos y arcillas). Si bien un análisis granulométrico es suficiente para gravas y arenas, cuando se trata de arcillas y limos, turbas y margas se debe completar el estudio con ensayos que definan la plasticidad del material.

- **Límite Líquido LL:** es el contenido de humedad por encima del cual la mezcla suelo-agua pasa a un estado líquido. En este estado la mezcla se comporta como un fluido viscoso y fluye bajo su propio peso.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



Por debajo de este contenido de humedad la mezcla se encuentra en estado plástico. Cualquier cambio en el contenido de humedad a cualquier lado de LL produce un cambio en el volumen del suelo.

- **Límite Plástico LP:** es el contenido de humedad por encima del cual la mezcla suelo-agua pasa a un estado plástico. En este estado la mezcla se deforma a cualquier forma bajo ligera presión. Por debajo de este contenido de humedad la mezcla está en un estado semi sólido. Cualquier cambio en el contenido de humedad a cualquier lado de LP produce un cambio en el volumen del suelo.
- **Índice de Plasticidad IP:** Atterberg definió el índice de plasticidad para describir el rango de contenido de humedad natural sobre el cual el suelo era plástico. El índice de plasticidad IP, es por tanto numéricamente igual a la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico:

$$IP = LL - LP$$

5. PERFILES ESTATIGRÁFICOS

De acuerdo con los resultados obtenidos en la investigación de campo realizada en la zona, en base a la calicata, luego del estudio obtenido de los récords de las excavaciones, así como los ensayos de laboratorio, se puede establecer la siguiente descripción:

- Las calicatas y trincheras serán realizadas según la NTP 339.162:2018. del Reglamento Nacional De Construcción NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES, El Profesional Responsable deberá tomar las precauciones necesarias a fin de evitar accidentes.
- Se realizó una descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual – Manual según NTP 339.150:2018

Calicata C-01

- De 0.00 a 0.45 m. – PT - Suelo disturbado- Material Relleno.
- De 0.45 a 3.00 m. – SC-SM – Arena limosa arcillosa con grava.

Contenido de Humedad	(%)	11.12
Límite Líquido (LL)	(%)	22
Límite Plástico (LP)	(%)	18
Índice Plástico (IP)	(%)	4
Clasificación (S.U.C.S.)		SC-SM
Clasificación (AASHTO)		A-1-b
Color		Marrón
Consistencia		Compacto
Índice de Grupo		0

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



Calicata C-02

- De 0.00 a 0.45 m. – PT - Suelo disturbado- Material Relleno.
- De 0.45 a 3.00 m. – SC – Arena arcillosa con grava.

Contenido de Humedad	(%)	11.34
Límite Líquido (LL)	(%)	24
Límite Plástico (LP)	(%)	17
Índice Plástico (IP)	(%)	7
Clasificación (S.U.C.S.)		SC
Clasificación (AASHTO)		A-2-4
Color		Marrón
Consistencia		Compacto
Índice de Grupo		0

Calicata C-03

- De 0.00 a 0.45 m. – PT - Suelo disturbado- Material Relleno.
- De 0.45 a 3.00 m. – SC – Arena arcillosa con grava.

Contenido de Humedad	(%)	11.17
Límite Líquido (LL)	(%)	26
Límite Plástico (LP)	(%)	16
Índice Plástico (IP)	(%)	10
Clasificación (S.U.C.S.)		SC
Clasificación (AASHTO)		A-2-4
Color		Marrón
Consistencia		Compacto
Índice de Grupo		0

6. ANALISIS DE LA CIMENTACION

De acuerdo con la información proporcionada por el solicitante, del proyecto: **“PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE REFUERZO PASIVO PARA OPTIMIZAR LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA CARRETERA CENTRAL, KM 187–190, SECTOR SAN RAFAEL – HUÁNUCO, 2025”**, se va a emplear un sistema estructural conformado por zapatas cuadradas aisladas.

El concepto estructural de las zapatas cuadradas aisladas; es un tipo de cimentación superficial, su función es anclar y transmitir las tensiones que genera una estructura al terreno sobre el que se encuentra.

Este tipo de zapata se utiliza cuando las cargas verticales y momentos transmitidos por la estructura no son excesivos y el terreno presenta una capacidad portante media a alta (como en suelos SC, SM o CL compactos).

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

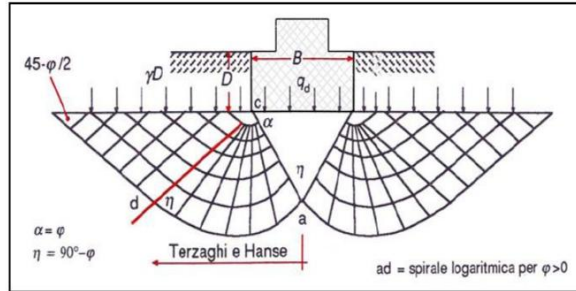
EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



Estructuralmente, una zapata cuadrada aislada es un elemento de hormigón armado que trabaja principalmente a flexión bidireccional y punzonamiento, diseñado para transmitir cargas concentradas al terreno de forma uniforme y segura, garantizando la estabilidad y durabilidad de la superestructura apoyada sobre ella.

$$q_h = 1.3 * C * N_c + \gamma_1 * D_f * N_q + 0.4 * \gamma_2 * B * N_\gamma$$

Figura N° 01



- D_f = Profundidad de desplante
- Γ_m = Peso específico volumétrico del suelo (cada estrato)
- B = Ancho de cimentación
- N_c, N_q, N_γ = Factores de capacidad de carga que depende de la fricción (φ).
- $F.S.$ = Factor de seguridad

6.1 TIPO DE CIMENTACIÓN.

Dada la naturaleza del terreno a cimentar y las magnitudes posibles de las cargas se recomienda utilizar una cimentación con zapatas cuadradas aisladas. Estas zapatas estarán conformadas por concreto armado, diseñadas para transmitir las cargas verticales y horizontales de las columnas o estribos hacia el suelo de fundación, distribuyendo uniformemente los esfuerzos y evitando asentamientos diferenciales.

6.2 PROFUNDIDAD DE LA CIMENTACIÓN.

Basado en los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, perfiles y registros estratigráficos y las condiciones de ausencia nivel freático y las características de las estructuras, se recomienda cimentar a una profundidad:

$$D_f = 5.00 \text{ m. Del nivel de la cota } 0.00 \text{ m.}$$

6.3 CÁPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA.

Se ha determinado la capacidad portante admisible del terreno en base a las características del subsuelo y se han propuesto dimensiones recomendables para cimentación.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



6.3.1 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE C - 01

La capacidad de carga se ha determinado en base a la fórmula de Terzaghi y Peck, con los parámetros de Vesic. De acuerdo con las dimensiones las zapatas cuadradas empleadas en los sistemas de diseño, se ha considerado un ancho de cimentación de 5.00 m. para las zapatas cuadradas. De acuerdo con lo verificado In Situ, confirmado en Laboratorio, se han obtenido los siguientes valores:

Ángulo de fricción interna: $\phi = 28.0^\circ$, y cohesión $c = 0.08 \text{ kg/cm}^2$

Del análisis de los resultados, de la revisión y verificación de los datos de campo y aplicando la experiencia del suscrito en este tipo de suelos, se ha seleccionado como representativa para los cálculos de la capacidad portante los resultados indicados y se ha considerado el criterio de falla local para los presentes cálculos. Para los cálculos de la capacidad portante admisible del suelo de fundación, se consideraron las ecuaciones 01 y 02 de Terzaghi, para zapatas cuadradas y cimiento corrido respectivamente.

$$q_h = 1.3 * C * N_c + \gamma * D_f * N_q + 0.4 * \gamma * B * N_\gamma$$

$$q_h = C * N_c + \gamma * D_f * N_q + 0.5 * \gamma * B * N_\gamma$$

- **Zapatas Cuadradas**

$$q_h = 1.3C * N_c + \gamma_1 * D_f * N_q + 0.5 * \gamma_2 * B * N_\gamma$$

De los ensayos de laboratorio se obtuvieron los siguientes parámetros:

- Peso volumétrico seco (γ) = 1.170 ton/m³
- Ángulo de fricción interna (ϕ) = 28.0 $^\circ$
- Ángulo de fricción interna (ϕ) = 19.5 $^\circ$
- Cohesión (c) = 0.55 ton/m²
- Ancho de Zapata (B) = 2.00 m.
- Profundidad de cimentación (Df) = 5.00 m.
- Presencia de nivel freático = NO
- Considerando Falla Local = SI
- Factor de seguridad (Fs) = 3.0
- Factores de carga adimensionales :

$$N_c' = 14.39$$

$$N_q' = 6.1031$$

$$N_\gamma' = 5.04$$

$$q_h = 1.3 * 0.55 * 14.4 + 1.170 * 5.00 * 6.10 + 0.40 * 1.170 * 2.00 * 5.04$$

$$q_h = 10.35 + 35.70 + 4.71$$

$$q_h = 50.77 \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = \frac{50.77}{3.0} \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = 16.92 \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = 1.69 \text{ Kg/cm}^2$$

- **Cimiento Corrido**

Aplicando la fórmula 02 de Terzaghi, para cimiento corrido.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



$$q_h = C * N_c + \gamma * D_f * N_q + 0.5 * \gamma * B * N_\gamma$$

De los ensayos de laboratorio se obtuvieron los siguientes parámetros:

o	Peso volumétrico seco	(γ) =	1.170	ton/cm ³
o	Ángulo de fricción interna	(ϕ) =	28.0	°
o	Cohesión	(c) =	0.55	ton/cm ²
o	Ancho de Zapata	(B) =	2.00	m.
o	Profundidad de cimentación	(Df) =	5.00	m.
o	Presencia de nivel freático	=	NO	
o	Factor de seguridad	(Fs) =	3.0	
o	Factores de carga adimensionales	:		
		Nc' =	14.39	
		Nq' =	6.103	
		N γ ' =	5.037	

$$q_h = 0.55 * 14.4 + 1.170 * 5.00 * 6.10 + 0.50 * 1.170 * 2.00 * 5$$

$$q_h = 7.96 + 35.703 + 5.893$$

$$q_h = 49.56 \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = \frac{49.56}{3.0} \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = 16.52 \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = 1.65 \text{ Kg/cm}^2$$

6.3.2 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE C - 02

La capacidad de carga se ha determinado en base a la fórmula de Terzaghi y Peck, con los parámetros de Vesic. De acuerdo con las dimensiones las zapatas cuadradas empleadas en los sistemas de diseño, se ha considerado un ancho de cimentación de 5.00 m. para las zapatas cuadradas. De acuerdo con lo verificado In Situ, confirmado en Laboratorio, se han obtenido los siguientes valores:

Ángulo de fricción interna: $\phi = 28.5^\circ$, y cohesión $c = 0.085 \text{ kg/cm}^2$

Del análisis de los resultados, de la revisión y verificación de los datos de campo y aplicando la experiencia del suscrito en este tipo de suelos, se ha seleccionado como representativa para los cálculos de la capacidad portante los resultados indicados y se ha considerado el criterio de falla local para los presentes cálculos. Para los cálculos de la capacidad portante admisible del suelo de fundación, se consideraron las ecuaciones 01 y 02 de Terzaghi, para zapatas cuadradas y cimiento corrido respectivamente.

$$q_h = 1.3 * C * N_c + \gamma * D_f * N_q + 0.4 * \gamma * B * N_\gamma$$

$$q_h = C * N_c + \gamma * D_f * N_q + 0.5 * \gamma * B * N_\gamma$$

- **Zapatas Cuadradas**

$$q_h = 1.3C * N_c + \gamma_1 * D_f * N_q + 0.5 * \gamma_2 * B * N_\gamma$$

De los ensayos de laboratorio se obtuvieron los siguientes parámetros:

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



- o Peso volumétrico seco (γ) = 1.172 ton/m3
- o Ángulo de fricción interna (ϕ) = 28.5 $^{\circ}$
- o Ángulo de fricción interna (ϕ) = 19.9 $^{\circ}$
- o Cohesión (c) = 0.57 ton/m2
- o Ancho de Zapata (B) = 2.00 m.
- o Profundiada de cimentacion (Df) = 5.00 m.
- o Presencia de nivel freatico = NO
- o Considerando Falla Local = SI
- o Factor de seguridad (Fs) = 3.0
- o Factores de carga adimensionales :

$$\begin{aligned} Nc' &= 14.76 \\ Nq' &= 6.3491 \\ Ny' &= 5.33 \end{aligned}$$

$$qh = 1.3 * 0.57 * 14.8 + 1.172 * 5.00 * 6.35 + 0.40 * 1.172 * 2.00 * 5.33$$

$$qh = 10.85 + 37.20 + 4.99$$

$$qh = 53.04 \text{ ton/m}^2$$

$$qh = \frac{53.04}{3.0} \text{ ton/m}^2$$

$$qh = 17.68 \text{ ton/m}^2$$

$$qh = 1.77 \text{ Kg/cm}^2$$

• Cimiento Corrido

Aplicando la fórmula 02 de Terzaghi, para cimiento corrido.

$$q_h = C * Nc + \gamma * D_f * Nq + 0.5 * \gamma * B * Ny$$

De los ensayos de laboratorio se obtuvieron los siguientes parámetros:

- o Peso volumétrico seco (γ) = 1.172 ton/cm3
- o Ángulo de fricción interna (ϕ) = 28.5 $^{\circ}$
- o Cohesión (c) = 0.57 ton/cm2
- o Ancho de Zapata (B) = 2.00 m.
- o Profundiada de cimentacion (Df) = 5.00 m.
- o Presencia de nivel freatico = NO
- o Factor de seguridad (Fs) = 3.0
- o Factores de carga adimensionales :

$$\begin{aligned} Nc' &= 14.76 \\ Nq' &= 6.349 \\ Ny' &= 5.327 \end{aligned}$$

$$qh = 0.57 * 14.8 + 1.172 * 5.00 * 6.35 + 0.50 * 1.172 * 2.00 * 5.3$$

$$qh = 8.34 + 37.198 + 6.241$$

$$qh = 51.78 \text{ ton/m}^2$$

$$qh = \frac{51.78}{3.0} \text{ ton/m}^2$$

$$qh = 17.26 \text{ ton/m}^2$$

$$qh = 1.73 \text{ Kg/cm}^2$$

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



6.3.3 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE C - 03

La capacidad de carga se ha determinado en base a la fórmula de Terzaghi y Peck, con los parámetros de Vesic. De acuerdo con las dimensiones las zapatas cuadradas empleadas en los sistemas de diseño, se ha considerado un ancho de cimentación de 5.00 m. para las zapatas cuadradas. De acuerdo con lo verificado In Situ, confirmado en Laboratorio, se han obtenido los siguientes valores:

Ángulo de fricción interna: $\phi = 29.0^\circ$, y cohesión $c = 0.09 \text{ kg/cm}^2$

Del análisis de los resultados, de la revisión y verificación de los datos de campo y aplicando la experiencia del suscrito en este tipo de suelos, se ha seleccionado como representativa para los cálculos de la capacidad portante los resultados indicados y se ha considerado el criterio de falla local para los presentes cálculos. Para los cálculos de la capacidad portante admisible del suelo de fundación, se consideraron las ecuaciones 01 y 02 de Terzaghi, para zapatas cuadradas y cimiento corrido respectivamente.

$$q_h = 1.3 * C * N_c + \gamma * D_f * N_q + 0.4 * \gamma * B * N_\gamma$$

$$q_h = C * N_c + \gamma * D_f * N_q + 0.5 * \gamma * B * N_\gamma$$

• Zapatas Cuadradas

$$q_h = 1.3C * N_c + \gamma_1 * D_f * N_q + 0.5 * \gamma_2 * B * N_\gamma$$

De los ensayos de laboratorio se obtuvieron los siguientes parámetros:

- o Peso volumétrico seco (γ) = 1.173 ton/m³
- o Ángulo de fricción interna (ϕ) = 29.0 $^\circ$
- o Ángulo de fricción interna (ϕ) = 20.3 $^\circ$
- o Cohesión (c) = 0.59 ton/m²
- o Ancho de Zapata (B) = 2.00 m.
- o Profundidad de cimentación (Df) = 5.00 m.
- o Presencia de nivel freático = NO
- o Considerando Falla Local = SI
- o Factor de seguridad (Fs) = 3.0
- o Factores de carga adimensionales :

$$N_c' = 15.12$$

$$N_q' = 6.596$$

$$N_\gamma' = 5.62$$

$$q_h = 1.3 * 0.59 * 15.1 + 1.173 * 5.00 * 6.60 + 0.40 * 1.173 * 2.00 * 5.62$$

$$q_h = 11.59 + 38.68 + 5.27$$

$$q_h = 55.54 \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = \frac{55.54}{3.0} \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = 18.51 \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = 1.85 \text{ Kg/cm}^2$$

• Cimiento Corrido

Aplicando la fórmula 02 de Terzaghi, para cimiento corrido.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



$$q_h = C * N_c + \gamma * D_f * N_q + 0.5 * \gamma * B * N_\gamma$$

De los ensayos de laboratorio se obtuvieron los siguientes parámetros:

- o Peso volumétrico seco (γ) = 1.173 ton/cm³
- o Ángulo de fricción interna (ϕ) = 29.0 ϕ'
- o Cohesión (c) = 0.59 ton/cm²
- o Ancho de Zapata (B) = 2.00 m.
- o Profundidad de cimentación (Df) = 5.00 m.
- o Presencia de nivel freático = NO
- o Factor de seguridad (Fs) = 3.0
- o Factores de carga adimensionales :

$$N_c' = 15.12$$

$$N_q' = 6.596$$

$$N_\gamma' = 5.621$$

$$q_h = 0.59 * 15.1 + 1.173 * 5.00 * 6.60 + 0.50 * 1.173 * 2.00 * 5.6$$

$$q_h = 8.91 + 38.679 + 6.592$$

$$q_h = 54.18 \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = \frac{54.18}{3.0} \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = 18.06 \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = 1.81 \text{ Kg/cm}^2$$

TABLA 03 – RESULTADOS DE CAPACIDAD DE CARGA

Las siguientes tablas muestran los diferentes valores posibles a diferente ancho y profundidad de cimentación de los suelos en el cual se ejecutará el proyecto en estudio.

Calicata - 01

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE (Kg/cm ²)					
PROFUNDIDAD (m)	PARA ZAPATA CUADRADA				
	ANCHO DE LA BASE (m)				
	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
2.50	1.02	1.06	1.10	1.14	1.18
3.00	1.14	1.18	1.22	1.26	1.30
3.50	1.26	1.30	1.34	1.38	1.41
4.00	1.38	1.42	1.45	1.49	1.53
4.50	1.50	1.53	1.57	1.61	1.65
5.00	1.61	1.65	1.69	1.73	1.77
5.50	1.73	1.77	1.81	1.85	1.89
6.00	1.85	1.89	1.93	1.97	2.01
6.50	1.97	2.01	2.05	2.09	2.13
7.00	2.09	2.13	2.17	2.21	2.25
7.50	2.21	2.25	2.29	2.33	2.37

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
 Celular : 962987000
 Fono : 062-287145
 E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
 Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE (Kg/cm ²)					
PROFUNDIDAD (m)	CIMENTO CORRIDO				
	ANCHO DE LA BASE (m)				
	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
3.50	1.20	1.25	1.29	1.34	1.39
4.00	1.32	1.36	1.41	1.46	1.51
4.50	1.43	1.48	1.53	1.58	1.63
5.00	1.55	1.60	1.65	1.70	1.75
5.50	1.67	1.72	1.77	1.82	1.87
6.00	1.79	1.84	1.89	1.94	1.99
6.50	1.91	1.96	2.01	2.06	2.11

Calicata - 02

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE (Kg/cm ²)					
PROFUNDIDAD (m)	PARA ZAPATA CUADRADA				
	ANCHO DE LA BASE (m)				
	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
2.50	1.07	1.11	1.15	1.19	1.23
3.00	1.19	1.23	1.27	1.31	1.36
3.50	1.31	1.35	1.40	1.44	1.48
4.00	1.44	1.48	1.52	1.56	1.60
4.50	1.56	1.60	1.64	1.69	1.73
5.00	1.69	1.73	1.77	1.81	1.85
5.50	1.81	1.85	1.89	1.93	1.98
6.00	1.93	1.97	2.02	2.06	2.10
6.50	2.06	2.10	2.14	2.18	2.22
7.00	2.18	2.22	2.26	2.31	2.35
7.50	2.31	2.35	2.39	2.43	2.47

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE (Kg/cm ²)					
PROFUNDIDAD (m)	CIMENTO CORRIDO				
	ANCHO DE LA BASE (m)				
	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
3.50	1.25	1.30	1.35	1.41	1.46
4.00	1.37	1.43	1.48	1.53	1.58
4.50	1.50	1.55	1.60	1.65	1.71
5.00	1.62	1.67	1.73	1.78	1.83
5.50	1.75	1.80	1.85	1.90	1.95
6.00	1.87	1.92	1.97	2.03	2.08
6.50	1.99	2.05	2.10	2.15	2.20

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
 Celular : 962987000
 Fono : 062-287145
 E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
 Importante: La autenticidad de este informe
 puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



Calicata – 03

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE (Kg/cm ²)					
PROFUNDIDAD (m)	PARA ZAPATA CUADRADA				
	ANCHO DE LA BASE (m)				
	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
2.50	1.12	1.16	1.21	1.25	1.30
3.00	1.25	1.29	1.34	1.38	1.42
3.50	1.38	1.42	1.47	1.51	1.55
4.00	1.51	1.55	1.59	1.64	1.68
4.50	1.64	1.68	1.72	1.77	1.81
5.00	1.76	1.81	1.85	1.90	1.94
5.50	1.89	1.94	1.98	2.02	2.07
6.00	2.02	2.07	2.11	2.15	2.20
6.50	2.15	2.19	2.24	2.28	2.33
7.00	2.28	2.32	2.37	2.41	2.46
7.50	2.41	2.45	2.50	2.54	2.58

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE (Kg/cm ²)					
PROFUNDIDAD (m)	CIMENTO CORRIDO				
	ANCHO DE LA BASE (m)				
	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
3.50	1.31	1.36	1.42	1.47	1.53
4.00	1.44	1.49	1.55	1.60	1.66
4.50	1.57	1.62	1.68	1.73	1.79
5.00	1.70	1.75	1.81	1.86	1.92
5.50	1.83	1.88	1.94	1.99	2.04
6.00	1.95	2.01	2.06	2.12	2.17
6.50	2.08	2.14	2.19	2.25	2.30

6.4 CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS TOTALES

6.4.1 CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS TOTALES C-01

Tratándose de un suelo con Arena limosa arcillosa con grava, se calcula por la teoría elástica aplicada por LAMBE y WHITMAN (1969), para los tipos de cimentación analizadas y el esfuerzo neto transmite un asentamiento uniforme que se puede evaluar por: El asentamiento elástico de la cimentación superficial se estimó mediante la Teoría de la Elasticidad

$$S_e = q_0 \cdot B \cdot (1 - \mu_s) \cdot I_f / E_s$$

Dónde:

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
 Celular : 962987000
 Fono : 062-287145
 E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
 Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



Capacidad admisible de carga (ton/m ²)	=	50.77
Ancho de zapata (m)	=	2.00
Módulo de Elasticidad (ton/m ²)	=	6000
Relación de Poisson	=	0.30
Factor de Forma L/B (cimentación flexible) (cm/m)	=	82.00
Factor de Forma L/B (cimentación rígida) (cm/m)	=	82.00
Asentamiento Permisible Flexible (cm)	=	1.26
Asentamiento Permisible Rígido (cm)	=	1.263

Remplazando valores se obtiene:

$$S_e = 1.263 \text{ cm.}$$

Se adoptó el criterio de limitar el asentamiento de la cimentación a 1 pulgada (2.54cm) según Terzaghi y Peck (1967). Luego:

$$S_e (1.263 \text{ cm}) < 1'' (2.54 \text{ cm})$$

Con los valores indicados, el asentamiento es menor a 2.54 cm, que es el asentamiento máximo tolerable para este tipo de cimentación. Recomendándose finalmente lo siguiente:

Qad. = 1.69 Kg/cm²

De acuerdo con las características de los estratos del subsuelo en el área de estudio, no se esperan asentamientos, aunque se traten de suelos comprensibles y hay carencia de agua tanto superficial como subterránea.

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACION

Tipo de Cimentación:

Zapatas cuadradas aisladas

Estrato de Apoyo de la Cimentación:

SC-SM: Arena limosa arcillosa con grava

Parámetros de diseño:

Df	=	5.00 m.
Qadm.	=	1.69 Kg/cm ²
F.S.	=	3.0
Asent. Difer.	=	1.263 cm.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



6.4.2 CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS TOTALES C-02

Tratándose de un suelo con Arena arcillosa con grava, se calcula por la teoría elástica aplicada por LAMBE y WHITMAN (1969), para los tipos de cimentación analizadas y el esfuerzo neto transmite un asentamiento uniforme que se puede evaluar por: El asentamiento elástico de la cimentación superficial se estimó mediante la Teoría de la Elasticidad

$$S_e = q_0 \cdot B \cdot (1 - \mu_s) \cdot I_f / E_s$$

Dónde:

Capacidad admisible de carga (ton/m ²)	=	53.04
Ancho de zapata (m)	=	2.00
Módulo de Elasticidad (ton/m ²)	=	6500
Relación de Poison	=	0.30
Factor de Forma L/B (cimentación flexible) (cm/m)	=	82.00
Factor de Forma L/B (cimentación rígida) (cm/m)	=	82.00
Asentamiento Permisible Flexible (cm)	=	1.22
Asentamiento Permisible Rígido (cm)	=	1.218

Remplazando valores se obtiene:

$$S_e = 1.218 \text{ cm.}$$

Se adoptó el criterio de limitar el asentamiento de la cimentación a 1 pulgada (2.54cm) según Terzaghi y Peck (1967). Luego:

$$S_e (1.218 \text{ cm}) < 1'' (2.54 \text{ cm})$$

Con los valores indicados, el asentamiento es menor a 2.54 cm, que es el asentamiento máximo tolerable para este tipo de cimentación. Recomendándose finalmente lo siguiente:

$$Q_{ad} = 1.77 \text{ Kg/cm}^2$$

De acuerdo con las características de los estratos del subsuelo en el área de estudio, no se esperan asentamientos, aunque se traten de suelos comprensibles y hay carencia de agua tanto superficial como subterránea.

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACION

Tipo de Cimentación:

Zapatas cuadradas aisladas

Estrato de Apoyo de la Cimentación:

SC: Arena arcillosa con grava

Parámetros de diseño:

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



Df	=	5.00 m.
Qadm.	=	1.77 Kg/cm ²
F.S.	=	3.0
Asent. Difer.	=	1.218 cm.

6.4.3 CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS TOTALES C-03

Tratándose de un suelo con Arena arcillosa con grava, se calcula por la teoría elástica aplicada por LAMBE y WHITMAN (1969), para los tipos de cimentación analizadas y el esfuerzo neto transmite un asentamiento uniforme que se puede evaluar por: El asentamiento elástico de la cimentación superficial se estimó mediante la Teoría de la Elasticidad

$$S_e = q_0 * B * (1 - \mu_s) * I_f / E_s$$

Dónde:

Capacidad admisible de carga (ton/m ²)	=	55.54
Ancho de zapata (m)	=	2.00
Módulo de Elasticidad (ton/m ²)	=	7000
Relación de Poison	=	0.30
Factor de Forma L/B (cimentación flexible) (cm/m)	=	82.00
Factor de Forma L/B (cimentación rígida) (cm/m)	=	82.00
Asentamiento Permisible Flexible (cm)	=	1.18
Asentamiento Permisible Rígido (cm)	=	1.184

Remplazando valores se obtiene:

$$S_e = 1.184 \text{ cm.}$$

Se adoptó el criterio de limitar el asentamiento de la cimentación a 1 pulgada (2.54cm) según Terzaghi y Peck (1967). Luego:

$$S_e (1.184 \text{ cm}) < 1'' (2.54 \text{ cm})$$

Con los valores indicados, el asentamiento es menor a 2.54 cm, que es el asentamiento máximo tolerable para este tipo de cimentación. Recomendándose finalmente lo siguiente:

Qad. = 1.85 Kg/cm²

De acuerdo con las características de los estratos del subsuelo en el área de estudio, no se esperan asentamientos, aunque se traten de suelos comprensibles y hay carencia de agua tanto superficial como subterránea.



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACION

Tipo de Cimentación:

Zapatatas cuadradas aisladas

Estrato de Apoyo de la Cimentación:

SC: Arena arcillosa con grava

Parámetros de diseño:

Df	=	5.00 m.
Qadm.	=	1.85 Kg/cm ²
F.S.	=	3.0
Asent. Difer.	=	1.184 cm.

7. CALCULO DE COEFICIENTE DE BALASTO

Uno de los métodos de cálculo más utilizado para modernizar la interacción entre estructuras de cimentación y terreno es el que supone el suelo equivalente a un número infinito de resortes elásticos -muelles o bielas biarticuladas- cuya rigidez, denominada módulo o coeficiente de balasto (K_s), se corresponde con el cociente entre la presión de contacto (q) y el desplazamiento -en su caso asiento- (δ): A partir de la determinación de parámetros característicos del suelo (módulo de deformación, tensión admisible, etc.) que se relacionan con el módulo de balasto mediante fórmulas dadas por varios autores. Es conocida, por ejemplo, la fórmula de Vesic en función del módulo de deformación o elasticidad (E_s) y coeficiente de Poisson (ν_s) el terreno, que en su forma reducida tiene la siguiente expresión:

$$K_s = E_s / [B (1 - \nu_s^2)]$$

Donde B es el ancho de la cimentación. 2.2 La fórmula de klepikov:

Calicata 01

Capacidad admisible de carga (ton/m ²)	=	50.77
Ancho de zapata (m)	=	2.00
Módulo de Elasticidad (ton/m ²)	=	6000
Relación de Poison	=	0.30
Modulo de Balato (Modulus of subgrade reaction)	=	3297

Calicata 02

Capacidad admisible de carga (ton/m ²)	=	53.04
Ancho de zapata (m)	=	2.00
Módulo de Elasticidad (ton/m ²)	=	6500
Relación de Poison	=	0.30
Modulo de Balato (Modulus of subgrade reaction)	=	3571

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



Calicata 03

Capacidad admisible de carga (ton/m ²)	=	55.54
Ancho de zapata (m)	=	2.00
Módulo de Elasticidad (ton/m ²)	=	7000
Relación de Poisson	=	0.30
Modulo de Balato (Modulus of subgrade reaction)	=	3846

8. AGRESIÓN DEL SUELO DE CIMENTACIÓN

Los principales elementos químicos para evaluar son los sulfatos y cloruros por su acción química sobre el concreto y acero del cimiento respectivamente.

TABLA N°08 - ELEMENTOS QUIMICOS NOCIVOS PARA LA CIMENTACION

PRESENCIA EN EL SUELO DE:	P.P.M.	GRADO DE ALTERACION	OBSERVACIONES
*SULFATOS	0-1000 1000 - 2000 2000 - 20,000 >20,000	LEVE MODERADO SEVERO MUY SEVERO	OCASIONA UN ATAQUE QUIMICO AL CONCRETO DE LA CIMENTACION
**CLORUROS	> 6,000	PERJUDICIAL	OCASIONA PROBLEMAS DE CORROSION DE ARMADURAS O ELEMENTOS METALICOS
**SALES SOLUBLES	> 15,000	PERJUDICIAL	OCASIONA PROBLEMAS DE PERDIDA DE RESISTENCIA MECANICA POR PROBLEMA DE LIXIVIACION

* Comité 318-83 ACI

** Experiencia existente

De los resultados de las muestras obtenidas de la calicata para efectos de este informe se han seleccionado las muestras representativas de cada calicata donde arroja los siguientes valores:

CALICATA 01

REPORTE DE RESULTADOS	LIMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNIDADES
Sulfatos como ión SO ₄	0.06	0.0654	%
Cloruros como ión Cl	0.10	0.0578	%
pH a 15.9°C	>4	6.5	

Observamos que la concentración de sales cloruros en la calicata, se encuentra por debajo de los valores permisibles, siendo el valor máximo obtenido igual a = 578 ppm que corresponde a la calicata C-01, menor que 6000ppm (valor permisible para cloruros), por lo que no ocasionará un ataque por corrosión del acero del concreto de la cimentación. De igual manera observamos concentraciones de sales sulfatos por debajo del valor permisible, siendo el valor máximo obtenido igual a = 654 ppm SO₄, que corresponde a la calicata C-01, menor que 1000 ppm SO₄ (valor permisible para sulfatos) por lo que va a ocasionar un ataque insignificante a leve al concreto de la cimentación.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



CALICATA 02

REPORTE DE RESULTADOS	LIMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNIDADES
Sulfatos como ión SO_4	0.06	0.0754	%
Cloruros como ión Cl	0.10	0.0641	%
pH a 15.9°C	>4	7.1	

Observamos que la concentración de sales cloruros en la calicata, se encuentra por debajo de los valores permisibles, siendo el valor máximo obtenido igual a = 641 ppm que corresponde a la calicata C-02, menor que 6000ppm (valor permisible para cloruros), por lo que no ocasionará un ataque por corrosión del acero del concreto de la cimentación. De igual manera observamos concentraciones de sales sulfatos por debajo del valor permisible, siendo el valor máximo obtenido igual a = 754 ppm SO_4 , que corresponde a la calicata C-02, menor que 1000 ppm SO_4 (valor permisible para sulfatos) por lo que va a ocasionar un ataque insignificante a leve al concreto de la cimentación.

CALICATA 03

REPORTE DE RESULTADOS	LIMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNIDADES
Sulfatos como ión SO_4	0.06	0.0631	%
Cloruros como ión Cl	0.10	0.0586	%
pH a 15.9°C	>4	6.1	

Observamos que la concentración de sales cloruros en la calicata, se encuentra por debajo de los valores permisibles, siendo el valor máximo obtenido igual a = 586 ppm que corresponde a la calicata C-03, menor que 6000ppm (valor permisible para cloruros), por lo que no ocasionará un ataque por corrosión del acero del concreto de la cimentación. De igual manera observamos concentraciones de sales sulfatos por debajo del valor permisible, siendo el valor máximo obtenido igual a = 631 ppm SO_4 , que corresponde a la calicata C-03, menor que 1000 ppm SO_4 (valor permisible para sulfatos) por lo que va a ocasionar un ataque insignificante a leve al concreto de la cimentación.

9. AGUA EN EL SUELO

9.1. INTRODUCCIÓN

Después de haber analizado las propiedades más importantes y necesarias para una identificación y clasificación de los suelos, se sigue con el estudio de las propiedades mecánicas relacionadas con una de sus fases, la fase líquida, que generalmente se refiere al agua en sus diferentes formas o estados. Las aguas Freáticas, son entonces las aguas que encontramos cuando el suelo está saturado, y están por debajo de este nivel freático.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



Este nivel freático es muy variable, y encontramos que, en el verano, cuando el calor se hace más intenso, el nivel freático baja, por el proceso de evaporación que genera el calor en el verano. Así también encontramos que el nivel freático en el tiempo de lluvia, sube, y puede llegar hasta muy altos niveles, es decir a muy poca profundidad, el sitio donde empiezan las aguas freáticas, pudiendo ser un factor importante en la construcción.

9.2. RECONOCIMIENTO DE AGUAS FREÁTICAS

En el campo podemos conocer el nivel del agua freática abriendo un hueco en la tierra, de tal manera que podamos ver dentro del (50 x 50 centímetros), y esperar que el nivel del agua se estabilice. De esta forma podemos después de una hora más o menos, que el nivel donde tenemos el agua será el nivel freático, para poder saber dónde se encuentra el nivel freático simplemente se toma la distancia de la superficie de la tierra, al punto donde el suelo está saturado, hallamos el Nivel Freático.

El punto donde el suelo está saturado de agua se puede hallar por medio del ensayo de Contenido de Humedad, el cual nos permite saber, que porcentaje de agua hay en los vacíos del suelo, y cuando este porcentaje sea el 70% al 80%, querrá decir que este suelo está saturado, estando dentro de las aguas freáticas.

Durante la realización del presente informe se realizó una calicata con el fin de determinar la profundidad del nivel freático con respecto a la topografía del terreno y no se detectó la presencia de la misma hasta la profundidad máxima prospectada que fue de 3.00 m.

Cuadro N° 07 – UBICACIÓN DE NIVEL FREATICO

UBICACIÓN	NIVEL FREATICO	PROFUNDIDAD
C-01	NO	-
C-02	NO	-
C-03	NO	-

Los certificados de los ensayos de laboratorio se anexan.

10. PARÁMETROS DE EMPUJE LATERAL DE TIERRAS

Para definir el empuje de los suelos sobre las estructuras de retención, podemos decir en forma general, que en ellos se involucran todos los problemas para determinar las tensiones en la masa del suelo que actúan sobre una estructura. En este apunte daremos las nociones básicas para poder calcular los empujes laterales de los suelos contra las estructuras. Como primera medida debemos decir que el tipo de empuje depende, tanto de la naturaleza del suelo como del tipo de estructura, ya que se trata de un problema de interacción entre ambos. La mecánica de suelos se basa en varias teorías para calcular la distribución de tensiones que se producen en los suelos y sobre las estructuras de retención.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



Cronológicamente, Coulomb (1776) fue el primero que estudió la distribución de tensiones sobre muros.

Posteriormente, Rankine (1875) publicó sus experiencias, y por último y ya en el siglo XX se conoce la teoría de la cuña, debida a varios autores, pero especialmente a Terzaghi.

$$K_o \approx 1 - \text{sen } \phi$$

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

CALICATA C-01

COEFICIENTE DE REPOSO	
CORTE DIRECTO CALICATA 01	
ϕ	= 28
Ko	0.070
COEFICIENTE DE PRESION ACTIVA	
ϕ	= 28
Ka	0.361

CALICATA C-02

COEFICIENTE DE REPOSO	
CORTE DIRECTO CALICATA 01	
ϕ	= 28.5
Ko	0.070
COEFICIENTE DE PRESION ACTIVA	
ϕ	= 28.5
Ka	0.354

CALICATA C-03

COEFICIENTE DE REPOSO	
CORTE DIRECTO CALICATA 01	
ϕ	= 29
Ko	0.070
COEFICIENTE DE PRESION ACTIVA	
ϕ	= 29
Ka	0.347

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



11. RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE CALZADURAS O MURO DE CONTENCIÓN ARMADO

Un muro de contención es una estructura que tiene la finalidad de proporcionar estabilidad contra la rotura de macizos de tierra o roca. El buen diseño de un muro de contención es fundamental ya que brindara apoyo lateral permanente a taludes verticales o casi verticales del suelo. La estabilidad del muro de contención se debe a su peso al del material usado en su escarpio. El cálculo de un muro de contención requiere tener claras las características del terreno que se quiere contener para así establecer el empuje que ofrece la tierra y la presión lateral del terreno, considerando las presiones que puede presentar la tierra cuando contiene agua. Una vez claro esto, se debe tener presente el tipo de muro de contención del que se desea tener el cálculo.

A partir de ello, se deben tener presente los tres criterios que influyen en el cálculo de un muro de contención:

Datos Generales: en este criterio se deben considerar: densidad del suelo, ángulo de fricción o ángulo de corte del suelo, resistencia del concreto a las fuerzas de compresión, fluencia del acero (en caso de requerir en el muro), resistencia del terreno a cargas axiales, altura del muro de contención libre, factor de seguridad a deslizamiento y factor de seguridad a volteo.

Cálculo de Esfuerzos: entre los cálculos de esfuerzo se encuentran el factor del suelo a comportamiento triangular, espesor de la pantalla del muro de contención y peralte efectivo del trabajo del fierro del muro.

Verificación de estabilidad y resistencia a través de los siguientes parámetros:

a) verificación de deslizamiento: donde la fuerza horizontal de empuje del terreno nunca supere la fuerza de retención. Esto puede ocurrir cuando hay fricción entre el suelo y la cimentación siendo proporcional al peso del muro. Una relación $Fr/Fh > 1.3$ (coeficiente de seguridad para deslizamiento) es considerada normal.

b) verificación de volteo: el momento de fuerza de volteo del muro debe ser inferior al momento de fuerza que estabiliza el muro. Para ello, la relación idónea debería ser: $Me/Mv > 1.5$, valor del coeficiente de seguridad para volteo.

c) verificación de la capacidad de sustentación: se relaciona a la carga total que actúa sobre la cimentación del muro, que sea mucho menor a la capacidad portante. Es decir, que la máxima tensión que sea producida por el muro sea menor a la tensión en el terreno. $Tp/Ta > 1.0$ (coeficiente de seguridad para la sustentación).

d) verificación de la estabilidad global: en este parámetro, todos los aspectos respecto al muro de contención deben tener un buen coeficiente de seguridad global.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El área en estudio se ubica en el distrito de san Rafael, provincia de Ambo y departamento de Huánuco, se ubica a una altitud promedio de 2,200 metros sobre el nivel del mar (msnm). La temperatura promedio es de 25°C / 15°C.
- La muestra de la Calicata 01 corresponden a una clasificación de suelos SUCS: **SC-SM** (Arena limosa arcillosa con grava).
- La muestra de la Calicata 02 corresponden a una clasificación de suelos SUCS: **SC** (Arena arcillosa con grava).
- La muestra de la Calicata 03 corresponden a una clasificación de suelos SUCS: **SC** (Arena arcillosa con grava).
Los certificados de los ensayos de laboratorio se anexan.
- Los valores obtenidos para la capacidad de carga admisible para el diseño de la cimentación:
 - De la C-01 Recomendamos como valor único de diseño $q_{ad} = 1.69 \text{ Kg/cm}^2$
 - De la C-02 Recomendamos como valor único de diseño $q_{ad} = 1.77 \text{ Kg/cm}^2$
 - De la C-02 Recomendamos como valor único de diseño $q_{ad} = 1.85 \text{ Kg/cm}^2$
- Con estos valores, no se espera problemas por asentamientos, ya que están por debajo de lo permisible.
- Basado en los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, perfiles y registros estratigráficos y las condiciones de ausencia nivel freático y las características de las estructuras, se recomienda cimentar a una profundidad: **Df = 5.00 m.** del nivel 0.00 m.
- Deberá garantizarse que las Zapatas cuadrada aisladas de cimentación queden apoyados sobre materiales adecuados para la capacidad especificada y particularmente sobre los estratos recomendados.
- Se realizó una descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual – Manual según NTP 339.150:2018.
- Los asentamientos producidos debido a la solicitud de las cargas actuantes serán absorbidos por la cimentación propuesta.
- En el área de estudio se determinó que no hay presencia de nivel freático no siendo perjudicial para las estructuras si la cimentación y las zapatas son implementadas con un **Df** no mayor a 5 m por todo lo expuesto se concluye usar el cemento tipo I para las estructuras que conformaran la cimentación.
- Si en el periodo de diseños se hacen cambios o si durante la construcción se encuentran diferencias con las condiciones del subsuelo establecidas en este informe, se debe comunicar a un especialista en mecánica de suelos para evaluar las recomendaciones de este informe.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



- Se recomienda realizar un control de calidad de todos los materiales y utilizarse en la construcción de los cimientos, en especial a los agregados (piedra y arena).
- Se recomienda no cimentar sobre rellenos no controlados, para los falsos pisos se debe retirar el material de relleno a una profundidad de 40 cm, los cuales deberán ser reemplazado por material granular debidamente seleccionado y compactados antes de iniciar la construcción de la cimentación.
- El Material Seleccionado con el que se debe construir el Relleno Controlado deberá ser compactado de la siguiente manera:
 - a) Si tiene más de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad mayor o igual del 90% de la máxima densidad seca del método de ensayo Proctor Modificado, NTP 339.141:1999, en todo su espesor.
 - b) Si tiene igual o menos de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad no menor del 95% de la máxima densidad seca del método de ensayo Proctor Modificado, NTP 339.141:1999, en todo su espesor.
- En todos los casos deberán realizarse controles de compactación en todas las capas compactadas, a razón necesariamente, de un control por cada 250 m² con un mínimo de tres controles por capa. En áreas pequeñas (igual o menores a 25 m²) se aceptará un ensayo como mínimo. En cualquier caso, el espesor máximo a controlar será de 0,30 m de espesor. Seguir las recomendaciones.
- Según los mapas de zonificación sísmica y mapas de máximas intensidades sísmicas del Perú y de acuerdo con las normas sismo-resistentes del Reglamento Nacional de Edificaciones, el Distrito de Chinchao, Provincia de Huánuco y Región Huánuco, se encuentra comprendida en la zona 2.

Parámetro de Suelo T _p (seg.)	0.60 seg.
Parámetro de Suelo T _L (seg.)	2.0 seg.
Perfil de suelos	Tipo 2 – Suelos Intermedios
Factor de Suelo - S2	1.20
Factor de Zona – 2	0.25

Los resultados de este estudio se aplican exclusivamente al proyecto: **“PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE REFUERZO PASIVO PARA OPTIMIZAR LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA CARRETERA CENTRAL, KM 187–190, SECTOR SAN RAFAEL – HUÁNUCO, 2025”** no se pueden utilizar en otros sectores o para otros fines.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Norma E-050, Suelos y Cimentaciones
- Norma E-030, Diseño Sismo resistente
- Alva Hurtado J.E., Meneses J. Y Guzmán V. V. (1984), "Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú", V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna, Perú.
- Juárez Badillo – Rico Rodríguez: Mecánica de Suelos, Tomos I, II.
- Karl Terzaghi / Ralph B. Peck: Mecánica de Suelos en la ingeniería Práctica. Segunda Edición 1973.
- T William Lambe Robert V. Whitman. Primera Edición 1972.
- Roberto Michelena / Mecánica de Suelos Aplicada. Primera Edición 1991.
- Reglamento Nacional de Construcciones CAPECO Quinta Edición 1987.
- RNC Normas de Diseño Sismo Resistente
- Cimentación de Concreto Armado en Edificaciones – ACI American Concrete Institute. Segunda Edición 1993.
- Supervisión de Obras de Concreto – ACI American Institute. Tercera Edición 1995.
- Recomendaciones para el proceso de Puesta en Obras de Estructuras de Concreto. Ing. Enrique Riva López /CONCYTEC 1988.
- Geotécnica para Ingenieros, Principios Básicos Alberto, J. Martínez Vargas /CONCYTEC 1990.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



ANEXOS

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



GRANULOMETRIA

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



GRANULOMETRIA C-01

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR



CLASIFICACIÓN DE SUELOS LABORTEC EIRL
Análisis Granulométrico NTP 339.128 (2014) / Límite Líquido y Límite Plástico NTP 339.129 (2014) / Clasificación SUCS NTP 339.134 (2014) / Clasificación AASHTO NTP 339.135 (2014)

N° de Servicio: **LAB-00247-2025**

SOLICITANTE: BACH. BRYAN VILDER CARBAJAL RUBIO

PROYECTO: "PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE REFUERZO PASIVO PARA OPTIMIZAR LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA CARRETERA CENTRAL, KM 187-190, SECTOR SAN RAFAEL - HUÁNUCO, 2025"

UBICACION: CARRETERA CENTRAL, KM 187-190, SECTOR SAN RAFAEL - HUÁNUCO

Sondeo: C-01 / S1 (Tipo A) 187+500

Tipo de Material: Arena limosa arcillosa con grava

Muestra: M-1

Condición de la muestra: HUMEDA

Profundidad: 0.00 - 3.00 m

Código de Informe y ensayo: LAB091025110

Fecha de muestreo: 0-Ene-00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO		
Denominación ASTM	TAMICES	
	Abertura (mm)	Porcentaje que pasa
3 pulg	75.000	100.0
2 pulg	50.000	100.0
1 1/2 pulg	37.500	100.0
1 pulg	25.000	100.0
3/4 pulg	19.000	100.0
3/8 pulg	9.500	91.6
No. 4	4.750	85.0
No. 10	2.000	65.2
No. 20	0.850	47.6
No. 40	0.425	33.3
No. 60	0.250	26.1
No. 140	0.106	20.3
No. 200	0.075	15.0

RESULTADOS DEL ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA

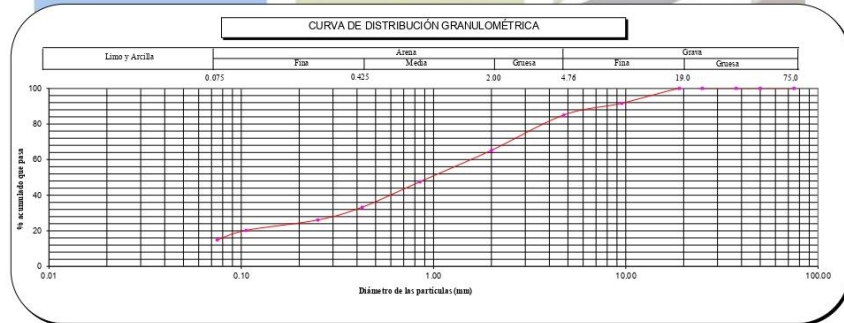
Límite Líquido:	22
Límite Plástico:	18
Índice Plástico:	4



Distribución Granulométrica		
% Grava	Grava Gruesa	0.0 %
	Grava Fina	15.0 %
% Arena	AG%	19.8 %
	AM%	31.9 %
	AF%	18.3 %
% Finos		15.0 %
Tamaño Máximo de la Grava (pulg)		3/4
Forma del suelo grueso		Redondeada
Porcentaje retenido en la 3 pulg		0
Método de lavado Malla No. 200 Según NTP 400.018 (2018)		A
Coeficiente de Curvatura		---
Coeficiente de Uniformidad		---

Método de ensayo	Multipunto
Preparación de la muestra	Húmeda
Porcentaje retenido aproximado en tamiz No. 40	66.7
Ranurador utilizado en el Límite Líquido	Plano
Equipo de Rolado en el Límite Plástico	Manual

Clasificación (S.U.C.S.)	
SC - SM	Arena limosa arcillosa con grava
Clasificación (AASHTO)	
A-1-b	Índice de Grupo: 0
Descripción (AASHTO):	BUENO

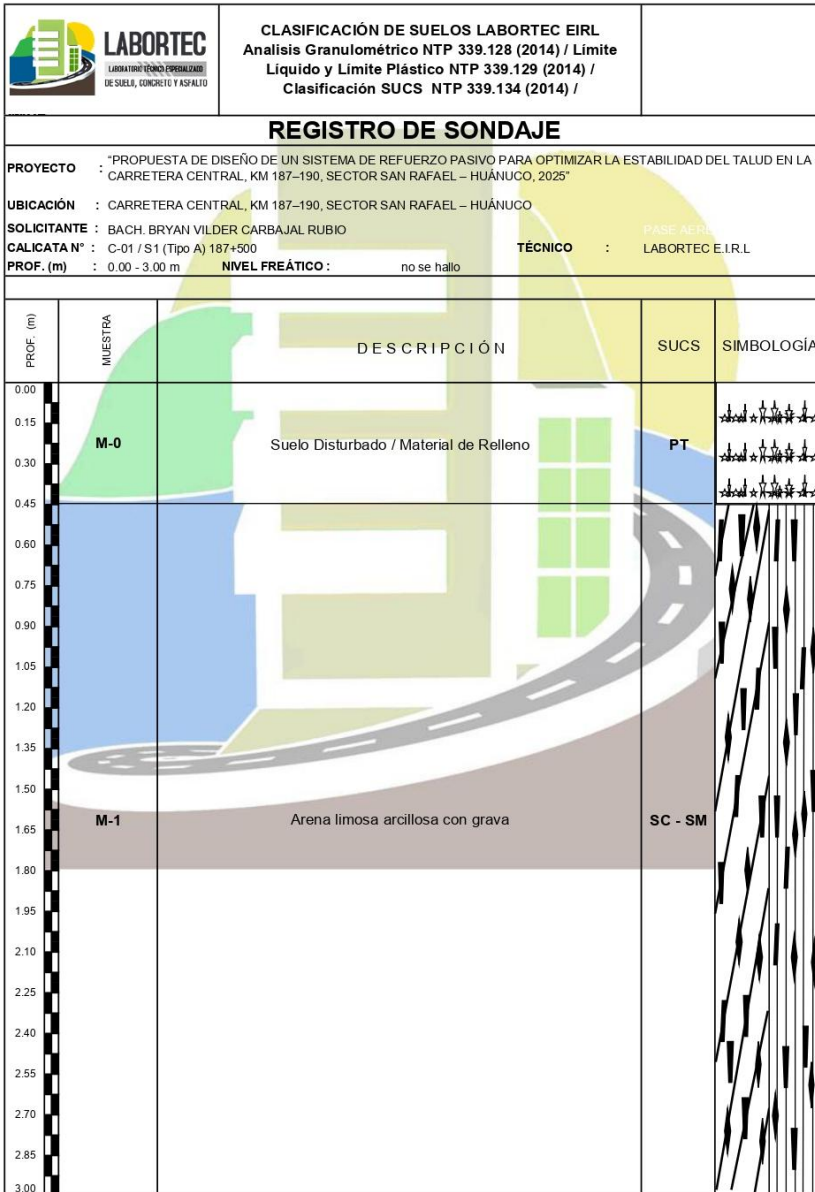


Observaciones

Tipo de Preparación para ensayo Clasificación: **Vía Húmeda**

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe de ensayo sin la autorización escrita de Labortec EIRL. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al Laboratorio. El informe de ensayo es un documento "oficial de interés público"; su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Sin perjuicio de lo señalado, dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección al consumidor y las que regulan la libre competencia.

Dirección del laboratorio





LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



GRANULOMETRIA C-02

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR



CLASIFICACIÓN DE SUELOS LABORTEC EIRL
Análisis Granulométrico NTP 339.128 (2014) / Límite Líquido y Límite Plástico NTP 339.129 (2014) / Clasificación SUCS NTP 339.134 (2014) / Clasificación AASHTO NTP 339.135 (2014)

N° de Servicio: **LAB-00247-2025**

SOLICITANTE: BACH. BRYAN VILDER CARBAJAL RUBIO

PROYECTO: "PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE REFUERZO PASIVO PARA OPTIMIZAR LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA CARRETERA CENTRAL, KM 187-190, SECTOR SAN RAFAEL - HUÁNUCO, 2025"

UBICACION: CARRETERA CENTRAL, KM 187-190, SECTOR SAN RAFAEL - HUÁNUCO

FECHA:

Sondeo: C-02 / S2 (Tipo B) 188+300

Tipo de Material: Arena arcillosa con grava

Muestra: M-1

Condición de la muestra: HUMEDA

Profundidad: 0.00 - 3.00 m

Código de Informe y ensayo: LAB091025110

Fecha de muestreo: 0-Ene-00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO		
Denominación ASTM	TAMICES	
	Abertura (mm)	Porcentaje que pasa
3 pulg	75.000	100.0
2 pulg	50.000	100.0
1 1/2 pulg	37.500	100.0
1 pulg	25.000	100.0
3/4 pulg	19.000	100.0
3/8 pulg	9.500	90.6
No. 4	4.750	82.0
No. 10	2.000	61.1
No. 20	0.850	42.4
No. 40	0.425	28.1
No. 60	0.250	20.9
No. 140	0.106	15.1
No. 200	0.075	14.0

RESULTADOS DEL ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA

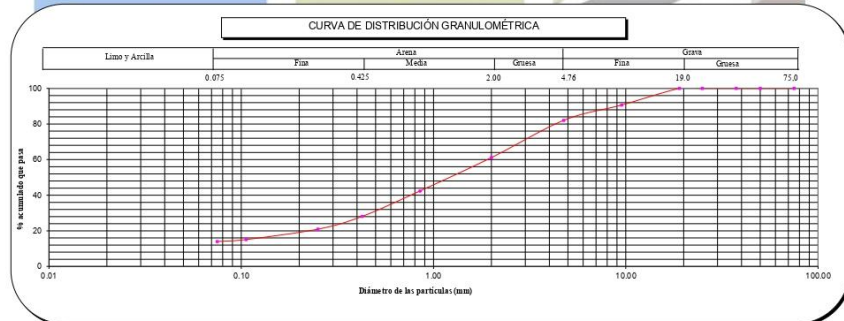
Límite Líquido:	24
Límite Plástico:	17
Índice Plástico:	7



Distribución Granulométrica		
% Grava	Grava Gruesa	0.0 %
	Grava Fina	18.0 %
	AG%	20.9 %
% Arena	AM%	33.0 %
	AF%	14.1 %
	% Finos	14.0 %
Tamaño Máximo de la Grava (pulg)		3/4
Forma del suelo grueso		Redondeada
Porcentaje retenido en la 3 pulg		0
Método de lavado Malla No. 200		
Según NTP 400.018 (2018)		A
Coefficiente de Curvatura		---
Coefficiente de Uniformidad		---

Método de ensayo	Multipunto
Preparación de la muestra	Húmeda
Porcentaje retenido aproximado en tamiz No. 40	71.9
Ranurador utilizado en el Límite Líquido	Plano
Equipo de Rolado en el Límite Plástico	Manual

Clasificación (S.U.C.S.)	
SC	Arena arcillosa con grava
Clasificación (AASHTO)	
A-2.4	Índice de Grupo: 0
Descripción (AASHTO):	BUENO




Observaciones

Tipo de Preparación para ensayo Clasificación: **Vía Húmeda**

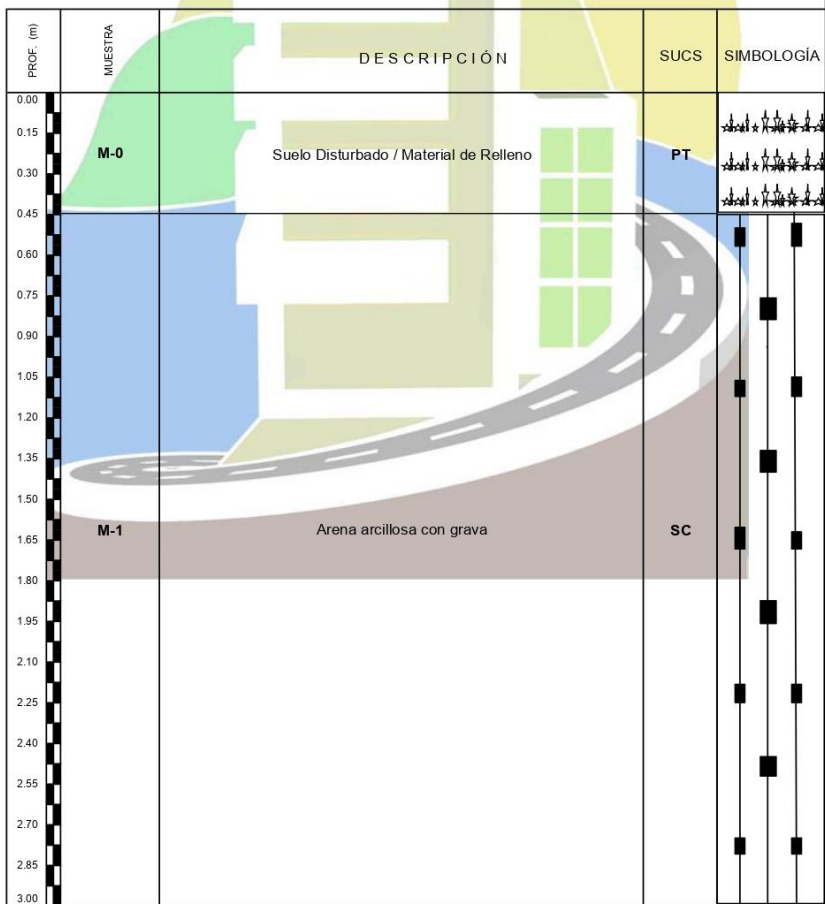
La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe de ensayo sin la autorización escrita de Labortec EIRL. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al Laboratorio. El informe de ensayo es un documento "oficial de interés público"; su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Sin perjuicio de lo señalado, dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección al consumidor y las que regulan la libre competencia.

Dirección del laboratorio

 LABORTEC <small>LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO</small>	CLASIFICACIÓN DE SUELOS LABORTEC E.I.R.L Análisis Granulométrico NTP 339.128 (2014) / Límite Líquido y Límite Plástico NTP 339.129 (2014) / Clasificación SUCS NTP 339.134 (2014) /	
--	---	--

REGISTRO DE SONDAJE

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE REFUERZO PASIVO PARA OPTIMIZAR LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA CARRETERA CENTRAL, KM 187-190, SECTOR SAN RAFAEL - HUÁNUCO, 2025"		
UBICACIÓN	: CARRETERA CENTRAL, KM 187-190, SECTOR SAN RAFAEL - HUÁNUCO		
SOLICITANTE	: BACH. BRYAN VILDER CARBAJAL RUBIO		
CALICATA N°	: C-02 / S2 (Tipo B) 188+300	TÉCNICO	: LABORTEC E.I.R.L
PROF. (m)	: 0.00 - 3.00 m	NIVEL FREÁTICO	: no se halló





LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



GRANULOMETRIA C-03

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR



CLASIFICACIÓN DE SUELOS LABORTEC EIRL
Análisis Granulométrico NTP 339.128 (2014) / Límite Líquido y Límite Plástico NTP 339.129 (2014) / Clasificación SUCS NTP 339.134 (2014) / Clasificación AASHTO NTP 339.135 (2014)

N° de Servicio: **LAB-00247-2025**

SOLICITANTE : BACH. BRYAN VILDER CARBAJAL RUBIO

PROYECTO : "PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE REFUERZO PASIVO PARA OPTIMIZAR LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA CARRETERA CENTRAL, KM 187-190, SECTOR SAN RAFAEL - HUÁNUCO, 2025"

UBICACION : CARRETERA CENTRAL, KM 187-190, SECTOR SAN RAFAEL - HUÁNUCO

Sondeo : C-03 / S3 (Tipo C) 189+600

Tipo de Material: Arena arcillosa con grava

Muestra : M-1

Condición de la muestra: HUMEDA

Profundidad : 0.00 - 3.00 m

Código de Informe y ensayo : LAB091025110

Fecha de muestreo: 0-Ene-00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO		
Denominación ASTM	TAMICES	
	Abertura (mm)	Porcentaje que pasa
3 pulg	75.000	100.0
2 pulg	50.000	100.0
1 1/2 pulg	37.500	100.0
1 pulg	25.000	100.0
3/4 pulg	19.000	92.9
3/8 pulg	9.500	83.6
No. 4	4.750	80.0
No. 10	2.000	62.9
No. 20	0.850	43.3
No. 40	0.425	32.0
No. 60	0.250	24.9
No. 140	0.106	17.8
No. 200	0.075	15.0

RESULTADOS DEL ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA

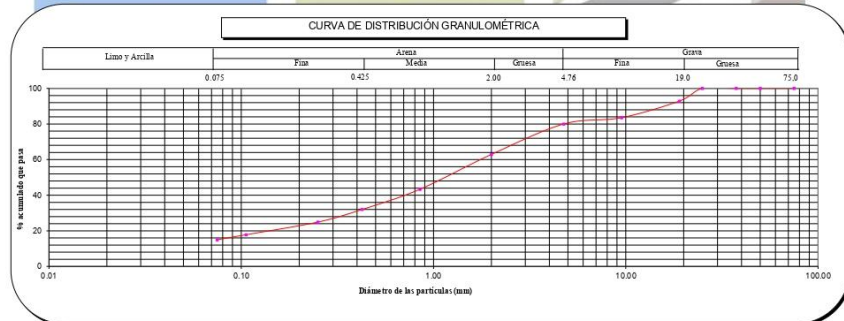
Límite Líquido:	26
Límite Plástico:	16
Índice Plástico:	10



Distribución Granulométrica		
% Grava	Grava Gruesa	7.1 %
	Grava Fina	12.9 %
	AG%	17.1 %
% Arena	AM%	30.9 %
	AF%	17.0 %
	% Finos	15.0 %
Tamaño Máximo de la Grava (pulg)		1
Forma del suelo grueso		Redondeada
Porcentaje retenido en la 3 pulg		0
Método de lavado Malla No. 200		A
Según NTP 400.018 (2018)		
Coefficiente de Curvatura		---
Coefficiente de Uniformidad		---

Método de ensayo	Multipunto
Preparación de la muestra	Húmeda
Porcentaje retenido aproximado en tamiz No. 40	68
Ranurador utilizado en el Límite Líquido	Plano
Equipo de Rolado en el Límite Plástico	Manual

Clasificación (S.U.C.S.)	
SC	Arena arcillosa con grava
Clasificación (AASHTO)	
A-2.4	Índice de Grupo: 0
Descripción (AASHTO):	BUENO



Observaciones

Tipo de Preparación para ensayo Clasificación: Vía Húmeda


La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.

Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe de ensayo sin la autorización escrita de Labortec EIRL.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al Laboratorio.

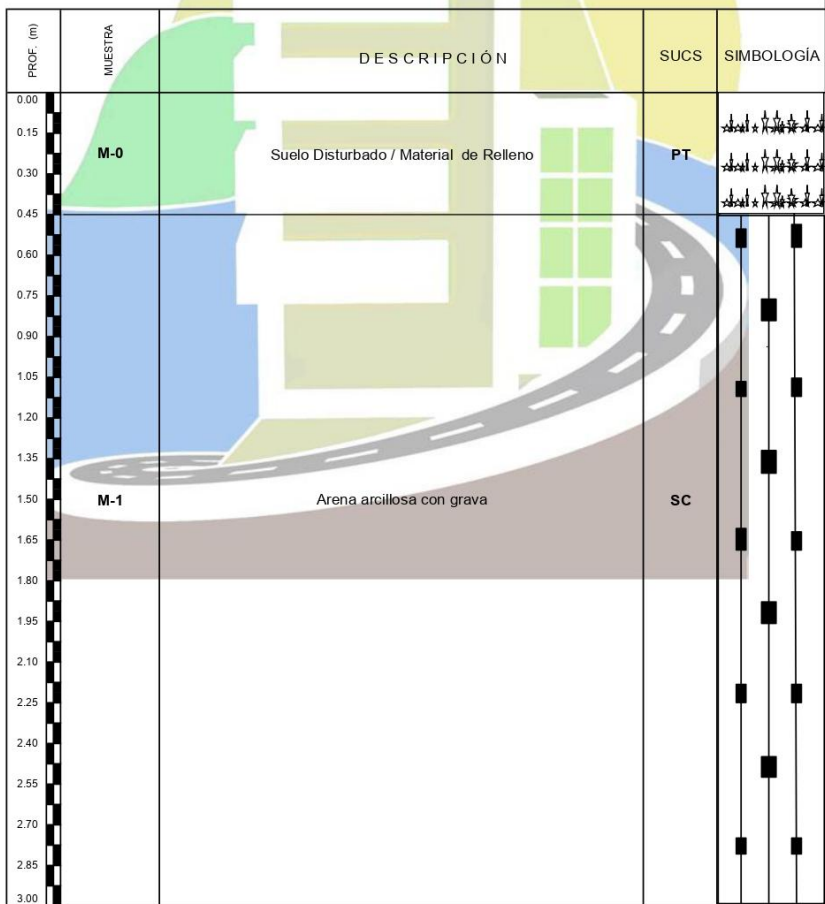
El informe de ensayo es un documento "oficial de interés público"; su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Sin perjuicio de lo señalado, dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección al consumidor y las que regulan la libre competencia.

Dirección del laboratorio

 LABORTEC <small>LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO</small>	CLASIFICACIÓN DE SUELOS LABORTEC EIRL Análisis Granulométrico NTP 339.128 (2014) / Límite Líquido y Límite Plástico NTP 339.129 (2014) / Clasificación SUCS NTP 339.134 (2014) /	
--	--	--

REGISTRO DE SONDAJE

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE REFUERZO PASIVO PARA OPTIMIZAR LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA CARRETERA CENTRAL, KM 187-190, SECTOR SAN RAFAEL - HUÁNUCO, 2025"		
UBICACIÓN	: CARRETERA CENTRAL, KM 187-190, SECTOR SAN RAFAEL - HUÁNUCO		
SOLICITANTE	: BACH. BRYAN VILDER CARBAJAL RUBIO		
CALICATA N°	: C-03 / S3 (Tipo C) 189+600	TÉCNICO	: LABORTEC E.I.R.L.
PROF. (m)	: 0.00 - 3.00 m	NIVEL FREÁTICO	: no se halló





LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



CORTE DIRECTO

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



CORTE DIRECTO C-01

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR



NTP 339.171:2002 (revisada el 2017)
 Título: SUELOS. Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas (ASTM D-3080) V-1



ENSAYO DE CORTE DIRECTO

PROYECTO : "PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE REFUERZO PASIVO PARA OPTIMIZAR LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA CARRETERA CENTRAL, KM 187-190, SECTOR SAN RAFAEL - HUÁNUCO, 2025"

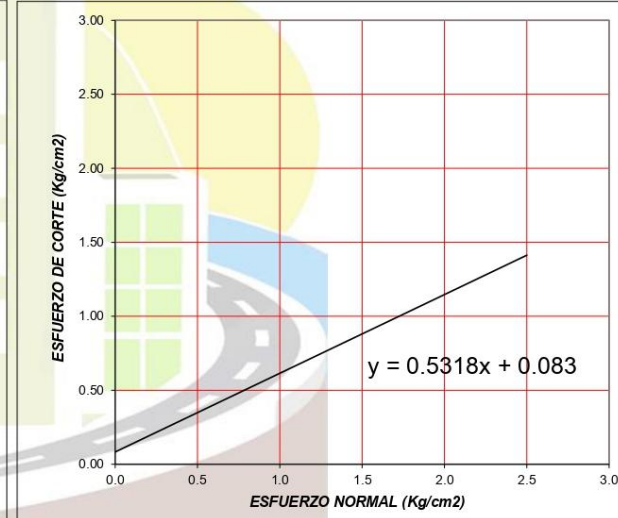
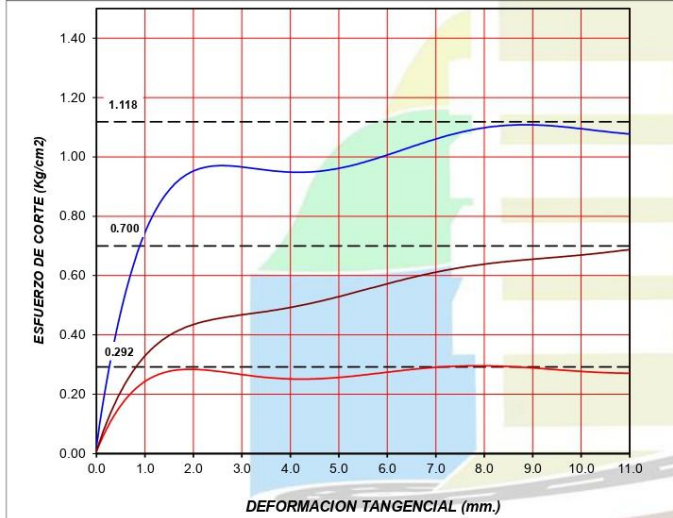
UBICACIÓN : CARRETERA CENTRAL, KM 187-190, SECTOR SAN RAFAEL - HUÁNUCO

SOLICITADO : BACH BRYAN VILDER CARBAJAL RUBIO

MUESTRA : C-01

PROF (m) : 0.00 - 3.00 M FECHA : 00-Enero-1900

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES					
MUESTRA N°	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	CONT. HUM. (%)	DENS. SECA (gr/cm ³)	ESFUERZO NORMAL (Kg/cm ²)
01	6.0	28.27	11.1	1.187	0.5
02	6.0	28.27	11.1	1.170	1.0
03	6.0	28.27	11.1	1.153	2.0
CLASIF. SUCS : SC-SM		LL : 27	IP : 6	% MENOR QUE MALLA N° 200 : 18.6	



RESULTADOS DE ENSAYOS			
COHESIÓN (Kg/cm ²)	0.08	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	28.0



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



CORTE DIRECTO C-02

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR



NTP 339.171:2002 (revisada el 2017)
Título: SUELOS. Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas (ASTM D-3080) V-1



ENSAYO DE CORTE DIRECTO

PROYECTO : "PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE REFUERZO PASIVO PARA OPTIMIZAR LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA CARRETERA CENTRAL, KM 187-190, SECTOR SAN RAFAEL - HUÁNUCO, 2025"

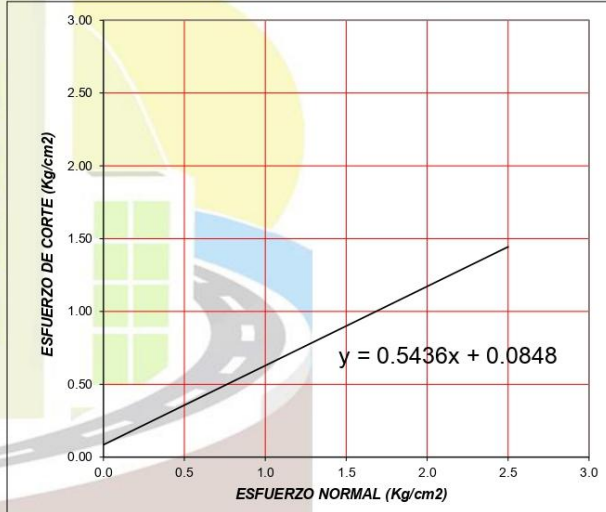
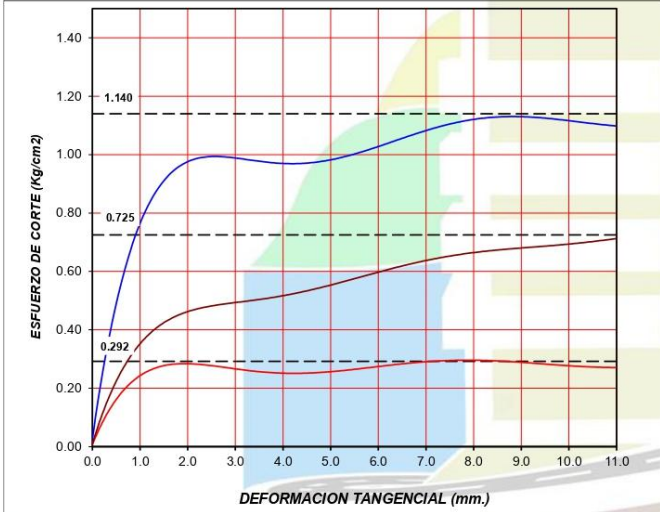
UBICACIÓN : CARRETERA CENTRAL, KM 187-190, SECTOR SAN RAFAEL - HUÁNUCO

SOLICITADO : BACH. BRYAN VILDER CARBAJAL RUBIO

MUESTRA : C-02

PROF (m) : 0.00 - 3.00 M FECHA : 00-Enero-1900

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES					
MUESTRA N°	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	CONT. HUM. (%)	DENS. SECA (gr/cm ³)	ESFUERZO NORMAL (Kg/cm ²)
01	6.0	28.27	11.3	1.188	0.5
02	6.0	28.27	11.3	1.172	1.0
03	6.0	28.27	11.3	1.155	2.0
CLASIF. SUGS : SC		LL : 27	IP : 6	% MENOR QUE MALLA N° 200 : 18.6	



RESULTADOS DE ENSAYOS			
COHESIÓN (Kg/cm ²)	0.085	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	28.5



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



CORTE DIRECTO C-03

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR



NTP 339.171:2002 (revisada el 2017)
 Título: SUELOS. Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas (ASTM D-3080) V-1



ENSAYO DE CORTE DIRECTO

PROYECTO : PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE REFUERZO PASIVO PARA OPTIMIZAR LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA CARRETERA CENTRAL, KM 187-190, SECTOR SAN RAFAEL - HUÁNUCO, 2025*

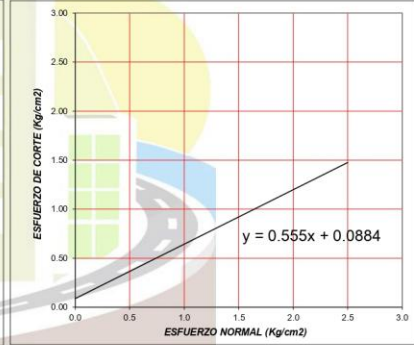
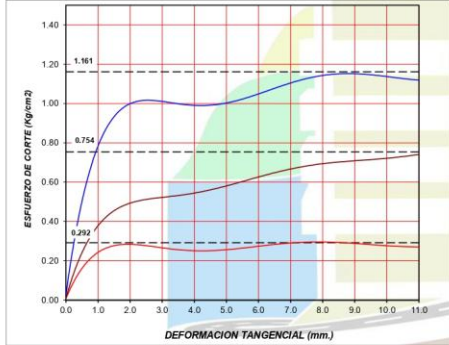
UBICACIÓN : CARRETERA CENTRAL, KM 187-190, SECTOR SAN RAFAEL - HUÁNUCO

SOLICITADO : BACH BRYAN VILDER CARBAJAL RUBIO

MUESTRA : C-01

PROF (m) : 0.00 - 3.00 M FECHA : 00-Enero-1900

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECIMENES					
MUESTRA Nº	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	CONT. HUM. (%)	DENS. SECA (gr/cm ³)	ESFUERZO NORMAL (Kg/cm ²)
01	6.0	28.27	11.2	1.190	0.5
02	6.0	28.27	11.2	1.173	1.0
03	6.0	28.27	11.2	1.156	2.0
CLASIF. SUCS : SC LL : 27 LP : 6 % MENOR QUE MALLA Nº 200 : 18.6					



RESULTADOS DE ENSAYOS			
COHESIÓN (Kg/cm ²)	0.09	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	29.0




LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



SALES Y SULFATOS

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR

 LABORTEC <small>LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO</small>	CONTENIDO DE SULFATOS EXPRESADOS COMO ION SO ₄ Y CONTENIDO DE CLORUROS EXPRESADOS COMO ION cl-(NORMA NTP 400.042, AASHTO T 290, AASHTO T 291)	
	<p>PROYECTO : PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE REFUERZO PASIVO PARA OPTIMIZAR LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA CARRETERA CENTRAL, KM 187-190, SECTOR SAN RAFAEL – HUÁNUCO, 2025"</p> <p>SOLICITA : BACH. BRYAN VILDER CARBAJAL RUBIO</p> <p>RESPONSABLE: : LABORTEC E.I.R.L.</p>	


DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: C-01
MUESTRA	: M - 1
PROF.	: 0.00 - 3.00 m.

Muestra 01

REPORTE DE RESULTADOS	LIMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNIDADES
Sulfatos como ión SO ₄	0.06	0.0654	%
Cloruros como ión Cl	0.10	0.0578	%
pH a 15.9°C	>4	6.5	

REPORTE DE RESULTADOS	LIMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNIDADES
Sulfatos como ión SO ₄	0.06		
Cloruros como ión Cl	0.10		
pH a 15.9°C	>4		

(*) Límites máximos permisibles de concentración de sustancias según ETC-CBVT-2008 MTC

 LABORTEC <small>LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO</small>	CONTENIDO DE SULFATOS EXPRESADOS COMO IÓN SO ₄ Y CONTENIDO DE CLORUROS EXPRESADOS COMO IÓN Cl-(NORMA NTP 400.042, AASHTO T 290, AASHTO T 291)	
	<p>PROYECTO : PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE REFUERZO PASIVO PARA OPTIMIZAR LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA CARRETERA CENTRAL, KM 187-190, SECTOR SAN RAFAEL – HUÁNUCO, 2025"</p> <p>SOLICITA : BACH. BRYAN VILDER CARBAJAL RUBIO</p> <p>RESPONSABLE : LABORTEC E.I.R.L.</p>	


DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: C-02
MUESTRA	: M - 1
PROF.	: 0.00 - 3.00 m.

Muestra 01

REPORTE DE RESULTADOS	LIMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNIDADES
Sulfatos como ión SO ₄	0.06	0.0754	%
Cloruros como ión Cl	0.10	0.0641	%
pH a 15.9°C	>4	7.1	

REPORTE DE RESULTADOS	LIMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNIDADES
Sulfatos como ión SO ₄	0.06		
Cloruros como ión Cl	0.10		
pH a 15.9°C	>4		

(*) Límites máximos permisibles de concentración de sustancias según ETC-CBVT-2008 MTC

 LABORTEC <small>LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO</small>	CONTENIDO DE SULFATOS EXPRESADOS COMO ION SO ₄ Y CONTENIDO DE CLORUROS EXPRESADOS COMO ION cl-(NORMA NTP 400.042, AASHTO T 290, AASHTO T 291)	
	<p>PROYECTO : PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE REFUERZO PASIVO PARA OPTIMIZAR LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA CARRETERA CENTRAL, KM 187-190, SECTOR SAN RAFAEL – HUÁNUCO, 2025”</p> <p>SOLICITA : BACH. BRYAN VILDER CARBAJAL RUBIO</p> <p>RESPONSABLE : LABORTEC E.I.R.L.</p>	

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: C-03
MUESTRA	: M - 1
PROF.	: 0.00 - 3.00 m.

Muestra 01

REPORTE DE RESULTADOS	LIMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNIDADES
Sulfatos como ión SO ₄	0.06	0.0631	%
Cloruros como ión Cl	0.10	0.0586	%
pH a 15.9°C	>4	6.1	

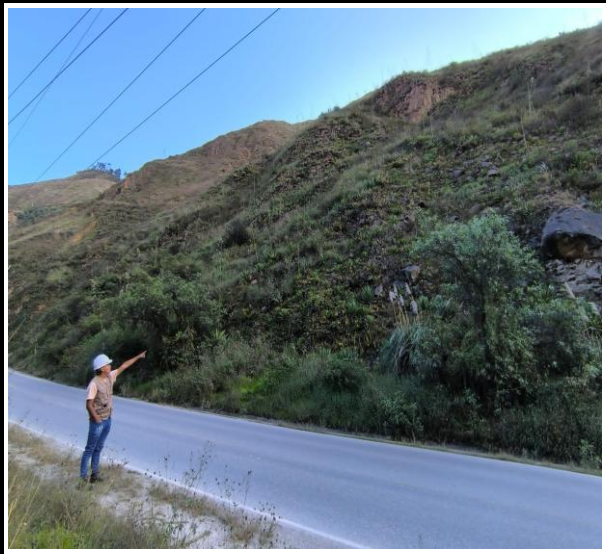
REPORTE DE RESULTADOS	LIMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNIDADES
Sulfatos como ión SO ₄	0.06		
Cloruros como ión Cl	0.10		
pH a 15.9°C	>4		

(*) Límites máximos permisibles de concentración de sustancias según ETC-CBVT-2008 MTC

ANEXO 8 PANEL FOTOGRÁFICO DE CAMPO



Se efectuó el reconocimiento físico y descriptivo del área de terreno objeto de estudio, a fin de recopilar información inicial relevante para la adecuada ejecución del trabajo de investigación.



Se realizó la inspección del área de terreno destinada al estudio, como actividad previa al desarrollo del trabajo de investigación



Se llevó a cabo la instalación y verificación operativa de la estación total, destinada al levantamiento planimétrico y altimétrico del área de estudio.



Se procedió con la preparación, calibración y verificación del equipo topográfico (estación total) y sus accesorios, garantizando la disponibilidad completa del instrumental requerido para la ejecución de los trabajos de planimetría y altimetría



Se efectuó la verificación y acondicionamiento del equipo topográfico, previo a su estacionamiento en el punto geodésico correspondiente



Se procedió con el estacionamiento de la estación total en el vértice de levantamiento, asegurando el correcto centrado geométrico sobre el punto de apoyo topográfico y verificando la nivelación del instrumento mediante el nivel esférico y tubular.



Se realizó el levantamiento topográfico considerando la orientación instrumental, estacionamiento en puntos de control y registro de lecturas angulares y distancias, asegurando la precisión posicional y altimétrica requerida para la representación cartográfica del área



Se efectuó el levantamiento topográfico empleando estación total, garantizando el registro preciso de ángulos horizontales, verticales y distancias electrónicas, con el fin de generar una base de datos georreferenciada confiable para el procesamiento planimétrico y altimétrico



Se efectuó el levantamiento topográfico mediante estación total, instalando el equipo en puntos de control previamente materializados. Durante el proceso se presentaron sectores de difícil acceso por la topografía accidentada y la densa vegetación



El levantamiento topográfico se ejecutó en un terreno con pendientes pronunciadas y accesibilidad limitada, aplicando apoyos intermedios para garantizar datos confiables.



Se realizó el levantamiento topográfico considerando la orientación instrumental, estacionamiento en puntos de control y registro de lecturas angulares y distancias, asegurando la precisión posicional y altimétrica requerida para la representación cartográfica del área



Se efectuó el levantamiento topográfico empleando estación total, garantizando el registro preciso de ángulos horizontales, verticales y distancias electrónicas, con el fin de generar una base de datos georreferenciada confiable para el procesamiento planimétrico y altimétrico



Se efectuó el levantamiento topográfico del área de estudio mediante el uso de estación total, registrando datos planimétricos y altimétricos con el fin de generar la representación detallada del terreno



Se llevó a cabo el levantamiento topográfico con estación total de precisión, orientada a la captura de información angular y lineal que permitió establecer la configuración espacial del terreno



Se efectuó la apertura de calicatas 01- 02 en los puntos previamente definidos, con la finalidad de realizar la caracterización estratigráfica del suelo mediante la observación directa de sus horizontes y la toma de muestras representativas para ensayos de laboratorio



Las muestras recolectadas en las calicatas fueron trasladadas al laboratorio para la ejecución de ensayos de clasificación y caracterización geotécnica, tales como contenido de humedad natural, límites de Atterberg, granulometría, peso unitario y densidad relativa.



Se realizó el ensayo de granulometría con el uso de una serie de tamices normalizados, aplicando vibración mecánica controlada para garantizar la separación adecuada de partículas. Posteriormente se determinó el porcentaje en peso de cada fracción retenida



Se realizó el ensayo de límites de Atterberg (límites líquido y plástico) con el fin de determinar la consistencia del suelo y clasificarlo de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y la normativa ASTM D4318



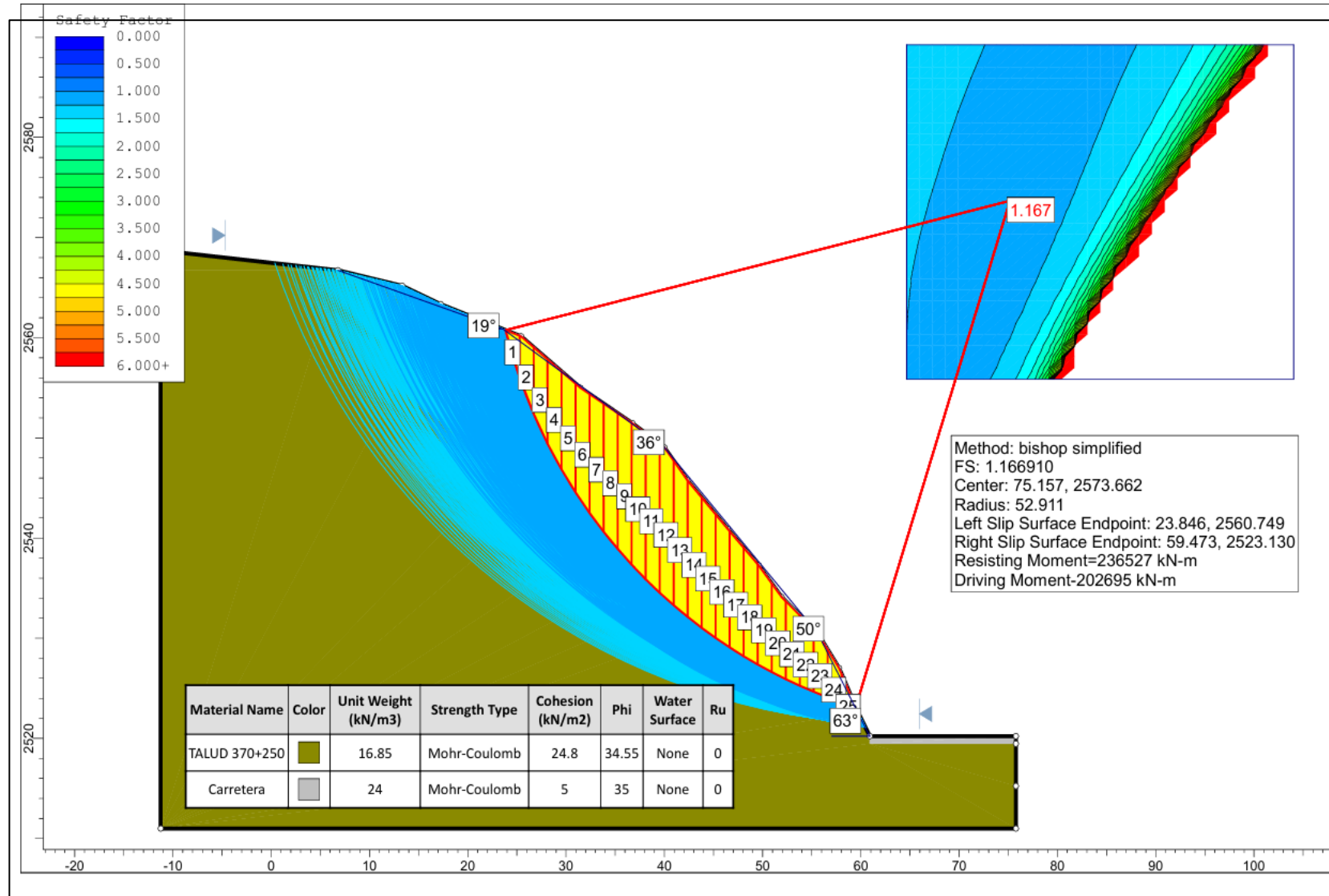
Se efectuó la determinación de los límites de Atterberg en laboratorio, obteniendo el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, parámetros fundamentales para evaluar el comportamiento del suelo en distintas condiciones de humedad.



Se efectuó el ensayo de contenido de humedad de las muestras de suelo, con el objetivo de cuantificar la proporción de agua presente respecto a la masa seca. Este parámetro resulta fundamental para la caracterización geotécnica.

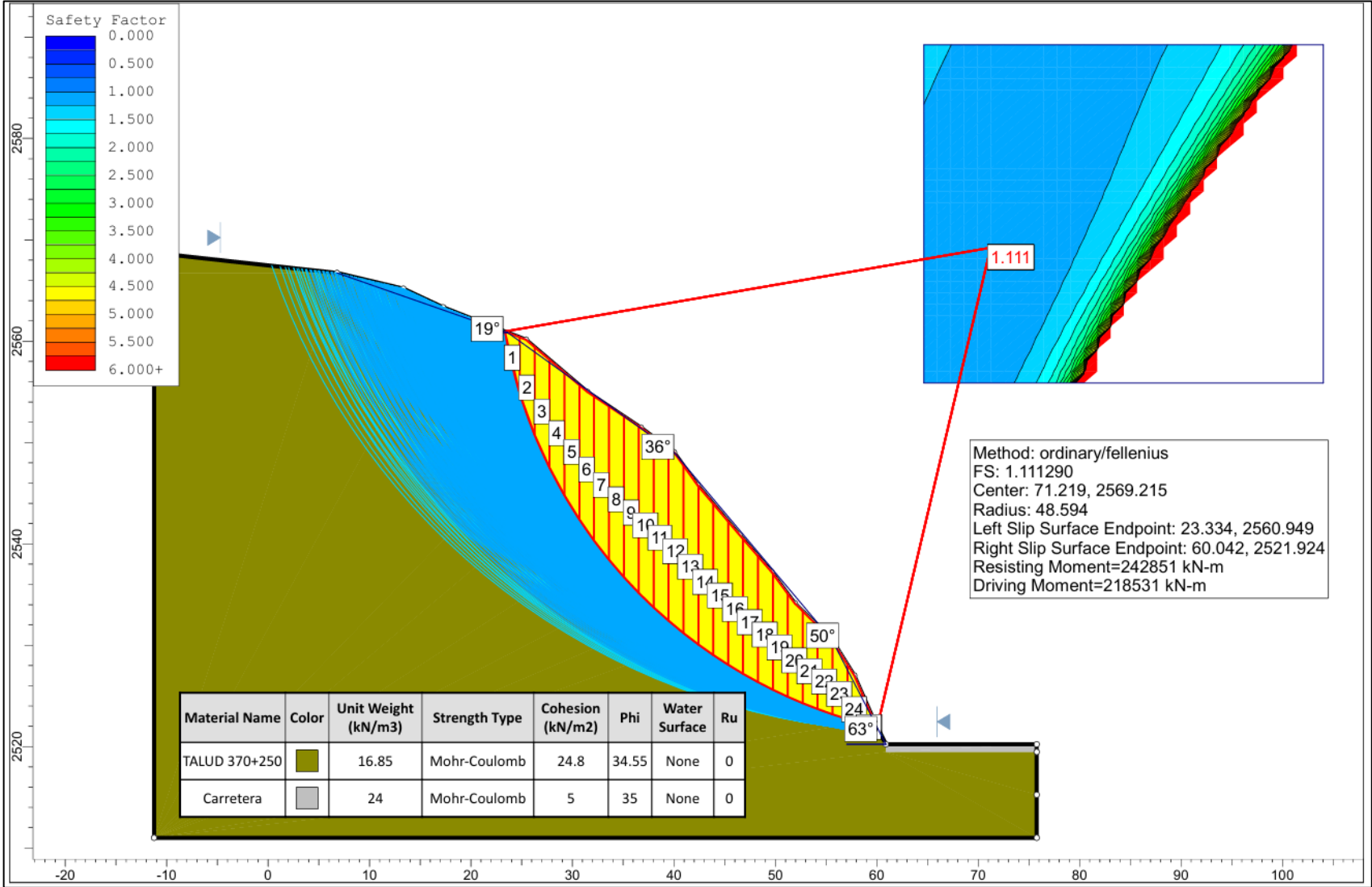
ANEXO 9

FS DEL TALUD km 250+200 EN EL PROGRAMA SLIDE



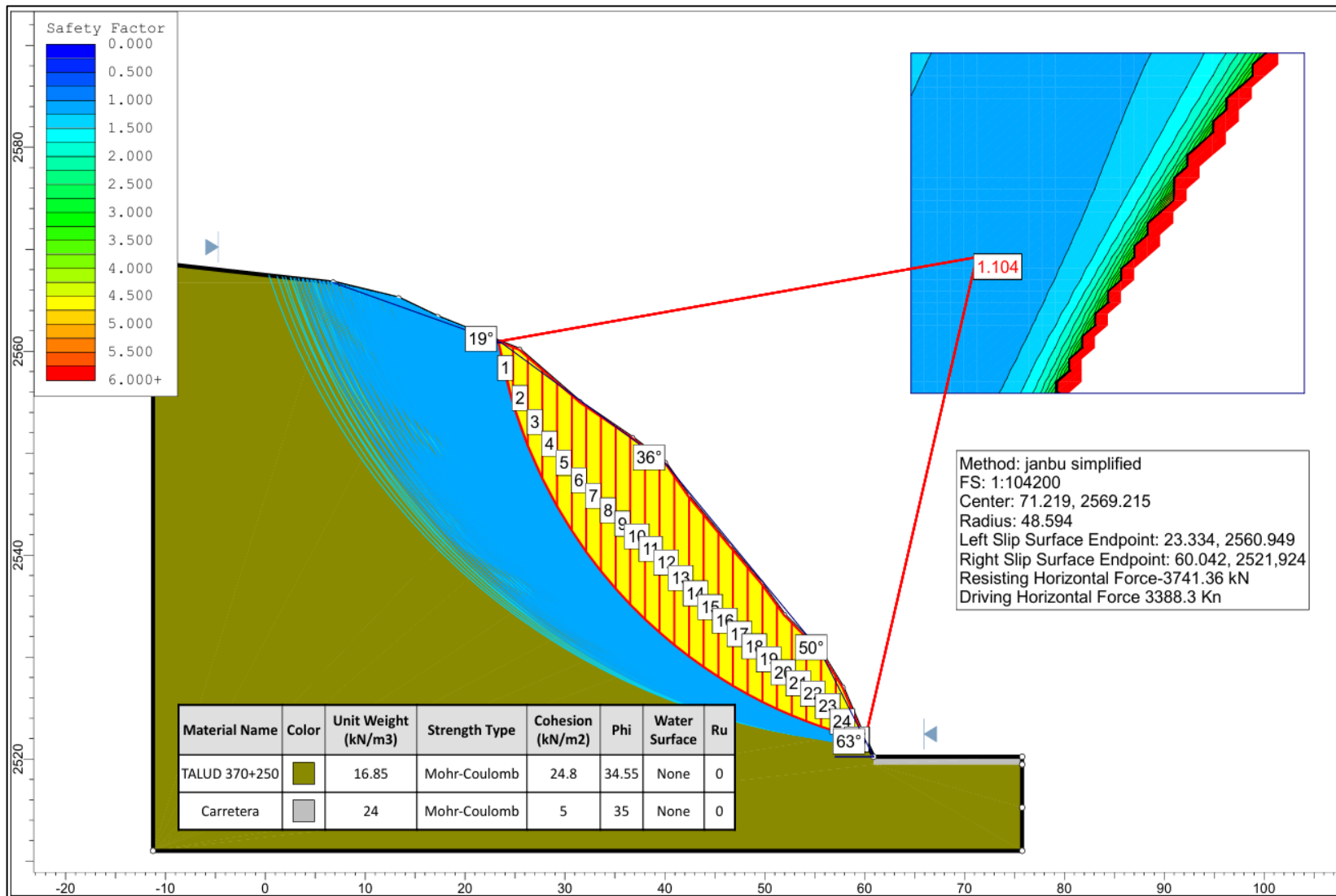
Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.16691

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.42507	50.0046	TALUD 370+250	24.8	34.55	14.22	16.5935	-11.9183	0	-11.9183
2	1.42507	130.219	TALUD 370+250	24.8	34.55	30.1937	35.2333	15.1522	0	15.1522
3	1.42507	180.406	TALUD 370+250	24.8	34.55	42.9012	50.0618	36.6875	0	36.6875
4	1.42507	218.282	TALUD 370+250	24.8	34.55	53.9671	62.9747	55.4407	0	55.4407
5	1.42507	247.697	TALUD 370+250	24.8	34.55	63.6438	74.2666	71.8401	0	71.8401
6	1.42507	272.083	TALUD 370+250	24.8	34.55	72.4068	84.4922	86.6905	0	86.6905
7	1.42507	295.864	TALUD 370+250	24.8	34.55	81.156	94.7018	101.518	0	101.518
8	1.42507	315.829	TALUD 370+250	24.8	34.55	89.1163	103.991	115.008	0	115.008
9	1.42507	332.258	TALUD 370+250	24.8	34.55	96.2769	112.346	127.143	0	127.143
10	1.42507	344.48	TALUD 370+250	24.8	34.55	102.398	119.489	137.517	0	137.517
11	1.42507	352.641	TALUD 370+250	24.8	34.55	107.444	125.377	146.067	0	146.067
12	1.42507	353.507	TALUD 370+250	24.8	34.55	110.465	128.903	151.187	0	151.187
13	1.42507	336.144	TALUD 370+250	24.8	34.55	108.28	126.353	147.484	0	147.484
14	1.42507	319.293	TALUD 370+250	24.8	34.55	105.918	123.597	143.482	0	143.482
15	1.42507	304.048	TALUD 370+250	24.8	34.55	103.737	121.051	139.785	0	139.785
16	1.42507	287.104	TALUD 370+250	24.8	34.55	100.803	117.628	134.813	0	134.813
17	1.42507	269.101	TALUD 370+250	24.8	34.55	97.2988	113.539	128.875	0	128.875
18	1.42507	249.933	TALUD 370+250	24.8	34.55	93.1891	108.743	121.91	0	121.91
19	1.42507	226.481	TALUD 370+250	24.8	34.55	87.4852	102.087	112.244	0	112.244
20	1.42507	198.238	TALUD 370+250	24.8	34.55	79.965	93.312	99.4993	0	99.4993
21	1.42507	177.87	TALUD 370+250	24.8	34.55	74.6871	87.1531	90.5552	0	90.5552
22	1.42507	159.494	TALUD 370+250	24.8	34.55	69.8385	81.4952	82.3382	0	82.3382
23	1.42507	134.49	TALUD 370+250	24.8	34.55	62.555	72.996	69.9948	0	69.9948
24	1.42507	92.9176	TALUD 370+250	24.8	34.55	49.3341	57.5684	47.5892	0	47.5892
25	1.42507	33.8218	TALUD 370+250	24.8	34.55	29.5797	34.5168	14.1117	0	14.1117



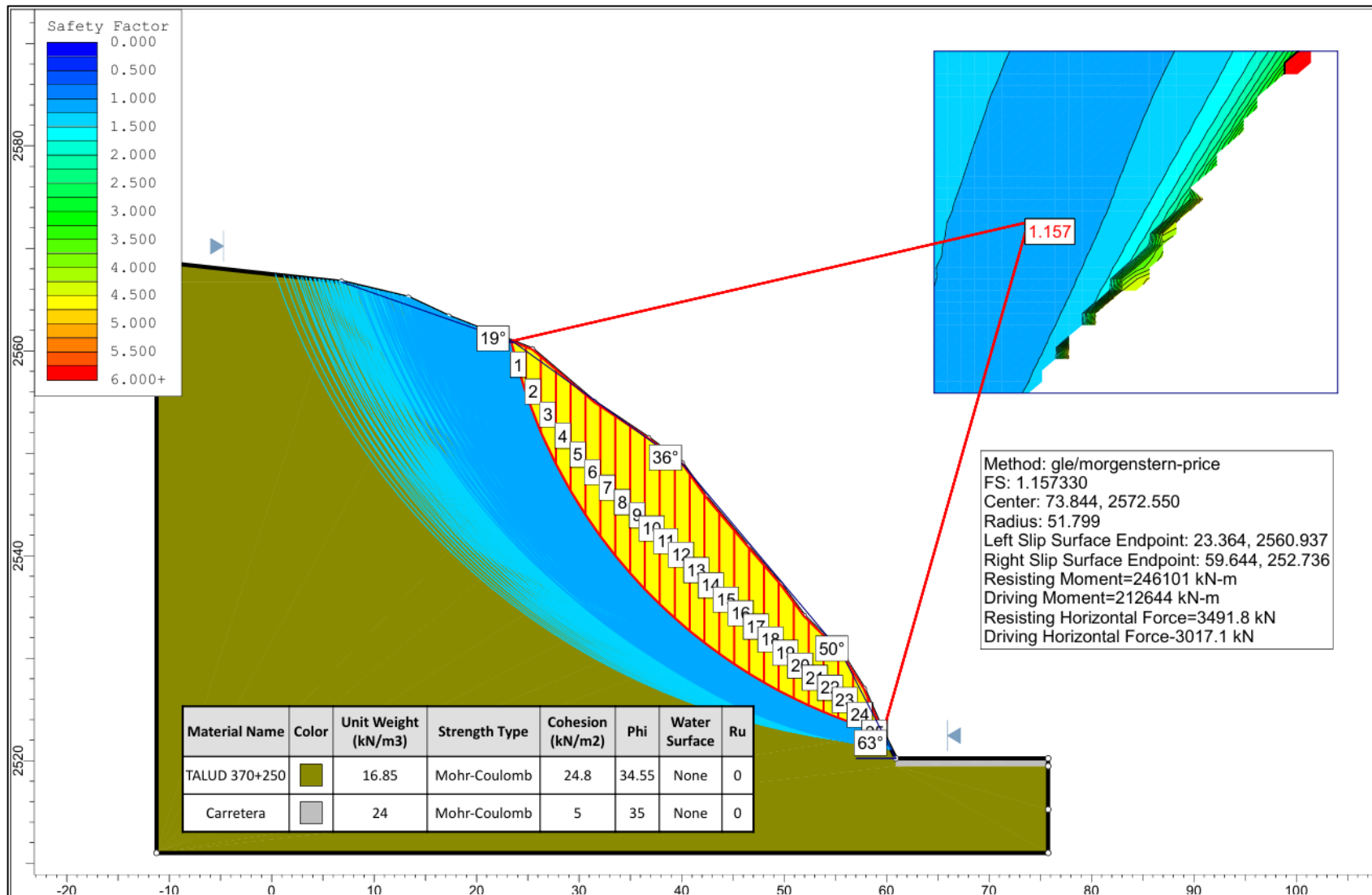
Global Minimum Query (ordinary/fellenius) - Safety Factor: 1.11129

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.46834	68.5531	TALUD 370+250	24.8	34.55	23.8937	26.5529	2.54566	0	2.54566
2	1.46834	177.691	TALUD 370+250	24.8	34.55	30.8976	34.3362	13.8494	0	13.8494
3	1.46834	238.756	TALUD 370+250	24.8	34.55	39.5451	43.9461	27.8057	0	27.8057
4	1.46834	281.522	TALUD 370+250	24.8	34.55	49.0932	54.5568	43.2156	0	43.2156
5	1.46834	313.578	TALUD 370+250	24.8	34.55	59.0812	65.6564	59.3356	0	59.3356
6	1.46834	338.654	TALUD 370+250	24.8	34.55	69.2448	76.9511	75.7387	0	75.7387
7	1.46834	362.678	TALUD 370+250	24.8	34.55	80.025	88.931	93.1368	0	93.1368
8	1.46834	382.822	TALUD 370+250	24.8	34.55	90.7966	100.901	110.521	0	110.521
9	1.46834	398.952	TALUD 370+250	24.8	34.55	101.257	112.526	127.403	0	127.403
10	1.46834	410.624	TALUD 370+250	24.8	34.55	111.045	123.403	143.2	0	143.2
11	1.46834	417.654	TALUD 370+250	24.8	34.55	119.847	133.185	157.406	0	157.406
12	1.46834	417.037	TALUD 370+250	24.8	34.55	126.653	140.748	168.391	0	168.391
13	1.46834	396.871	TALUD 370+250	24.8	34.55	127.915	142.151	170.428	0	170.428
14	1.46834	377.275	TALUD 370+250	24.8	34.55	128.406	142.696	171.219	0	171.219
15	1.46834	359.067	TALUD 370+250	24.8	34.55	128.438	142.732	171.271	0	171.271
16	1.46834	339.01	TALUD 370+250	24.8	34.55	127.113	141.259	169.133	0	169.133
17	1.46834	317.835	TALUD 370+250	24.8	34.55	124.638	138.509	165.138	0	165.138
18	1.46834	295.242	TALUD 370+250	24.8	34.55	120.917	134.374	159.134	0	159.134
19	1.46834	266.791	TALUD 370+250	24.8	34.55	114.421	127.155	148.649	0	148.649
20	1.46834	235.763	TALUD 370+250	24.8	34.55	106.183	118	135.353	0	135.353
21	1.46834	213.635	TALUD 370+250	24.8	34.55	100.388	111.56	126.002	0	126.002
22	1.46834	191.682	TALUD 370+250	24.8	34.55	94.081	104.551	115.822	0	115.822
23	1.46834	156.601	TALUD 370+250	24.8	34.55	82.2278	91.3789	96.6918	0	96.6918
24	1.46834	105.765	TALUD 370+250	24.8	34.55	63.563	70.6369	66.5686	0	66.5686
25	1.46834	34.9457	TALUD 370+250	24.8	34.55	36.1766	40.2027	22.3692	0	22.3692



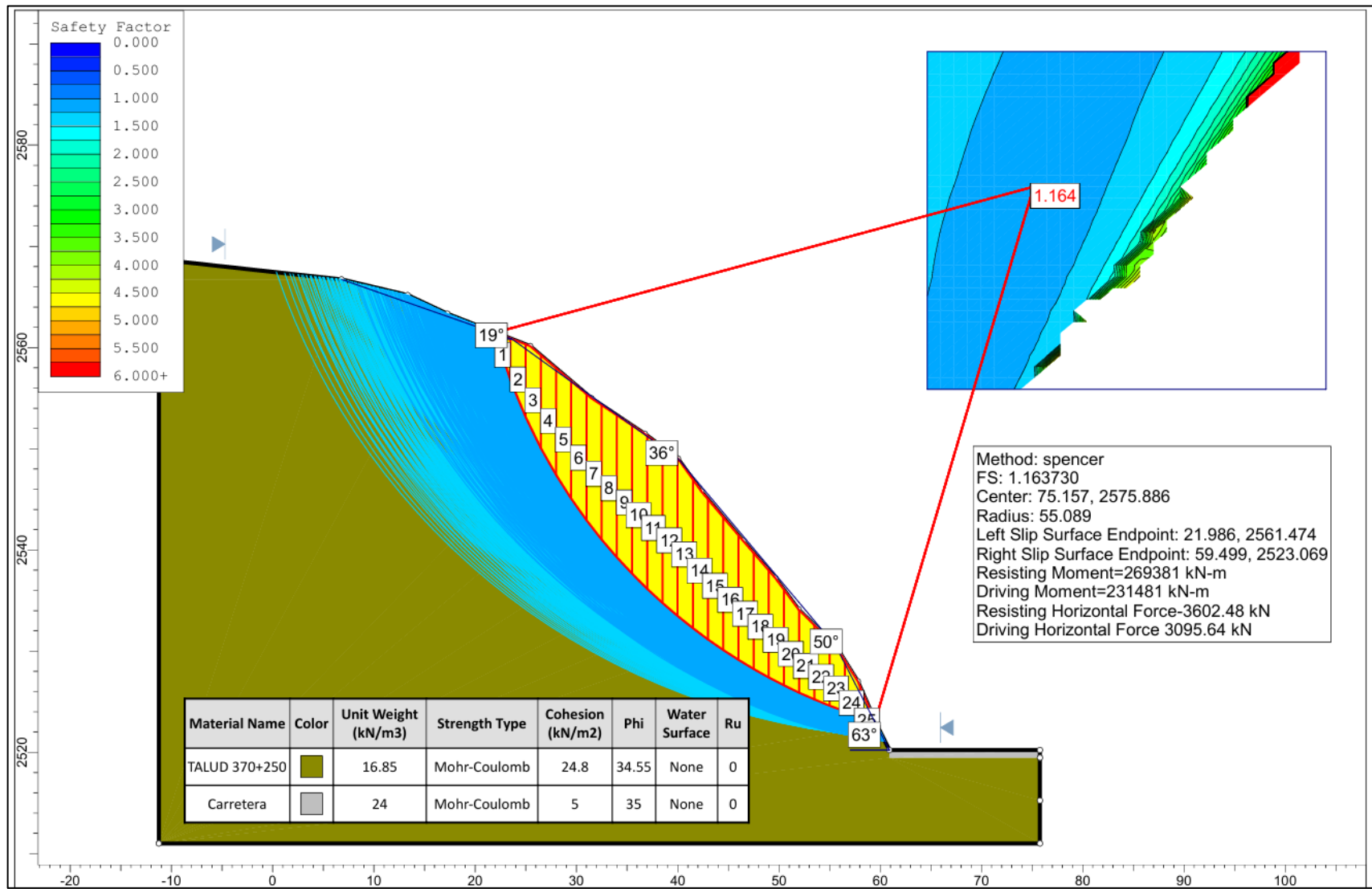
Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.1042

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.46834	68.5531	TALUD 370+250	24.8	34.55	14.3454	15.8401	-13.0123	0	-13.0123
2	1.46834	177.691	TALUD 370+250	24.8	34.55	35.8221	39.5548	21.4283	0	21.4283
3	1.46834	238.756	TALUD 370+250	24.8	34.55	52.2125	57.653	47.7122	0	47.7122
4	1.46834	281.522	TALUD 370+250	24.8	34.55	65.8929	72.7589	69.6504	0	69.6504
5	1.46834	313.578	TALUD 370+250	24.8	34.55	77.6326	85.7219	88.4766	0	88.4766
6	1.46834	338.654	TALUD 370+250	24.8	34.55	87.9221	97.0836	104.977	0	104.977
7	1.46834	362.678	TALUD 370+250	24.8	34.55	97.9923	108.203	121.126	0	121.126
8	1.46834	382.822	TALUD 370+250	24.8	34.55	107.176	118.344	135.853	0	135.853
9	1.46834	398.952	TALUD 370+250	24.8	34.55	115.371	127.393	148.994	0	148.994
10	1.46834	410.624	TALUD 370+250	24.8	34.55	122.391	135.144	160.252	0	160.252
11	1.46834	417.654	TALUD 370+250	24.8	34.55	128.109	141.458	169.422	0	169.422
12	1.46834	417.037	TALUD 370+250	24.8	34.55	131.607	145.32	175.03	0	175.03
13	1.46834	396.871	TALUD 370+250	24.8	34.55	129.317	142.792	171.359	0	171.359
14	1.46834	377.275	TALUD 370+250	24.8	34.55	126.78	139.99	167.29	0	167.29
15	1.46834	359.067	TALUD 370+250	24.8	34.55	124.29	137.241	163.297	0	163.297
16	1.46834	339.01	TALUD 370+250	24.8	34.55	120.907	133.505	157.871	0	157.871
17	1.46834	317.835	TALUD 370+250	24.8	34.55	116.847	129.022	151.36	0	151.36
18	1.46834	295.242	TALUD 370+250	24.8	34.55	112.01	123.682	143.605	0	143.605
19	1.46834	266.791	TALUD 370+250	24.8	34.55	104.93	115.864	132.251	0	132.251
20	1.46834	235.763	TALUD 370+250	24.8	34.55	96.603	106.669	118.898	0	118.898
21	1.46834	213.635	TALUD 370+250	24.8	34.55	90.9053	100.378	109.761	0	109.761
22	1.46834	191.682	TALUD 370+250	24.8	34.55	84.9832	93.8385	100.264	0	100.264
23	1.46834	156.601	TALUD 370+250	24.8	34.55	74.1378	81.863	82.8724	0	82.8724
24	1.46834	105.765	TALUD 370+250	24.8	34.55	57.1712	63.1284	55.6641	0	55.6641
25	1.46834	34.9457	TALUD 370+250	24.8	34.55	32.2229	35.5805	15.6564	0	15.6564



Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.15733

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.45122	55.4126	TALUD 370+250	24.8	34.55	15.3549	17.7707	-10.2086	0	-10.2086
2	1.45122	147.16	TALUD 370+250	24.8	34.55	32.532	37.6503	18.6624	0	18.6624
3	1.45122	202.191	TALUD 370+250	24.8	34.55	43.8833	50.7875	37.7415	0	37.7415
4	1.45122	242.113	TALUD 370+250	24.8	34.55	52.7805	61.0845	52.6956	0	52.6956
5	1.45122	272.772	TALUD 370+250	24.8	34.55	60.3894	69.8905	65.4847	0	65.4847
6	1.45122	297.128	TALUD 370+250	24.8	34.55	67.3067	77.8961	77.1109	0	77.1109
7	1.45122	320.812	TALUD 370+250	24.8	34.55	74.6022	86.3394	89.3733	0	89.3733
8	1.45122	341.118	TALUD 370+250	24.8	34.55	81.862	94.7413	101.575	0	101.575
9	1.45122	357.677	TALUD 370+250	24.8	34.55	89.0698	103.083	113.69	0	113.69
10	1.45122	370.2	TALUD 370+250	24.8	34.55	96.2096	111.346	125.69	0	125.69
11	1.45122	378.138	TALUD 370+250	24.8	34.55	103.167	119.398	137.384	0	137.384
12	1.45122	380.187	TALUD 370+250	24.8	34.55	109.557	126.794	148.125	0	148.125
13	1.45122	362.716	TALUD 370+250	24.8	34.55	111.77	129.355	151.844	0	151.844
14	1.45122	343.855	TALUD 370+250	24.8	34.55	113.648	131.528	155.001	0	155.001
15	1.45122	327.329	TALUD 370+250	24.8	34.55	115.893	134.126	158.773	0	158.773
16	1.45122	309.039	TALUD 370+250	24.8	34.55	117.096	135.519	160.797	0	160.797
17	1.45122	289.598	TALUD 370+250	24.8	34.55	117.034	135.447	160.692	0	160.692
18	1.45122	268.968	TALUD 370+250	24.8	34.55	115.332	133.477	157.831	0	157.831
19	1.45122	243.921	TALUD 370+250	24.8	34.55	110.652	128.061	149.966	0	149.966
20	1.45122	213.943	TALUD 370+250	24.8	34.55	102.569	118.706	136.379	0	136.379
21	1.45122	192.226	TALUD 370+250	24.8	34.55	95.5543	110.588	124.589	0	124.589
22	1.45122	172.347	TALUD 370+250	24.8	34.55	87.6987	101.496	111.385	0	111.385
23	1.45122	144.434	TALUD 370+250	24.8	34.55	75.8316	87.7622	91.4398	0	91.4398
24	1.45122	99.5259	TALUD 370+250	24.8	34.55	57.2456	66.2521	60.2006	0	60.2006
25	1.45122	35.5182	TALUD 370+250	24.8	34.55	31.9852	37.0174	17.7433	0	17.7433

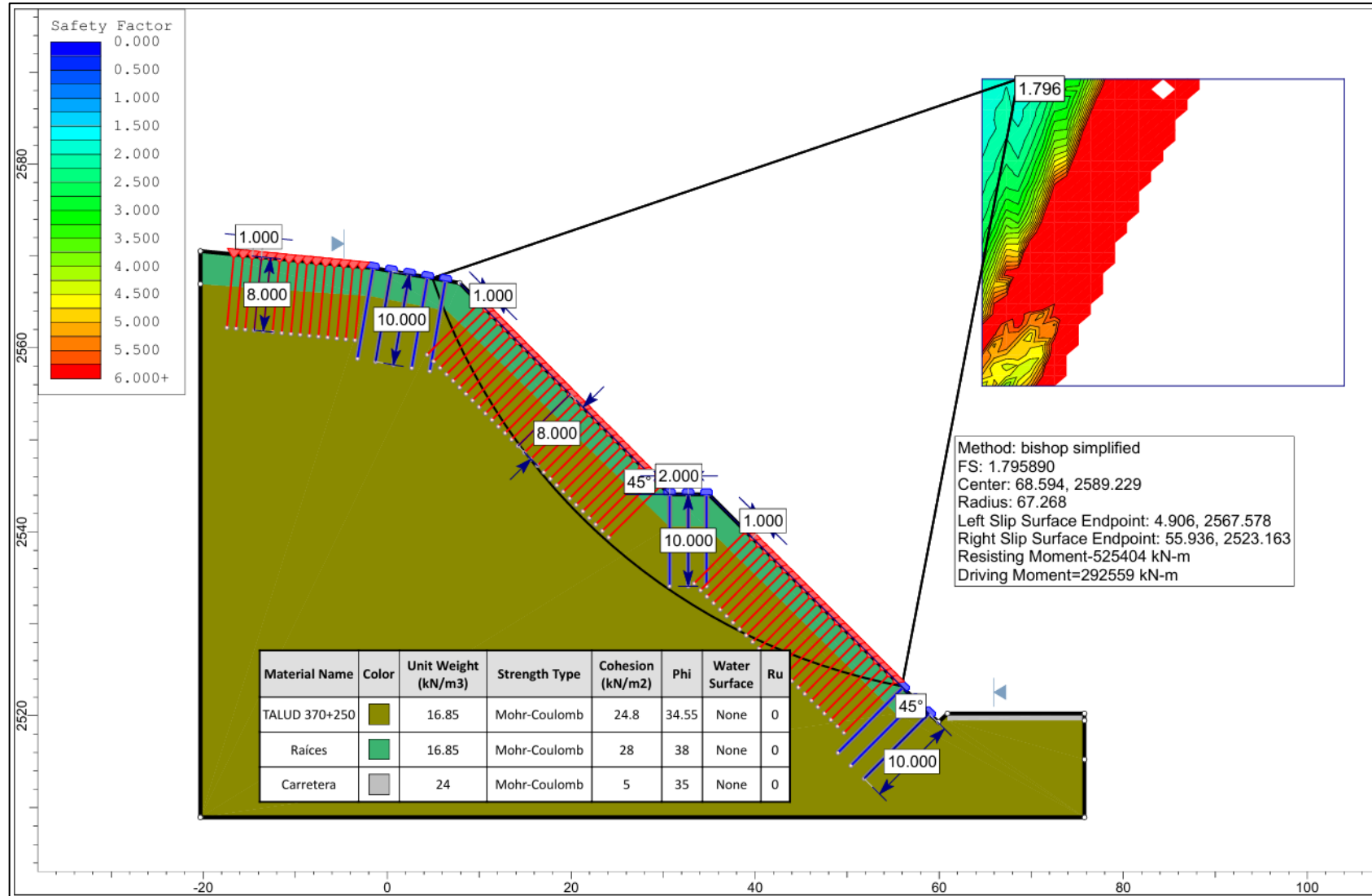


Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.16373

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.50051	51.9348	TALUD 370+250	24.8	34.55	16.9661	19.744	-7.34281	0	-7.34281
2	1.50051	142.618	TALUD 370+250	24.8	34.55	30.4663	35.4545	15.4735	0	15.4735
3	1.50051	208.079	TALUD 370+250	24.8	34.55	42.175	49.0803	35.2622	0	35.2622
4	1.50051	248.612	TALUD 370+250	24.8	34.55	51.3865	59.8	50.8301	0	50.8301
5	1.50051	279.553	TALUD 370+250	24.8	34.55	59.7433	69.5251	64.9539	0	64.9539
6	1.50051	303.733	TALUD 370+250	24.8	34.55	67.4797	78.5282	78.0289	0	78.0289
7	1.50051	324.122	TALUD 370+250	24.8	34.55	74.958	87.2309	90.6678	0	90.6678
8	1.50051	344.895	TALUD 370+250	24.8	34.55	82.8801	96.4501	104.057	0	104.057
9	1.50051	362.182	TALUD 370+250	24.8	34.55	90.5276	105.35	116.982	0	116.982
10	1.50051	376.112	TALUD 370+250	24.8	34.55	97.8455	113.866	129.349	0	129.349
11	1.50051	385.328	TALUD 370+250	24.8	34.55	104.454	121.556	140.518	0	140.518
12	1.50051	390.961	TALUD 370+250	24.8	34.55	110.483	128.572	150.708	0	150.708
13	1.50051	382.07	TALUD 370+250	24.8	34.55	113.19	131.723	155.283	0	155.283
14	1.50051	359.309	TALUD 370+250	24.8	34.55	112.263	130.644	153.716	0	153.716
15	1.50051	340.499	TALUD 370+250	24.8	34.55	111.943	130.272	153.177	0	153.177
16	1.50051	321.092	TALUD 370+250	24.8	34.55	111.112	129.304	151.771	0	151.771
17	1.50051	300.166	TALUD 370+250	24.8	34.55	109.475	127.399	149.003	0	149.003
18	1.50051	278.288	TALUD 370+250	24.8	34.55	107.139	124.681	145.057	0	145.057
19	1.50051	253.606	TALUD 370+250	24.8	34.55	103.476	120.418	138.866	0	138.866
20	1.50051	221.768	TALUD 370+250	24.8	34.55	96.9287	112.799	127.8	0	127.8
21	1.50051	195.673	TALUD 370+250	24.8	34.55	91.59	106.586	118.777	0	118.777
22	1.50051	174.76	TALUD 370+250	24.8	34.55	87.473	101.795	111.819	0	111.819
23	1.50051	148.346	TALUD 370+250	24.8	34.55	80.8105	94.0416	100.559	0	100.559
24	1.50051	102.876	TALUD 370+250	24.8	34.55	66.0677	76.885	75.6426	0	75.6426
25	1.50051	37.7619	TALUD 370+250	24.8	34.55	42.2125	49.124	35.3256	0	35.3256

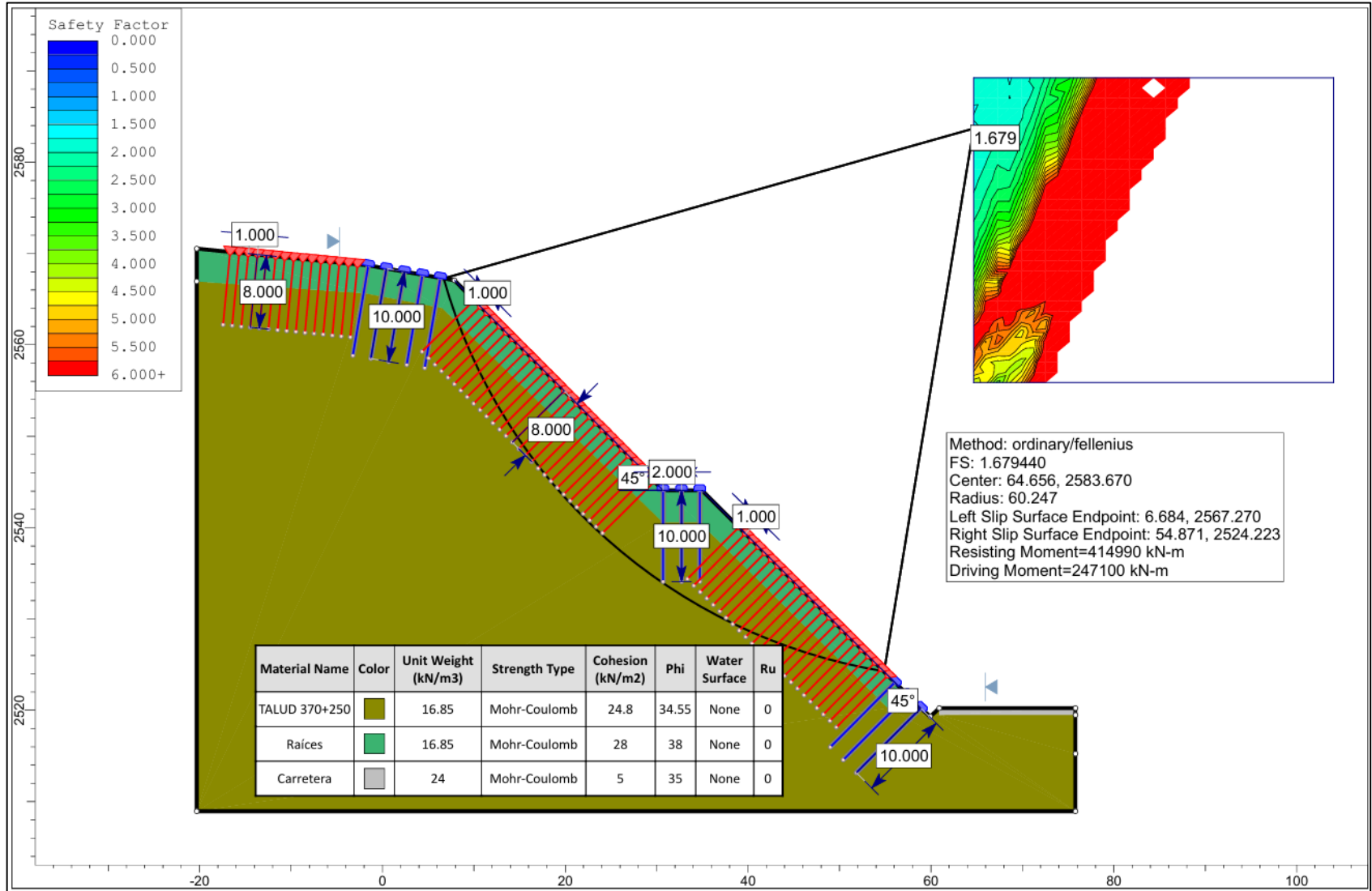
ANEXO 10

FS del Talud km 250+200 con Geosintéticos TRM y Estructuras Biomecánicas en el Programa Slide



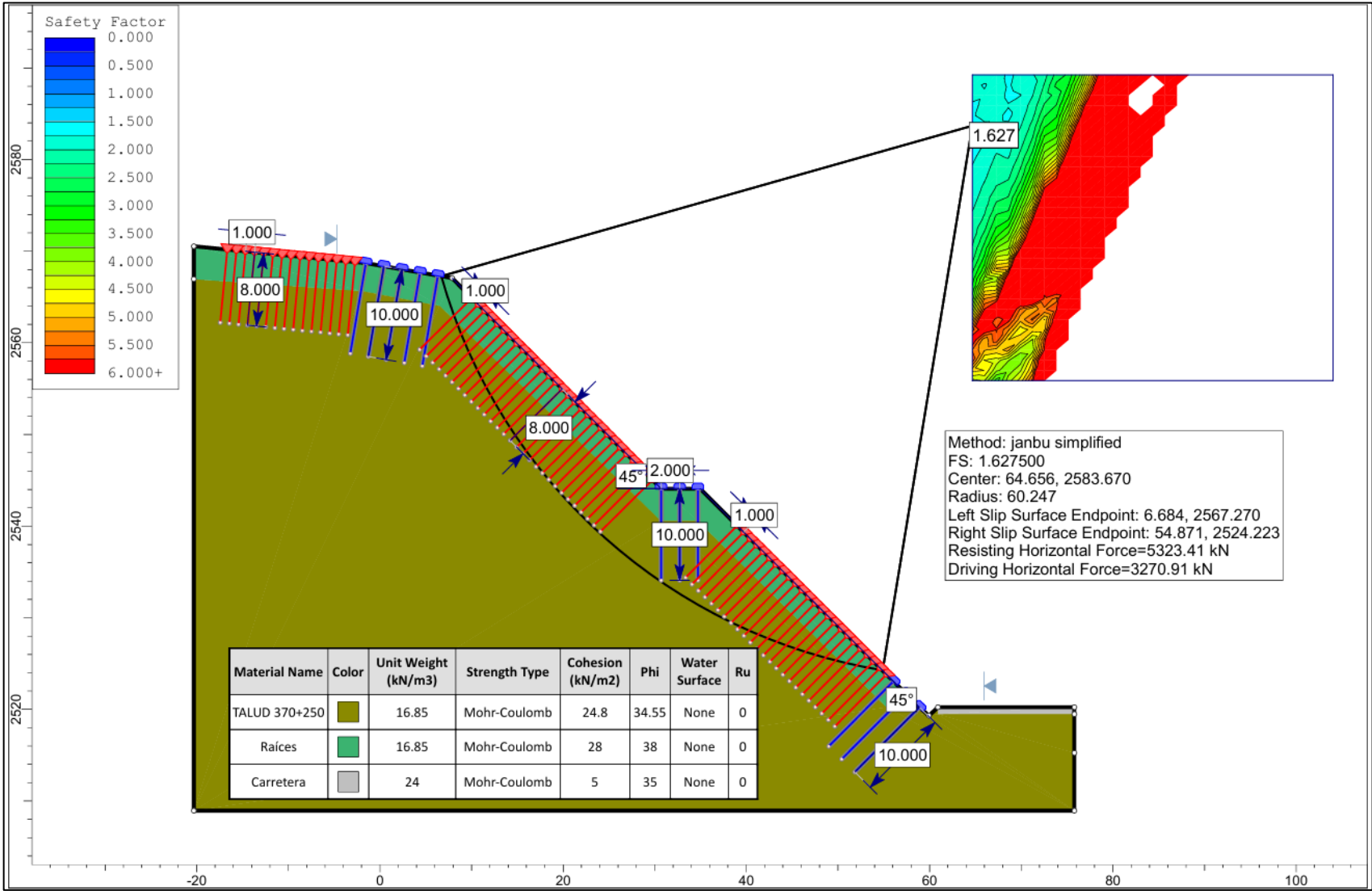
Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.79589

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.30849	36.3415	Raíces	28	38	19.7968	35.5529	9.66723	0	9.66723
2	2.04749	185.392	TALUD 370+250	24.8	34.55	38.9331	69.9195	65.5267	0	65.5267
3	2.04749	278.329	TALUD 370+250	24.8	34.55	56.8112	102.027	112.156	0	112.156
4	2.04749	330.759	TALUD 370+250	24.8	34.55	66.1943	118.878	136.628	0	136.628
5	2.04749	367.846	TALUD 370+250	24.8	34.55	73.7139	132.382	156.241	0	156.241
6	2.04749	393.157	TALUD 370+250	24.8	34.55	63.7791	114.54	130.329	0	130.329
7	2.04749	408.98	TALUD 370+250	24.8	34.55	62.4054	112.073	126.746	0	126.746
8	2.04749	416.888	TALUD 370+250	24.8	34.55	65.2014	117.095	134.039	0	134.039
9	2.04749	418.02	TALUD 370+250	24.8	34.55	66.9747	120.279	138.664	0	138.664
10	2.04749	413.234	TALUD 370+250	24.8	34.55	67.8079	121.775	140.837	0	140.837
11	2.04749	403.191	TALUD 370+250	24.8	34.55	67.7675	121.703	140.731	0	140.731
12	2.04749	388.415	TALUD 370+250	24.8	34.55	66.9076	120.159	138.489	0	138.489
13	2.04749	369.382	TALUD 370+250	24.8	34.55	65.2802	117.236	134.244	0	134.244
14	2.04749	384.513	TALUD 370+250	24.8	34.55	68.6241	123.241	142.966	0	142.966
15	2.04749	428.892	TALUD 370+250	24.8	34.55	76.4451	137.287	163.364	0	163.364
16	2.04749	436.581	TALUD 370+250	24.8	34.55	78.7676	141.458	169.421	0	169.421
17	2.04749	404.006	TALUD 370+250	24.8	34.55	74.788	134.311	159.042	0	159.042
18	2.04749	368.353	TALUD 370+250	24.8	34.55	90.3953	162.34	199.749	0	199.749
19	2.04749	329.796	TALUD 370+250	24.8	34.55	78.5538	141.074	168.864	0	168.864
20	2.04749	288.463	TALUD 370+250	24.8	34.55	72.8302	130.795	153.936	0	153.936
21	2.04749	244.466	TALUD 370+250	24.8	34.55	66.4859	119.401	137.389	0	137.389
22	2.04749	197.899	TALUD 370+250	24.8	34.55	52.4302	94.1589	100.729	0	100.729
23	2.04749	148.844	TALUD 370+250	24.8	34.55	51.9556	93.3065	99.4915	0	99.4915
24	2.33846	106.828	Raíces	28	38	46.2993	83.1485	70.5867	0	70.5867
25	2.33846	36.1859	Raíces	28	38	34.9504	62.7671	44.4997	0	44.4997



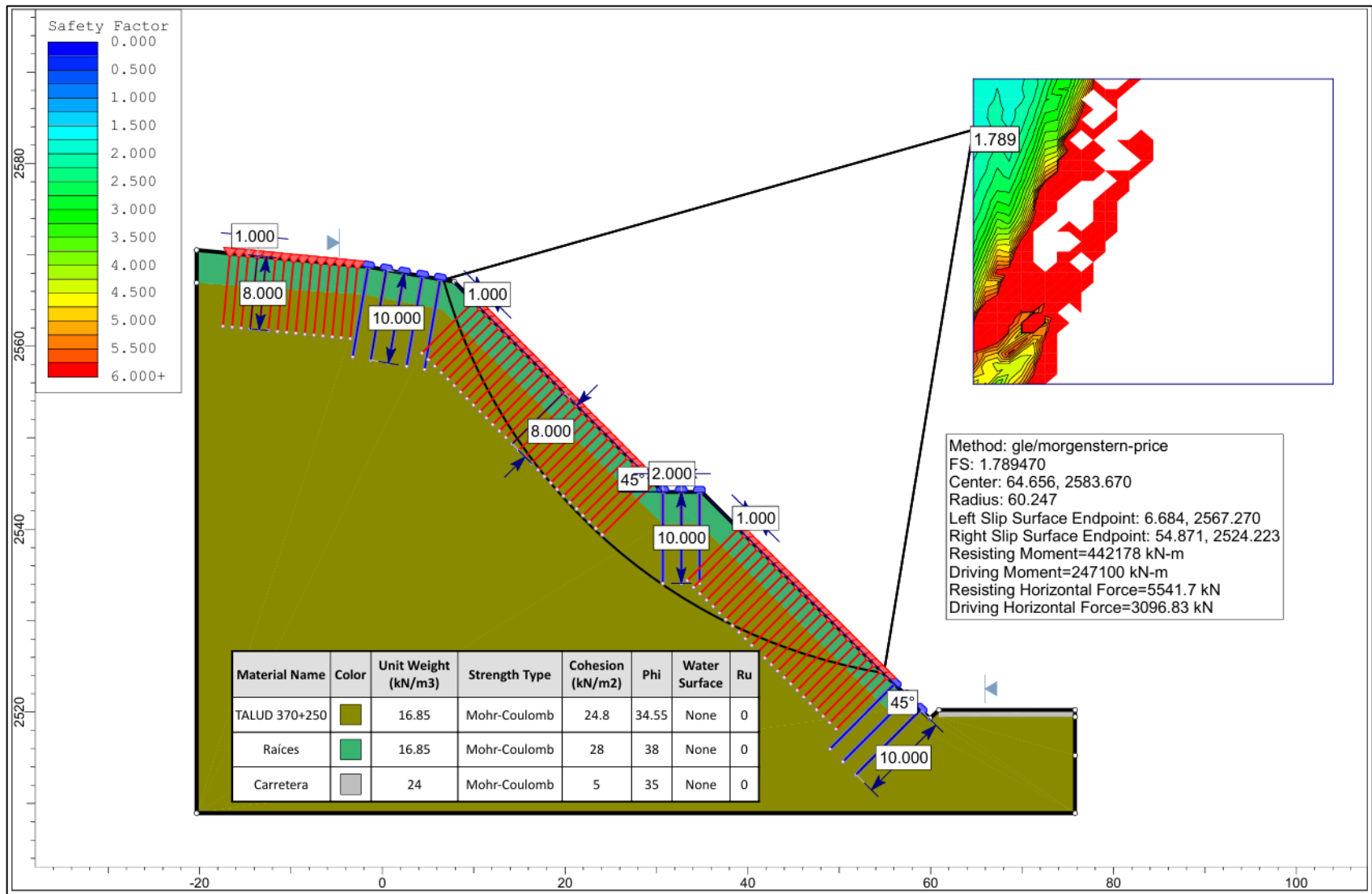
Global Minimum Query (ordinary/fellenius) - Safety Factor: 1.67944

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.67913	65.7781	Raíces	28	38	23.1561	38.8892	13.9375	0	13.9375
2	1.9075	180.722	TALUD 370+250	24.8	34.55	44.3769	74.5283	72.22	0	72.22
3	1.9075	249.618	TALUD 370+250	24.8	34.55	48.8668	82.0689	83.1712	0	83.1712
4	1.9075	297.59	TALUD 370+250	24.8	34.55	51.3654	86.2651	89.2655	0	89.2655
5	1.9075	331.114	TALUD 370+250	24.8	34.55	66.3959	111.508	125.925	0	125.925
6	1.9075	353.754	TALUD 370+250	24.8	34.55	66.5156	111.709	126.217	0	126.217
7	1.9075	367.731	TALUD 370+250	24.8	34.55	48.0987	80.7788	81.2976	0	81.2976
8	1.9075	374.545	TALUD 370+250	24.8	34.55	52.5158	88.1972	92.0714	0	92.0714
9	1.9075	375.263	TALUD 370+250	24.8	34.55	56.2324	94.439	101.136	0	101.136
10	1.9075	370.682	TALUD 370+250	24.8	34.55	59.1654	99.3648	108.29	0	108.29
11	1.9075	361.411	TALUD 370+250	24.8	34.55	61.2518	102.869	113.379	0	113.379
12	1.9075	347.929	TALUD 370+250	24.8	34.55	62.4451	104.873	116.289	0	116.289
13	1.9075	333.153	TALUD 370+250	24.8	34.55	63.0794	105.938	117.836	0	117.836
14	1.9075	358.333	TALUD 370+250	24.8	34.55	69.4364	116.614	133.341	0	133.341
15	1.9075	395.817	TALUD 370+250	24.8	34.55	77.973	130.951	154.162	0	154.162
16	1.9075	395.779	TALUD 370+250	24.8	34.55	80.6132	135.385	160.602	0	160.602
17	1.9075	366.484	TALUD 370+250	24.8	34.55	88.9904	149.454	181.034	0	181.034
18	1.9075	334.488	TALUD 370+250	24.8	34.55	96.4649	162.007	199.264	0	199.264
19	1.9075	299.922	TALUD 370+250	24.8	34.55	91.9426	154.412	188.234	0	188.234
20	1.9075	262.899	TALUD 370+250	24.8	34.55	86.408	145.117	174.735	0	174.735
21	1.9075	223.516	TALUD 370+250	24.8	34.55	79.8945	134.178	158.849	0	158.849
22	1.9075	181.855	TALUD 370+250	24.8	34.55	61.5559	103.379	114.12	0	114.12
23	1.9075	137.987	TALUD 370+250	24.8	34.55	64.0852	107.627	120.29	0	120.29
24	2.27137	104.029	Raíces	28	38	57.2447	96.1391	87.2142	0	87.2142
25	2.27137	35.2574	Raíces	28	38	43.5932	73.2121	57.8687	0	57.8687



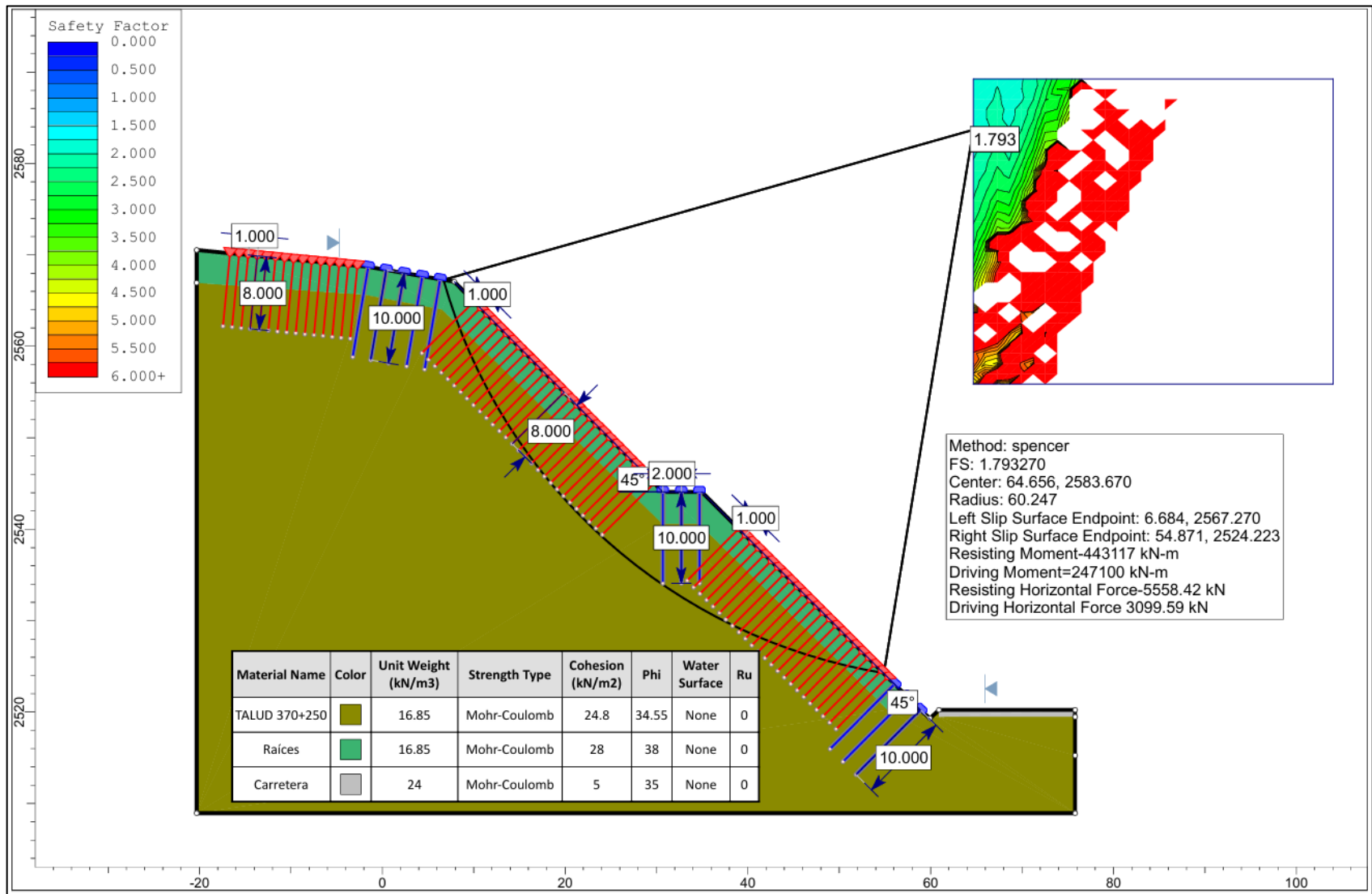
Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.6275

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.67913	65.7781	Raíces	28	38	19.6473	31.976	5.08898	0	5.08898
2	1.9075	180.722	TALUD 370+250	24.8	34.55	51.4228	83.6906	85.5263	0	85.5263
3	1.9075	249.618	TALUD 370+250	24.8	34.55	59.5987	96.9969	104.851	0	104.851
4	1.9075	297.59	TALUD 370+250	24.8	34.55	64.3749	104.77	116.14	0	116.14
5	1.9075	331.114	TALUD 370+250	24.8	34.55	78.1499	127.189	148.698	0	148.698
6	1.9075	353.754	TALUD 370+250	24.8	34.55	78.6581	128.016	149.9	0	149.9
7	1.9075	367.731	TALUD 370+250	24.8	34.55	64.737	105.36	116.996	0	116.996
8	1.9075	374.545	TALUD 370+250	24.8	34.55	67.7953	110.337	124.224	0	124.224
9	1.9075	375.263	TALUD 370+250	24.8	34.55	69.7783	113.564	128.911	0	128.911
10	1.9075	370.682	TALUD 370+250	24.8	34.55	70.7734	115.184	131.264	0	131.264
11	1.9075	361.411	TALUD 370+250	24.8	34.55	70.8501	115.309	131.445	0	131.445
12	1.9075	347.929	TALUD 370+250	24.8	34.55	70.0646	114.03	129.588	0	129.588
13	1.9075	333.153	TALUD 370+250	24.8	34.55	68.8967	112.129	126.828	0	126.828
14	1.9075	358.333	TALUD 370+250	24.8	34.55	74.5541	121.337	140.2	0	140.2
15	1.9075	395.817	TALUD 370+250	24.8	34.55	82.5032	134.274	158.989	0	158.989
16	1.9075	395.779	TALUD 370+250	24.8	34.55	83.8581	136.479	162.191	0	162.191
17	1.9075	366.484	TALUD 370+250	24.8	34.55	87.6104	142.586	171.059	0	171.059
18	1.9075	334.488	TALUD 370+250	24.8	34.55	90.9045	147.947	178.845	0	178.845
19	1.9075	299.922	TALUD 370+250	24.8	34.55	85.7143	139.5	166.577	0	166.577
20	1.9075	262.899	TALUD 370+250	24.8	34.55	79.8476	129.952	152.711	0	152.711
21	1.9075	223.516	TALUD 370+250	24.8	34.55	73.3121	119.315	137.264	0	137.264
22	1.9075	181.855	TALUD 370+250	24.8	34.55	57.7346	93.9631	100.445	0	100.445
23	1.9075	137.987	TALUD 370+250	24.8	34.55	58.2454	94.7944	101.652	0	101.652
24	2.27137	104.029	Raíces	28	38	51.6059	83.9886	71.6622	0	71.6622
25	2.27137	35.2574	Raíces	28	38	39.1649	63.7409	45.7461	0	45.7461



Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.78947

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.67913	65.7781	Raíces	28	38	19.2151	34.3848	8.17215	0	8.17215
2	1.9075	180.722	TALUD 370+250	24.8	34.55	47.5543	85.097	87.5689	0	87.5689
3	1.9075	249.618	TALUD 370+250	24.8	34.55	52.5808	94.0917	100.632	0	100.632
4	1.9075	297.59	TALUD 370+250	24.8	34.55	54.2882	97.1471	105.069	0	105.069
5	1.9075	331.114	TALUD 370+250	24.8	34.55	65.8711	117.874	135.171	0	135.171
6	1.9075	353.754	TALUD 370+250	24.8	34.55	64.532	115.478	131.691	0	131.691
7	1.9075	367.731	TALUD 370+250	24.8	34.55	47.0382	84.1735	86.2278	0	86.2278
8	1.9075	374.545	TALUD 370+250	24.8	34.55	49.0466	87.7675	91.4472	0	91.4472
9	1.9075	375.263	TALUD 370+250	24.8	34.55	50.9692	91.2079	96.4438	0	96.4438
10	1.9075	370.682	TALUD 370+250	24.8	34.55	52.8404	94.5564	101.307	0	101.307
11	1.9075	361.411	TALUD 370+250	24.8	34.55	54.6307	97.76	105.959	0	105.959
12	1.9075	347.929	TALUD 370+250	24.8	34.55	56.2716	100.696	110.224	0	110.224
13	1.9075	333.153	TALUD 370+250	24.8	34.55	58.0075	103.803	114.735	0	114.735
14	1.9075	358.333	TALUD 370+250	24.8	34.55	65.4433	117.109	134.06	0	134.06
15	1.9075	395.817	TALUD 370+250	24.8	34.55	75.3089	134.763	159.699	0	159.699
16	1.9075	395.779	TALUD 370+250	24.8	34.55	80.2489	143.603	172.536	0	172.536
17	1.9075	366.484	TALUD 370+250	24.8	34.55	92.3324	165.226	203.94	0	203.94
18	1.9075	334.488	TALUD 370+250	24.8	34.55	103.271	184.801	232.368	0	232.368
19	1.9075	299.922	TALUD 370+250	24.8	34.55	100.412	179.684	224.937	0	224.937
20	1.9075	262.899	TALUD 370+250	24.8	34.55	95.4512	170.807	212.045	0	212.045
21	1.9075	223.516	TALUD 370+250	24.8	34.55	88.2574	157.934	193.349	0	193.349
22	1.9075	181.855	TALUD 370+250	24.8	34.55	68.228	122.092	141.296	0	141.296
23	1.9075	137.987	TALUD 370+250	24.8	34.55	68.3889	122.38	141.715	0	141.715
24	2.27137	104.029	Raíces	28	38	57.8415	103.506	96.6429	0	96.6429
25	2.27137	35.2574	Raíces	28	38	39.2569	70.249	54.0764	0	54.0764



Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.79327

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.67913	65.7781	Raíces	28	38	21.7149	38.9406	14.0033	0	14.0033
2	1.9075	180.722	TALUD 370+250	24.8	34.55	44.4079	79.6354	79.637	0	79.637
3	1.9075	249.618	TALUD 370+250	24.8	34.55	49.6583	89.0507	93.3108	0	93.3108
4	1.9075	297.59	TALUD 370+250	24.8	34.55	52.5984	94.3231	100.968	0	100.968
5	1.9075	331.114	TALUD 370+250	24.8	34.55	66.2349	118.777	136.482	0	136.482
6	1.9075	353.754	TALUD 370+250	24.8	34.55	66.153	118.63	136.269	0	136.269
7	1.9075	367.731	TALUD 370+250	24.8	34.55	49.6657	89.064	93.3301	0	93.3301
8	1.9075	374.545	TALUD 370+250	24.8	34.55	53.0023	95.0475	102.02	0	102.02
9	1.9075	375.263	TALUD 370+250	24.8	34.55	55.5987	99.7035	108.782	0	108.782
10	1.9075	370.682	TALUD 370+250	24.8	34.55	57.4754	103.069	113.669	0	113.669
11	1.9075	361.411	TALUD 370+250	24.8	34.55	58.6472	105.17	116.721	0	116.721
12	1.9075	347.929	TALUD 370+250	24.8	34.55	59.1232	106.024	117.961	0	117.961
13	1.9075	333.153	TALUD 370+250	24.8	34.55	59.2519	106.255	118.296	0	118.296
14	1.9075	358.333	TALUD 370+250	24.8	34.55	64.8915	116.368	132.983	0	132.983
15	1.9075	395.817	TALUD 370+250	24.8	34.55	72.6433	130.269	153.172	0	153.172
16	1.9075	395.779	TALUD 370+250	24.8	34.55	75.0891	134.655	159.542	0	159.542
17	1.9075	366.484	TALUD 370+250	24.8	34.55	84.2093	151.01	183.294	0	183.294
18	1.9075	334.488	TALUD 370+250	24.8	34.55	93.4271	167.54	207.3	0	207.3
19	1.9075	299.922	TALUD 370+250	24.8	34.55	90.611	162.49	199.966	0	199.966
20	1.9075	262.899	TALUD 370+250	24.8	34.55	87.0231	156.056	190.623	0	190.623
21	1.9075	223.516	TALUD 370+250	24.8	34.55	82.6278	148.174	179.176	0	179.176
22	1.9075	181.855	TALUD 370+250	24.8	34.55	63.8681	114.533	130.318	0	130.318
23	1.9075	137.987	TALUD 370+250	24.8	34.55	71.2297	127.734	149.49	0	149.49
24	2.27137	104.029	Raíces	28	38	68.0822	122.09	120.429	0	120.429
25	2.27137	35.2574	Raíces	28	38	56.5478	101.405	93.9549	0	93.9549