

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“Propuesta de diseño de talud para mitigar el riesgo de
deslizamientos de tierra en el tramo II de la carretera Huánuco –
La Unión - 2025”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Leandro Vara, Miguel Angel

ASESORA: Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda

HUÁNUCO – PERÚ

2026

U

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANUCO
<http://www.udh.edu.pe>

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 Civil

Disciplina: Geotécnica

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): 76621510

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	Rodríguez Ponce, Charly Fernando	Título oficial de máster universitario en ingeniería estructural y de la construcción (grado de maestro)	71944966	0000-0001-6984-8681
2	Aguilar Alcántara, Leonel Marlo	Maestro en ingeniería civil con mención en dirección de empresas de la construcción	43415813	0000-0002-0877-5922
3	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 17:00 horas del día **viernes 26 de junio 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. CHARLY FERNANDO RODRIGUEZ PONCE	PRESIDENTE
❖ MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA	SECRETARIO
❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN Nº 1104-2026-D-FI-UDH para evaluar la Tesis intitulada: "PROPUESTA DE DISEÑO DE TALUD PARA MITIGAR EL RIESGO DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN EL TRAMO II DE LA CARRETERA HUÁNUCO – LA UNIÓN - 2025", presentado por el (la) Bachiller. Bach: Miguel Angel LEANDRO VARA, 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 *12* y cualitativo de *Suficiente* (Art. 47).

Siendo las *18:05* horas del día 26 del mes de junio del año 2026, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


MG. CHARLY FERNANDO RODRIGUEZ PONCE

DNI: 71944966

ORCID: 0000-0001-6984-8681

PRESIDENTE


MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA

DNI: 43415813

ORCID: 0000-0002-0877-5922

SECRETARIO (A)


MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA

DNI: 70502371

ORCID: 0000-0002-5650-3745

VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: MIGUEL ANGEL LEANDRO VARA, de la investigación titulada "PROPUESTA DE DISEÑO DE TALUD PARA MITIGAR EL RIESGO DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN EL TRAMO II DE LA CARRETERA HUÁNUCO - LA UNIÓN - 2025", con asesor(a) INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2567-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 5 % 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, 26 de agosto de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



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

162. LEANDRO VARA, MIGUEL ANGEL.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

1%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

3

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

4

dspace.ueb.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

5

repositorioacademico.upc.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

6

oldri.ues.edu.sv

Fuente de Internet

<1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA

D.N.I.: 71345687

cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

La presente tesis, está dedicado a mis padres; Sr. LEANDRO LUCAS, Pablo y Sra. VARA APOLINARIO, Mónica, que durante el proceso siempre estuvieron a mi lado dándome motivación, fuerza y dedicación para salir adelante siempre estaré agradecidos por el sacrificio que hicieron y seguirán siendo el motivo para seguir adelante.

Asimismo, a mi tío (LEANDRO LUCAS, Cris Javier) que nunca perdió la fe en mi crecimiento personal y por su valores y principios inculcados con el fin de ser útil en la sociedad.

Finalmente, Dedicó también a mi querido hermano (LEANDRO VARA, Franz Yuder) por su sabios consejos y motivación necesaria para que nunca desfallezca en el proceso.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a dios por darme la vida y por guiar mis pasos y darme sabiduría para poder enfrentar cualquier dificultad en el proceso de mi formación. Darle las gracias por colocar en mi camino a unos seres maravillosos que me apoyaron a lo largo de mi carrera profesional.

A mi supervisor de Tesis, Ing. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA Por todo el conocimiento que me transmitió en la elaboración de la investigación y por las horas dedicada a la revisión y corrección del trabajo de investigación.

Mi gratitud se extiende a la UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO, mi alma mater, por su excelencia académica y a todos los docentes que pertenecen a la Escuela Académica Profesional de Ingeniero Civil.

A los miembros del jurado, por tomarse su tiempo a la hora de revisar mi trabajo de investigación.

Asimismo, desde lo más profundo a mi familia, por brindarme fortaleza y contención durante el proceso de mi carrera, sin ellos no hubiera podido culminar mi trabajo de investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN	XI
CAPÍTULO I.....	12
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	12
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2.1 PROBLEMA GENERAL	14
1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO	14
1.3 OBJETIVO.....	14
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	14
1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	14
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.4.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	14
1.4.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	15
1.4.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	16
1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.6 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	17
CAPÍTULO II.....	18
MARCO TEÓRICO	18
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	18
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	18
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES.....	19
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES	21
2.2 BASES TEÓRICAS	23
2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	41
2.4 HIPÓTESIS	42

2.5 VARIABLES	42
2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE	42
2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE	42
2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)	43
CAPÍTULO III	44
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	44
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	44
3.1.1 ENFOQUE	44
3.1.2 ALCANCE O NIVEL	44
3.1.3 DISEÑO	44
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	45
3.2.1 POBLACIÓN	45
3.2.2 MUESTRA	45
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	45
3.3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	45
3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	46
3.3.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS ...	46
CAPÍTULO IV	47
RESULTADOS	47
4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS	47
4.1.1 ANÁLISIS GEOTÉCNICO	48
4.1.2 FACTORES DE RIESGO A DESLIZAMIENTO	52
4.1.3 ANÁLISIS DE TALUDES	58
4.1.4 PROPUESTA DE DISEÑO DE TALUD	66
4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	67
CAPÍTULO V	70
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	70
CONCLUSIONES	72
RECOMENDACIONES	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
ANEXOS	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	43
Tabla 2 Ubicación coordinada de estaciones y área de estudio	52
Tabla 3 Registro de precipitaciones Estación San Rafael	53
Tabla 4 Valores de precipitación para el centroide del AE.....	54
Tabla 5 Umbrales de precipitación.....	56
Tabla 6 Matriz de Consistencia.....	81
Tabla 7 Registro de precipitaciones Estación Canchan.....	99
Tabla 8 Registro de precipitaciones completo Estación Canchán	100
Tabla 9 Registro de precipitaciones Estación Huánuco	101
Tabla 10 Registro de precipitaciones completo Estación Huánuco	102
Tabla 11 Registro de precipitaciones Estación Oyón.....	103
Tabla 12 Registro de precipitaciones completo Estación Oyón	104
Tabla 13 Registro de precipitaciones Estación San Rafael	105
Tabla 14 Registro de precipitaciones completo Estación San Rafael	106
Tabla 15 Registro de precipitaciones Estación Tingo María	107
Tabla 16 Registro de precipitaciones completo Estación Tingo María.....	108
Tabla 17 Registro de precipitaciones Estación Tulumayo	109
Tabla 18 Registro de precipitaciones completo Estación Tulumayo	110
Tabla 19 Parámetros Outlier analizados	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Partes de un deslizamiento.....	23
Figura 2 Deslizamiento translacional	24
Figura 3 Deslizamiento rotacional.....	25
Figura 4 Estabilidad de taludes en suelos	28
Figura 5 Sondaje SPT.....	33
Figura 6 Sondaje CPT	34
Figura 7 Muros Anclados	37
Figura 8 Técnicas de bioingeniería para estabilización de taludes	39
Figura 9 Estudio de riesgo y vulnerabilidad	40
Figura 10 Localización de área de interés	47
Figura 11 Plano de calicatas.....	48
Figura 12 Reporte granulométrico de C-1.....	49
Figura 13 Perfil estratigráfico	50
Figura 14 Análisis de corte directo.....	51
Figura 15 Análisis de sales y sulfatos de la muestra	51
Figura 16 Estaciones meteorológicas	52
Figura 17 Análisis Outlier para datos de precipitación	55
Figura 18 Análisis de nivel de precipitaciones	56
Figura 19 Modelo topográfico	57
Figura 20 Modelo de pendientes.....	57
Figura 21 Secciones de interés para el diseño de talud	58
Figura 22 Condiciones de diseño de suelo GEO 5	58
Figura 23 Análisis de figura en progresiva 340+340	59
Figura 24 Análisis de figura en progresiva 340+360	60
Figura 25 Análisis de figura en progresiva 340+380	60
Figura 26 Análisis de figura en progresiva 340+400	61
Figura 27 Análisis de figura en progresiva 340+420	61
Figura 28 Análisis de figura en progresiva 340+440	62
Figura 29 Mejora de talud de progresiva 340+340	63
Figura 30 Mejora de talud de progresiva 340+360	63
Figura 31 Mejora de talud de progresiva 340+380	64
Figura 32 Mejora de talud de progresiva 340+400	64

Figura 33 Mejora de talud de progresiva 340+420	65
Figura 34 Mejora de talud de progresiva 340+440	65
Figura 35 Secciones de diseño	66
Figura 36 Secciones de interés para el diseño de talud	67
Figura 37 Análisis de figura en progresiva 340+340	67
Figura 38 Mejora de talud de progresiva 340+340	68
Figura 39 Secciones de diseño	68
Figura 40 Ubicación de área de investigación	84
Figura 41 Reporte de ensayo granulométrico	86
Figura 42 Perfil de vía	113
Figura 43 Secciones completas de vía	114

RESUMEN

Este trabajo de investigación tiene como objetivo proponer un diseño de talud que permita mitigar el riesgo de deslizamientos de tierra en el Tramo II de la carretera Huánuco – La Unión, específicamente en el kilómetro 340, zona de Tingo Chico. En esta zona, los deslizamientos son frecuentes debido a factores geológicos, climáticos y antrópicos, como lluvias intensas, suelos inestables y la ausencia de infraestructura adecuada. Ante esta problemática, se realizó un análisis geotécnico integral utilizando herramientas como el software GEO5 y QGIS, a fin de evaluar la estabilidad de los taludes existentes y diseñar medidas de estabilización técnica y sostenible.

El estudio aplicó un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental y transversal, recopilando información mediante observaciones de campo, ensayos de suelos, fichas técnicas y entrevistas a expertos. Los resultados obtenidos del análisis de suelos y modelamientos numéricos revelaron factores de seguridad menores a 1.00, clasificando los taludes como inestables. Se propuso un rediseño de las pendientes con inclinaciones 1.20:1.00 y banquetas de 6.00 m, logrando factores de seguridad superiores a 1.50, que demuestran una mejora significativa en la estabilidad del terreno.

La propuesta final busca garantizar la seguridad de los usuarios y la sostenibilidad de la vía, incorporando criterios técnicos, geotécnicos y ambientales. El estudio concluye que un adecuado diseño de talud es efectivo para mitigar los riesgos de deslizamientos, respaldando así la hipótesis planteada. Esta investigación también resalta la importancia de la planificación preventiva y el monitoreo continuo para la gestión del riesgo geológico en infraestructura vial.

Palabras claves: Talud, Estabilidad, Deslizamientos, Diseño, Geotecnia.

ABSTRACT

This research aims to propose a slope design that mitigates the risk of landslides in Section II of the Huánuco – La Unión road, specifically at kilometer 340, in the Tingo Chico area. In this zone, landslides are frequent due to geological, climatic, and anthropogenic factors such as heavy rainfall, unstable soils, and the absence of adequate infrastructure. In response to this issue, a comprehensive geotechnical analysis was carried out using tools such as GEO5 and QGIS software, in order to evaluate the stability of existing slopes and design technically sound and sustainable stabilization measures.

The study applied a quantitative approach with a non-experimental, cross-sectional design, gathering information through field observations, soil tests, technical datasheets, and expert interviews. The results from soil analysis and numerical modeling revealed safety factors lower than 1.00, classifying the slopes as unstable. A redesign was proposed with slopes at a 1.20:1.00 inclination and 6.00-meter berms, achieving safety factors above 1.50, which demonstrate a significant improvement in ground stability.

The final proposal aims to ensure user safety and the sustainability of the roadway, incorporating technical, geotechnical, and environmental criteria. The study concludes that an adequate slope design is effective in mitigating landslide risks, thus supporting the proposed hypothesis. This research also highlights the importance of preventive planning and continuous monitoring for managing geological risks in road infrastructure.

Keywords: Slope, Stability, Landslides, Design, Geotechnics.

INTRODUCCIÓN

En el Perú, los deslizamientos de tierra representan uno de los fenómenos geodinámicos más frecuentes y peligrosos, especialmente en regiones con topografía accidentada como la sierra central. Estos eventos afectan significativamente la infraestructura vial, generando interrupciones del tránsito, pérdidas económicas y, en casos extremos, afectación directa a la vida humana. Las causas son diversas y se vinculan tanto a factores naturales como la intensidad de las precipitaciones, la geología local, y la actividad sísmica como a factores antrópicos, tales como la deforestación, el mal manejo del terreno y la carencia de estudios técnicos en las obras de ingeniería civil.

Particularmente, en el Tramo II de la carretera Huánuco – La Unión, la ocurrencia de deslizamientos es recurrente, y se ha intensificado debido a las condiciones geotécnicas inestables del terreno. Este sector presenta taludes sin un diseño adecuado, lo que incrementa su vulnerabilidad, especialmente durante la temporada de lluvias. La falta de estudios técnicos actualizados, junto con la deficiente planificación y mantenimiento, han ocasionado daños severos a la infraestructura y riesgo para la población usuaria de esta vía.

En ese contexto, esta investigación propone un diseño técnico de talud que permita mitigar el riesgo de deslizamientos de tierra en una zona crítica del Tramo II, específicamente en el kilómetro 340, zona de Tingo Chico. El estudio incorpora análisis geotécnico, climatológico, geomorfológico y estructural para entender los factores que inciden en la inestabilidad del terreno. A través de software especializado como GEO5 y QGIS, se modelan diferentes escenarios y se plantea una solución de ingeniería sostenible que asegure la estabilidad del terreno y la funcionalidad de la carretera a largo plazo.

La propuesta de diseño está basada en criterios técnicos rigurosos y busca ofrecer una alternativa viable y replicable para otras zonas de riesgo similares en el país. Asimismo, esta investigación tiene como finalidad contribuir con el desarrollo de soluciones efectivas en la ingeniería civil, fortaleciendo la prevención frente a desastres y promoviendo un enfoque integral en la planificación vial.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los deslizamientos de tierra son eventos geológicos que implican el movimiento descendente de tierra, rocas y escombros, principalmente debido a la gravedad. Estos fenómenos pueden ser provocados por precipitaciones intensas, sismos, erosión y actividades humanas como la deforestación y la construcción inadecuada. Según el Servicio Geológico de Colombia (2021), los deslizamientos de tierra son responsables de una considerable pérdida de vidas y daños económicos cada año, particularmente en países en desarrollo. El cambio climático ha intensificado estos eventos, dado que patrones de lluvia más intensos y frecuentes aumentan la saturación del suelo y, por ende, la probabilidad de deslizamientos (Paredes Zapata, y otros, 2021).

Un caso representativo es el análisis realizado en la carretera Medellín–Manizales en Colombia, donde se identificaron los factores geológicos y climáticos que incrementan el riesgo de deslizamientos. Según el estudio, la falta de un adecuado diseño de taludes y la alta susceptibilidad del terreno han provocado recurrentes fallas en la infraestructura vial. Las investigaciones han destacado la necesidad de aplicar técnicas avanzadas en el diseño de taludes, como el uso de modelado geotécnico y la implementación de sistemas de drenaje eficientes para mitigar el riesgo de deslizamientos. Esta problemática, similar a la observada en otras regiones montañosas del mundo, subraya la importancia de una intervención proactiva y técnicamente fundamentada para garantizar la estabilidad de las vías y la seguridad de las comunidades circundantes (Escobar Toro, 2012).

En Perú, el problema de los deslizamientos de tierra es una preocupación constante, especialmente en regiones andinas como Puno. Según el estudio de Rodrigo (2023), las características geográficas de la región, junto con la actividad sísmica y las lluvias intensas, contribuyen a la alta incidencia de deslizamientos. Los taludes en esta área son particularmente vulnerables a fallas debido a la saturación del suelo y la erosión. La falta de infraestructura adecuada y la deforestación aceleran la inestabilidad del terreno, aumentando el riesgo de deslizamientos.

En la zona de Huánuco, particularmente a lo largo de la carretera Huánuco – La Unión (Tramo II), la ocurrencia de deslizamientos de tierra representa una amenaza significativa tanto para la infraestructura como para la seguridad de quienes transitan por esta ruta. Esta área se caracteriza por una topografía compleja, donde los taludes son altamente susceptibles a la desestabilización, especialmente durante la temporada de lluvias. La falta de un diseño adecuado de los taludes y la ausencia de medidas efectivas de mitigación han exacerbado el riesgo de deslizamientos, lo que no solo interrumpe el tráfico, sino que también pone en peligro vidas y propiedades. El estado actual de los taludes a lo largo de la carretera es precario, con deslizamientos frecuentes que provocan cierres de carreteras y requieren costosas reparaciones de emergencia. A pesar de estos problemas recurrentes, se ha prestado poca atención al desarrollo de un análisis de riesgo integral y a la implementación de un plan sostenible de estabilización de taludes. La necesidad urgente de abordar estos desafíos constituye la base de esta investigación. Este proyecto busca realizar un análisis de riesgo exhaustivo de los taludes en la zona designada y proponer un diseño para la estabilización de los taludes que mitigue el riesgo de deslizamientos. Aplicando técnicas modernas de ingeniería geotécnica y utilizando software especializado como GEO5 y QGIS, esta investigación tiene como objetivo proporcionar una solución viable que garantice la estabilidad a largo plazo de los taludes, mejorando así la seguridad y la fiabilidad de la carretera Huánuco – La Unión.

En el distrito de San Rafael, en la región de Huánuco, los deslizamientos de tierra representan una amenaza significativa debido a su geografía montañosa y suelos inestables. La falta de planificación adecuada y de medidas preventivas ha dejado a la comunidad vulnerable a desastres significativos. Es esencial implementar un enfoque integral en el diseño y mantenimiento de taludes, así como mejorar la infraestructura y las prácticas de manejo del terreno para mitigar los riesgos. La colaboración entre autoridades locales, ingenieros y la comunidad es crucial para desarrollar e implementar soluciones efectivas y asegurar la estabilidad a largo plazo en esta región vulnerable (Cabello Yacolca E. R., 2023).

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿De qué manera se puede mitigar el riesgo de deslizamientos de tierra en el Tramo II de la Carretera Huánuco – La Unión?

1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO

¿Cuáles son las propiedades geotécnicas que afectan la estabilidad del terreno del km 340 zona de Tingo Chico, Tramo II de la Carretera Huánuco – La Unión?

¿Qué factores geológicos, hidrogeológicos, climáticos y antropogénicos contribuyen al riesgo de deslizamientos en la zona de estudio?

¿Qué configuración geométrica y medidas de estabilización serían óptimas para el diseño del talud que mitigue el riesgo de deslizamientos en la zona de estudio?

1.3 OBJETIVO

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer un diseño de talud para mitigar el riesgo de deslizamientos de tierra en el Tramo II de la Carretera Huánuco – La Unión.

1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Realizar un análisis geotécnico detallado del km 340 zona de Tingo Chico, Tramo II de la Carretera Huánuco – La Unión.

Evaluar los factores que contribuyen al riesgo de deslizamientos en la zona de estudio.

Diseñar una propuesta de talud técnicamente viable y sostenible en la zona de estudio.

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La presente investigación justificará teóricamente la necesidad de diseñar taludes que mitiguen el riesgo de deslizamientos de tierra en el Tramo II de la carretera Huánuco – La Unión mediante un enfoque basado en la ingeniería geotécnica avanzada. Se analizarán los factores condicionantes como la topografía compleja, la saturación del suelo por lluvias intensas y la inadecuada configuración actual de los taludes, para

establecer su relación con los eventos de deslizamientos recurrentes. La investigación fundamentará el uso de herramientas como GEO5 y QGIS para modelar escenarios de estabilidad y optimizar soluciones técnicas. Además, se estudiará el impacto de la implementación de sistemas de drenaje eficientes y técnicas de refuerzo estructural en la reducción del riesgo de deslizamientos, priorizando la sostenibilidad y la seguridad vial. Los conceptos de equilibrio límite, análisis pseudoestático y métodos numéricos serán aplicados para validar las propuestas. Esta justificación teórica sustentará la importancia de un diseño proactivo que integre criterios técnicos y ambientales, minimizando los costos asociados a la reparación de daños y las interrupciones del tránsito. Con ello, la investigación contribuirá a mejorar la fiabilidad de esta vía estratégica para la región y a salvaguardar la integridad de sus usuarios y las comunidades aledañas.

1.4.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La presente investigación tendrá un impacto práctico significativo al abordar el problema recurrente de los deslizamientos de tierra en el Tramo II de la carretera Huánuco – La Unión mediante una propuesta de diseño de talud que priorizará la seguridad y sostenibilidad de esta vía crucial para la conectividad regional. Se proyectará un diseño optimizado basado en análisis geotécnicos avanzados y simulaciones computacionales utilizando software especializado como GEO5 y QGIS, lo que permitirá identificar las condiciones críticas de estabilidad y proponer soluciones técnicas adaptadas a las características topográficas y climáticas de la zona. Las medidas propuestas buscarán reducir las interrupciones viales, minimizar los costos de mantenimiento emergente y proteger la integridad de los usuarios y comunidades cercanas. Asimismo, se implementarán sistemas de drenaje eficientes y técnicas modernas de estabilización para prevenir la saturación del suelo y mitigar el riesgo de deslizamientos durante las temporadas de lluvias. Este enfoque garantizará no solo la funcionalidad y durabilidad de la carretera, sino también contribuirá al desarrollo socioeconómico de la región, mejorando la accesibilidad y la calidad de vida de sus habitantes.

Por lo tanto, los resultados de esta investigación servirán como referencia para proyectos similares en regiones vulnerables.

1.4.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La presente investigación se justificará metodológicamente mediante un enfoque cuantitativo y descriptivo, utilizando herramientas modernas de análisis geotécnico y geoespacial. Se realizará un diagnóstico detallado de los taludes en el Tramo II de la carretera Huánuco – La Unión, identificando las condiciones geológicas, topográficas y climáticas que contribuyen al riesgo de deslizamientos. Para ello, se emplearán técnicas avanzadas como el modelado numérico con software especializado (GEO5) para evaluar la estabilidad de los taludes bajo diferentes escenarios, y el análisis geoespacial mediante QGIS para cartografiar las áreas críticas. Asimismo, se aplicará el método de equilibrio límite para calcular factores de seguridad y definir las zonas de mayor vulnerabilidad. Se integrarán datos de campo obtenidos mediante inspecciones visuales, análisis de laboratorio y registros históricos de deslizamientos para garantizar la precisión del diagnóstico. La propuesta de diseño de talud incluirá la implementación de sistemas de drenaje, técnicas de estabilización mecánica y recomendaciones de revegetación para el control de la erosión. Este enfoque permitirá desarrollar un diseño técnicamente viable que mitigue el riesgo de deslizamientos, optimice los recursos disponibles y garantice la seguridad y funcionalidad de la infraestructura vial, contribuyendo al desarrollo sostenible de la región.

1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación estará limitada por la disponibilidad y precisión de datos geotécnicos y geoespaciales actualizados de la zona de estudio, lo que podría restringir el análisis detallado de ciertas áreas críticas. Además, factores como las condiciones climáticas adversas durante el trabajo de campo y el acceso restringido a algunos tramos de la carretera podrían dificultar la recolección de datos. La implementación práctica de la propuesta dependerá de los recursos técnicos y económicos disponibles, así como del nivel de cooperación de las autoridades locales y regionales. Finalmente, el estudio no

incluirá análisis de impactos ambientales derivados de las propuestas de diseño.

1.6 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La viabilidad de la investigación se garantizará mediante el acceso a herramientas especializadas como GEO5 y QGIS, así como a datos geotécnicos y topográficos proporcionados por instituciones locales. Se contará con el apoyo de especialistas en ingeniería geotécnica y transporte, además de recursos bibliográficos actualizados sobre estabilización de taludes. El trabajo de campo será factible gracias a la proximidad de la zona de estudio y al acceso a equipos básicos para levantamientos y muestreo. Asimismo, el enfoque metodológico será adecuado a los recursos disponibles, permitiendo obtener resultados precisos y aplicables a corto plazo, con beneficios tangibles para la seguridad vial y regional.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Pérez (2022) en su tesis con título: “Mitigación del riesgo ante procesos de erosión y remoción en masa en centros educativos rurales de Antioquia, mediante un ábaco de diseño y propuestas de obras de bioingeniería”, provincia de Antioquia - Colombia, presentado a la Universidad EIA, tuvo como objetivo principal diseñar estrategias para mitigar los riesgos asociados a procesos de erosión y remoción en masa que afectan centros educativos rurales en la provincia de Antioquia. Mediante una metodología que combinó análisis de campo, estudios geotécnicos y climáticos, y herramientas de modelación, se identificaron las áreas de mayor vulnerabilidad y las principales causas de los deslizamientos y la erosión en la región. Con base en los datos obtenidos, se desarrolló un ábaco de diseño que permite seleccionar soluciones específicas según las condiciones del terreno, acompañado de propuestas de obras de bioingeniería, como la implementación de muros vegetados, zanjas de drenaje y técnicas de revegetación con especies nativas. Los resultados mostraron que estas intervenciones no solo reducen significativamente el riesgo, sino que también son económicamente viables y ecológicamente sostenibles. Como conclusión, el estudio destaca la importancia de integrar la bioingeniería y las herramientas prácticas como los ábacos de diseño para abordar problemas geotécnicos en contextos rurales, ofreciendo una guía replicable en otras regiones con características similares.

Ocampo y Mejía (2023) en su tesis con título: “Deslizamientos en el barrio Fausto Bazante y los factores que influyen en la vulnerabilidad. periodo mayo – septiembre 2023”, provincia de Guaranda – Ecuador, presentado a la Universidad estatal de Bolívar, con el objetivo principal de identificar los factores geológicos, geomorfológicos y antrópicos que incrementan la vulnerabilidad a deslizamientos en el barrio Fausto Bazante, en la provincia de Guaranda. La metodología incluyó un

análisis técnico basado en trabajos de campo para caracterizar el terreno, estudios de estabilidad de taludes mediante herramientas geotécnicas y geomorfológicas, así como encuestas a los residentes para evaluar el impacto social y las medidas de mitigación existentes. Los resultados destacaron que las lluvias intensas, la deforestación y el uso inadecuado del suelo son los principales factores que agravan la susceptibilidad al deslizamiento, mientras que las acciones comunitarias para prevenir riesgos son limitadas. Como conclusión, se recomendó implementar un programa integral de gestión del riesgo que incluya medidas de reforestación, planificación urbana adecuada y concientización comunitaria para reducir la vulnerabilidad y prevenir futuros deslizamientos en la zona.

Allauca y Haro (2024) en su tesis con título: “Propuesta de diseño de vivienda de interés social para los damnificados por el deslizamiento de tierra en el cantón Alausí”, provincia de Riobamba – Ecuador, presentado a la Universidad Nacional de Chimborazo, tuvo como objetivo principal diseñar una propuesta de vivienda de interés social que atienda las necesidades habitacionales de las familias afectadas por el deslizamiento de tierra en Alausí, provincia de Riobamba. La metodología se basó en un enfoque mixto que incluyó un diagnóstico socioeconómico y cultural de las familias damnificadas, un análisis del contexto geográfico y climático de la zona, y la aplicación de principios de diseño sostenible y resistente a fenómenos naturales. Los resultados evidenciaron que las viviendas deben incorporar materiales locales y técnicas constructivas tradicionales adaptadas a las nuevas tecnologías, logrando una solución económica, funcional y segura. Se concluyó que el diseño propuesto contribuye no solo a mejorar la calidad de vida de los damnificados, sino también a fortalecer la resiliencia comunitaria frente a futuros desastres naturales, promoviendo un modelo replicable en otras zonas vulnerables del país.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Rodriguez y Rosas (2021) en su tesis con título: “Propuesta para mitigar el riesgo de la falla global en el acantilado ubicado frente a la playa agua dulce-Chorrillos mediante el Sistema de muro

mecánicamente estabilizado”, en Lima, presentado a la Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas, tuvo como objetivo principal diseñar una solución estructural que reduzca el riesgo de deslizamientos en un sector crítico del acantilado de la Costa Verde. La metodología incluyó un análisis detallado del terreno mediante estudios geotécnicos, modelamiento numérico y la evaluación de estabilidad de taludes con y sin intervención, considerando factores de seguridad estáticos y pseudoestáticos. Además, se evaluó el desempeño del sistema de muro mecánicamente estabilizado como medida de refuerzo para mejorar la estabilidad del talud. Los resultados mostraron que el uso del sistema propuesto incrementó significativamente los factores de seguridad, garantizando la estabilidad frente a cargas sísmicas y condiciones de saturación por lluvias intensas. En conclusión, la propuesta no solo contribuye a mitigar el riesgo de falla global en el acantilado, sino que también promueve la seguridad de la infraestructura y los usuarios de la zona, destacándose como una solución sostenible y replicable en escenarios similares.

Medina y Dávalos (2023) en su tesis con título: “Propuesta de diseño de muro de suelo reforzado con geomallas para estabilización de talud en el AA. HH. Buenos Aires de Villa en el distrito de Chorrillos”, en Lima, presentado a la Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas, tuvo como objetivo principal proponer un diseño eficiente y seguro de un muro de suelo reforzado con geomallas para mitigar los problemas de inestabilidad de taludes en la mencionada zona, caracterizada por su alta vulnerabilidad ante deslizamientos. La metodología empleada incluyó un análisis geotécnico exhaustivo mediante estudios de suelos, modelado numérico con software especializado y evaluación de factores de seguridad bajo condiciones estáticas y pseudoestáticas. Los resultados mostraron que el uso de geomallas incrementa significativamente la estabilidad del talud, logrando factores de seguridad superiores a los mínimos recomendados por normativas internacionales. Las conclusiones destacaron que esta solución técnica es viable tanto en términos económicos como de efectividad, ofreciendo una alternativa sostenible para la estabilización de taludes en áreas

urbanas de alto riesgo. Además, se enfatizó la importancia de integrar técnicas de refuerzo en suelos para garantizar la seguridad de las comunidades expuestas a fenómenos de deslizamiento.

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”, presentado a la Universidad Cesar Vallejo, tuvo como objetivo principal evaluar la eficacia de la estabilización de taludes mediante el uso de geomalla coextruida mono-orientada en un tramo de la carretera Samne-Casmiche, en el departamento de La Libertad. Para ello, se realizó un estudio experimental que incluyó la caracterización del terreno mediante ensayos de laboratorio y análisis de estabilidad de taludes con y sin la aplicación de geomallas. Además, se llevaron a cabo modelaciones computacionales y visitas de campo para observar el comportamiento del sistema implementado. Los resultados demostraron que el uso de geomallas incrementó significativamente la resistencia al deslizamiento de los taludes, reduciendo riesgos de fallas geotécnicas. Se concluyó que esta tecnología es una solución viable, económica y sostenible para mejorar la estabilidad de taludes en zonas con condiciones geotécnicas similares, además de contribuir a la seguridad y durabilidad de las infraestructuras viales.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

Herrera (2023) en su tesis con título: “Análisis estático y pseudoestático en la estabilización de talud mediante muro de suelo reforzado de la carretera PE-3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco – La Unión, 2023”, presentado a la Universidad de Huánuco, Este estudio tuvo como objetivo principal evaluar la estabilidad de un talud crítico en condiciones estáticas y pseudoestáticas, proponiendo un diseño basado en muros de suelo reforzado para mejorar la seguridad vial en la carretera PE-3N. La metodología incluyó un análisis geotécnico detallado mediante ensayos de laboratorio y modelamiento numérico, considerando parámetros del suelo y factores sísmicos de la zona. Los resultados mostraron que, bajo condiciones estáticas, el talud presenta un factor de seguridad adecuado, pero bajo condiciones

pseudoestáticas, el factor se reduce significativamente, evidenciando la necesidad de intervención. El diseño propuesto de un muro de suelo reforzado incrementó los factores de seguridad, garantizando la estabilidad ante cargas sísmicas y reduciendo riesgos de deslizamientos. Se concluyó que la implementación de este tipo de estructuras es técnica y económicamente viable, además de representar una solución sostenible y efectiva para mitigar problemas geotécnicos en carreteras de alta vulnerabilidad en la región.

Cabello (2023) en su tesis con título: “Aplicación de geosintéticos para la estabilización de talud en la carretera central km, 184 al km.190 del distrito de San Rafael – Huánuco, 2019”, presentado a la Universidad de Huánuco, El estudio empleó una metodología basada en análisis geotécnicos y geomorfológicos, complementada con simulaciones de estabilidad mediante software especializado. Se instalaron geotextiles y geomallas en áreas seleccionadas, evaluando su desempeño mediante ensayos de laboratorio y mediciones in situ de deslizamientos, deformaciones y drenaje superficial. Los resultados indicaron una reducción significativa de los desplazamientos de los taludes, alcanzando un incremento del factor de seguridad del 1.2 inicial al 1.8 en promedio. Además, se redujo la ocurrencia de deslizamientos en un 40 % durante las temporadas de lluvias intensas. Las conclusiones destacan que los geosintéticos son una solución técnica y económicamente viable para la estabilización de taludes en regiones con alta susceptibilidad a deslizamientos, siempre que se consideren diseños adecuados y mantenimiento periódico. Este enfoque contribuye significativamente a mejorar la seguridad vial y la durabilidad de la infraestructura en zonas críticas como la Carretera Central.

Santa Cruz (2023) en su tesis con título: “Uso de muro de mampostería de piedra para reforzamiento y estabilización de talud, aplicado en el tramo: Puente Rancho - Pano, ruta Pe-18e”, presentado a la Universidad de Huánuco, Su objetivo principal fue evaluar la eficacia de los muros de mampostería de piedra como solución técnica y económica para reforzar y estabilizar taludes en un tramo crítico de la ruta PE-18E, minimizando riesgos de deslizamientos y garantizando la

seguridad vial. La metodología incluyó un análisis geotécnico del talud mediante ensayos de suelos y levantamientos topográficos, el diseño del muro de mampostería basado en parámetros de estabilidad estática y pseudoestática, y la implementación del reforzamiento en un tramo experimental de 150 metros. Los resultados demostraron que el coeficiente de seguridad del talud pasó de 1.1 (inestable) a 1.5 (estable) bajo condiciones estáticas y de 0.9 a 1.2 en condiciones pseudoestáticas, lo que valida la efectividad del muro propuesto. Como conclusión, se destacó que esta técnica es una alternativa viable y de bajo costo en comparación con métodos convencionales, reduciendo el riesgo de fallas en taludes en un 40 % y mejorando la transitabilidad en la zona de estudio.

2.2 BASES TEÓRICAS

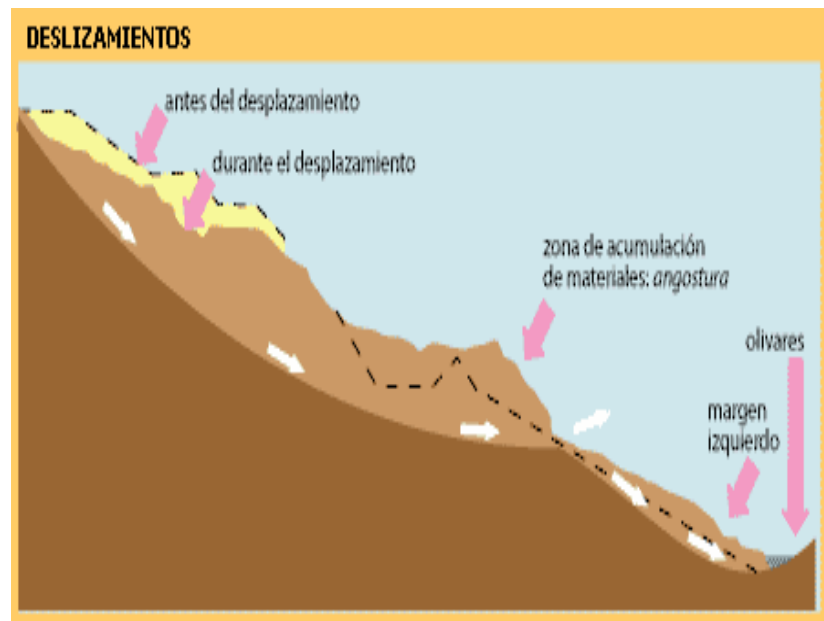
2.2.1 INTRODUCCIÓN A LOS DESLIZAMIENTOS DE TIERRA

2.2.1.1 Definición de deslizamientos.

Los deslizamientos de tierra son fenómenos geológicos caracterizados por el desplazamiento de masas de suelo, rocas o materiales mixtos a lo largo de una pendiente, impulsados principalmente por la fuerza gravitacional. Este proceso puede ser desencadenado por factores naturales, como lluvias intensas, sismos o erosión, así como por intervenciones humanas, incluyendo deforestación o excavaciones inadecuadas. Su ocurrencia depende de la interacción entre la morfología del terreno, las propiedades del suelo y las condiciones climáticas, representando una amenaza significativa para las infraestructuras y comunidades situadas en zonas vulnerables (Zárate, 2019).

Figura 1

Partes de un deslizamiento



Fuente: (Zárate, 2019).

2.2.1.2 Tipos de deslizamientos: traslacionales, rotacionales, complejos, entre otros.

Los deslizamientos de tierra se clasifican en diferentes tipos dependiendo de la naturaleza del movimiento y las condiciones geológicas del terreno (Sánchez Aguilar, 2018).

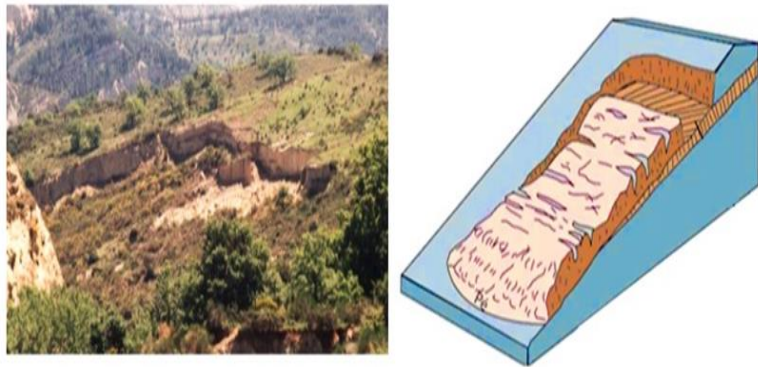
a) Deslizamientos traslacionales

Se refiere a un tipo de movimiento de masas donde el material se desplaza a lo largo de una superficie de falla o plano de deslizamiento aproximadamente recto o ligeramente inclinado. Este tipo de deslizamiento ocurre cuando una capa de suelo, roca o escombros pierde su estabilidad debido a una combinación de factores que reducen la resistencia al corte del material y superan las fuerzas que lo mantienen en reposo. La superficie de deslizamiento suele ser plana o de baja curvatura y está controlada por características geológicas como fracturas, fallas, planos de estratificación, contactos litológicos o zonas debilitadas por la presencia de agua (Sánchez Aguilar, 2018).

Figura 2

Deslizamiento traslacional

Deslizamiento traslacional



Fuente: (Sánchez Aguilar, 2018).

b) Deslizamientos rotacionales

Es un tipo de movimiento de masas caracterizado por el desplazamiento de un bloque de suelo o roca a lo largo de una superficie de falla curva, lo que genera un giro o rotación del material deslizante alrededor de un eje imaginario que generalmente es horizontal y paralelo a la pendiente. Este tipo de deslizamiento ocurre comúnmente en terrenos con materiales cohesivos, como arcillas o limos, donde la resistencia al corte disminuye debido a factores como el aumento de humedad, la saturación del suelo o la sobrecarga (Sánchez Aguilar, 2018).

Figura 3

Deslizamiento rotacional

Deslizamiento rotacional



cerebralia.com

Fuente: (Sánchez Aguilar, 2018).

c) Deslizamientos complejos

Es un tipo de movimiento de masa caracterizado por la combinación de dos o más tipos de desplazamientos geológicos, tales como deslizamientos rotacionales, translacionales, flujos, o caídas. Este tipo de fenómeno ocurre cuando las condiciones geotécnicas, geológicas y ambientales del terreno son heterogéneas, lo que genera comportamientos diferenciados en distintas zonas del mismo evento. Por ejemplo, en un deslizamiento complejo, la parte superior de la masa puede presentar características de un deslizamiento rotacional, mientras que la parte inferior puede comportarse como un flujo de materiales (Sánchez Aguilar, 2018).

2.2.1.3 Causas comunes de deslizamientos: factores geológicos, climáticos y humanos.

Los deslizamientos de tierra son fenómenos complejos que pueden ser causados por una combinación de factores geológicos, climáticos y humanos.

d) Factores geológicos

La presencia de materiales inestables, como suelos arcillosos o rocas fracturadas, puede disminuir la cohesión del terreno y facilitar el movimiento de masas. La geología de la zona, incluyendo la disposición de las capas de roca y la actividad sísmica, juega un papel fundamental en la ocurrencia de estos deslizamientos (Gutiérrez, 2017).

e) Factores climáticos

Las lluvias intensas o las condiciones extremas de sequedad, también influyen significativamente, ya que el agua puede saturar el suelo, reduciendo su resistencia al corte y generando una presión adicional sobre las pendientes (Gutiérrez, 2017).

f) Factores humanos

Tiene un impacto importante; actividades como la deforestación, la construcción de infraestructuras sin un adecuado análisis de estabilidad de taludes, y la agricultura intensiva pueden alterar el equilibrio natural del terreno, aumentando la susceptibilidad a los deslizamientos (Gutiérrez, 2017).

2.2.2 IMPACTO DE LOS DESLIZAMIENTOS EN CARRETERAS

2.2.2.1 Consecuencias en la infraestructura vial, sociales y económicas.

Los deslizamientos de tierra representan una grave amenaza para la infraestructura vial, con consecuencias significativas tanto en el ámbito social como económico. En primer lugar, la interrupción de carreteras debido a deslizamientos provoca bloqueos temporales o permanentes en las rutas, lo que dificulta el transporte de personas y mercancías, afectando directamente la conectividad entre regiones. Esto puede resultar en el aislamiento de comunidades, dificultando el acceso a servicios básicos como atención médica, educación y suministros. Además, el daño a las carreteras genera altos costos de reparación y mantenimiento, los cuales son asumidos por los gobiernos locales o nacionales (Gutiérrez Herrera, 2017).

En términos sociales, los deslizamientos pueden desencadenar desplazamientos forzados de personas, pérdida de viviendas y aumento de la vulnerabilidad de las poblaciones afectadas (Gutiérrez Herrera, 2017).

A nivel económico, las consecuencias se reflejan en la pérdida de productividad debido a la paralización del tráfico comercial, lo que impacta especialmente en zonas rurales que dependen del transporte terrestre para la comercialización de productos agrícolas y otros bienes (Gutiérrez Herrera, 2017).

2.2.3 PRINCIPIOS Y MÉTODOS PARA EL DISEÑO DE TALUDES

2.2.3.1 Teoría de estabilidad de taludes: factores de seguridad, resistencia al corte, cohesión.

El diseño de taludes se basa en la teoría de estabilidad, que tiene como objetivo garantizar que los taludes sean capaces de resistir las fuerzas que tienden a provocarlos deslizamientos. Entre los principales factores que influyen en la estabilidad de un talud se encuentran el factor de seguridad, la resistencia al corte y la cohesión del material del talud (Vargas Medina, 2020).

Figura 4

Estabilidad de taludes en suelos



Fuente: (Vargas Medina, 2020).

g) El factor de seguridad (FS)

Es un índice fundamental en el análisis de estabilidad de taludes y estructuras geotécnicas, utilizado para evaluar la seguridad de un talud frente al riesgo de deslizamiento o fallo. Este factor se define como la relación entre las fuerzas que resisten el deslizamiento (resistencia del talud) y las fuerzas que tienden a provocarlo (fuerzas actuantes o movilizantes). Matemáticamente, el factor de seguridad se calcula como:

$$FS = \frac{\text{Resistencia al corte}}{\text{Fuerzas Movilizantes}}$$

El factor de seguridad se expresa generalmente como un valor numérico, donde un valor mayor que 1 indica que el talud es estable y las fuerzas resistivas superan a las movilizantes, mientras que un valor menor que 1 indica que el talud es inestable y propenso a deslizamientos. Un FS de 1 corresponde a una condición límite, en la cual las fuerzas movilizantes y las fuerzas resistivas están equilibradas, lo que significa que el talud está justo al borde de la inestabilidad (Vargas Medina, 2020).

h) La resistencia al corte

Es una propiedad fundamental del suelo que se refiere a su capacidad para resistir las fuerzas que tienden a desestabilizarlo y causar su deslizamiento o fractura cuando se aplica una carga paralela a su

superficie. Específicamente, esta resistencia se refiere a la fuerza que un material del suelo puede ejercer para mantener la estabilidad frente a una fuerza tangencial que actúa a lo largo de un plano de deslizamiento. La resistencia al corte está determinada por la combinación de dos componentes principales: la fricción entre las partículas del suelo y la cohesión de esas partículas. La fricción depende de la naturaleza de las partículas del suelo y de su ángulo de fricción interna, mientras que la cohesión está relacionada con las fuerzas intermoleculares que unen las partículas, especialmente en suelos arcillosos (Vargas Medina, 2020).

En el contexto del diseño de taludes, la resistencia al corte es crucial para determinar la estabilidad de un talud. Si el material del talud es incapaz de resistir las fuerzas de corte, es probable que ocurra un deslizamiento. La ley de Coulomb es la base matemática utilizada para describir la resistencia al corte, y se expresa mediante la fórmula:

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

Donde:

τ es la resistencia al corte,

c es la cohesión del material,

σ es la presión normal sobre el plano de deslizamiento,

ϕ es el ángulo de fricción interna del suelo.

Esta fórmula resalta cómo la cohesión (que proporciona la pegajosidad del material) y la fricción (que depende del tipo de suelo y su compactación) trabajan juntas para resistir los esfuerzos de corte. En suelos saturados, por ejemplo, el agua puede reducir tanto la cohesión como la fricción, disminuyendo así la resistencia al corte y aumentando el riesgo de deslizamientos (Vargas Medina, 2020).

i) La cohesión

Es una propiedad fundamental de los materiales, especialmente en suelos y rocas, que se refiere a la capacidad de las partículas del suelo para mantenerse unidas debido a las fuerzas moleculares o interpartículas. Esta propiedad juega un papel crucial en la estabilidad de taludes, ya que ayuda a resistir el deslizamiento o la ruptura del material del talud. En términos geotécnicos, la cohesión se considera como la resistencia interna de un suelo a la deformación o al corte, y es uno de

los factores más importantes para evaluar la estabilidad de taludes y estructuras de tierra (Vargas Medina, 2020).

2.2.3.2 Métodos de análisis: equilibrio límite, análisis estático y dinámico.

Los métodos de análisis de estabilidad de taludes son herramientas fundamentales en la ingeniería geotécnica para evaluar el comportamiento de un talud frente a posibles deslizamientos (Paredes, 2017).

j) Análisis de equilibrio límite

Se basa en la condición de equilibrio de un talud o masa de suelo. Este método asume que el talud está a punto de fallar, y se determina el factor de seguridad comparando las fuerzas resistentes con las fuerzas que tienden a causar el deslizamiento (Paredes, 2017).

El análisis de equilibrio límite puede realizarse mediante diversas técnicas:

Método de Fellenius (o método de la cuchilla) *en el cual se asume que la distribución de tensiones internas dentro del talud es simple y uniforme a lo largo de la superficie de deslizamiento. Este método es sencillo y se utiliza comúnmente para taludes con geometrías simples (Paredes, 2017).*

Método de Bishop, *más avanzado, mejora la aproximación al considerar un equilibrio más detallado de momentos en cada parte del talud, lo que permite obtener resultados más precisos, especialmente para taludes con geometrías complejas (Paredes, 2017).*

Método de Janbu, *que combina características de los métodos de Fellenius y Bishop, y permite analizar taludes tanto en condiciones de carga estática como dinámica (Paredes, 2017).*

k) El análisis estático

Es una técnica que se utiliza para evaluar la estabilidad de un talud bajo condiciones no sísmicas. Este análisis se enfoca en las fuerzas constantes, tales como el peso de los materiales, la resistencia al corte del suelo y los efectos de la saturación. A través

de este análisis, se determina el factor de seguridad de un talud bajo condiciones de carga estática, lo cual es útil para predecir el comportamiento de los taludes en condiciones normales de operación o en situaciones de lluvias prolongadas (Paredes, 2017).

I) El análisis dinámico

tiene en cuenta las cargas variables, como las fuerzas sísmicas, que pueden afectar la estabilidad de los taludes durante eventos sísmicos. Este tipo de análisis evalúa el impacto de las ondas sísmicas en los materiales del talud y considera cómo estos factores pueden modificar las condiciones de estabilidad. Los métodos dinámicos pueden incluir simulaciones computacionales más complejas, como el método de elementos finitos, para obtener una evaluación detallada del comportamiento del talud frente a vibraciones y aceleraciones sísmicas (Paredes, 2017).

2.2.3.3 Cálculos y simulaciones mediante software especializado.

Los cálculos y simulaciones mediante software especializado son herramientas fundamentales en la ingeniería geotécnica para analizar la estabilidad de taludes y predecir posibles deslizamientos. Estos métodos permiten realizar simulaciones numéricas detalladas que consideran una variedad de factores como las propiedades mecánicas del suelo, las condiciones climáticas, la geología local y las cargas externas sobre el talud. El uso de software especializado, como PLAXIS, SLOPE/W y GEO5, facilita el análisis de la estabilidad de taludes mediante diferentes métodos, como el método de equilibrio límite, que calcula el factor de seguridad y evalúa las condiciones en las que un talud podría fallar (Castañeda Rodríguez, 2021).

Los programas computacionales permiten modelar diferentes escenarios, considerando variables como el tipo de suelo, el nivel freático, las cargas dinámicas (como sismos) y la influencia de la vegetación. Además, este software ofrecen la ventaja de realizar análisis paramétricos, lo que significa que se pueden modificar múltiples parámetros simultáneamente para estudiar su impacto en

la estabilidad del talud y determinar las soluciones más adecuadas para mitigar el riesgo de deslizamientos (Castañeda Rodríguez, 2021).

2.2.4 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE SUELOS

2.2.4.1 Propiedades mecánicas: cohesión, ángulo de fricción, resistencia al corte.

La caracterización geotécnica de suelos es un proceso fundamental para entender el comportamiento de los materiales que constituyen el terreno, lo que permite realizar un adecuado diseño de infraestructura y mitigación de riesgos en proyectos de ingeniería civil. Las propiedades mecánicas del suelo, tales como cohesión, ángulo de fricción y resistencia al corte, son esenciales para evaluar la estabilidad de los taludes, la capacidad de carga de los suelos y el comportamiento ante diversas cargas aplicadas (Salazar Rodríguez, 2020).

m) La cohesión:

Es la fuerza interna que mantiene unidas las partículas de un suelo, y es particularmente importante en suelos finos como las arcillas. Esta propiedad contribuye a la resistencia del suelo cuando está sometido a esfuerzos cortantes (Salazar Rodríguez, 2020).

n) El ángulo de fricción

Es otro parámetro clave, que se refiere a la capacidad de un suelo para resistir deslizamientos debido al roce entre las partículas. Los suelos con un ángulo de fricción mayor son más estables frente a fuerzas de corte (Salazar Rodríguez, 2020).

o) La resistencia al corte

Es la medida de la capacidad del suelo para resistir el deslizamiento o corte a lo largo de un plano de falla, y se determina principalmente por la combinación de la cohesión y el ángulo de fricción (Salazar Rodríguez, 2020).

Estas propiedades son evaluadas a través de ensayos de laboratorio como el corte directo, los ensayos triaxiales y los ensayos de penetración estándar (SPT), los cuales permiten obtener datos cruciales para el análisis de estabilidad de taludes y el diseño de cimentaciones (Salazar Rodríguez, 2020).

2.2.4.2 Métodos de investigación geotécnica: SPT, CPT, ensayos de laboratorio.

Los métodos de investigación geotécnica son esenciales para la caracterización del suelo y la evaluación de su comportamiento ante diversas cargas y condiciones. Entre los más comunes se encuentran el SPT (Standard Penetration Test) y el CPT (Cone Penetration Test), así como los ensayos de laboratorio que proporcionan información más detallada sobre las propiedades de los materiales del subsuelo (Serrano Fernández , 2019).

p) El SPT:

Es un ensayo de penetración estándar que mide la resistencia del suelo mediante la cantidad de golpes requeridos para penetrar una muestra de suelo con una barra estándar. Este ensayo es ampliamente utilizado en estudios de exploración geotécnica debido a su simplicidad y bajo costo, aunque tiene ciertas limitaciones en su capacidad para caracterizar suelos muy duros o muy blandos (Serrano Fernández , 2019).

Figura 5

Sondaje SPT



Fuente: (Serrano Fernández , 2019).

q) El CPT:

por otro lado, consiste en la penetración continua de un cono en el suelo para medir la resistencia a la penetración y la fricción en el material, lo que permite una evaluación más precisa de las propiedades del suelo, especialmente en suelos finos (Serrano Fernández , 2019).

Adicionalmente, los ensayos de laboratorio como el de corte directo, triaxiales y de consolidación, se realizan con muestras de suelo

extraídas en el campo para obtener parámetros más específicos de la resistencia al corte, la compresión y el comportamiento hidráulico. Estos ensayos permiten realizar un análisis más profundo de la capacidad de carga y la estabilidad de los suelos, lo que es crucial para el diseño y la construcción de taludes, pavimentos y otras estructuras (Serrano Fernández , 2019).

Figura 6

Sondaje CPT



Fuente: (Serrano Fernández , 2019).

2.2.4.3 Influencia de la geología local en la estabilidad.

La geología local juega un papel fundamental en la estabilidad de los taludes y en la ocurrencia de deslizamientos de tierra. Los factores geológicos, como la composición del terreno, la presencia de fallas, fracturas o contactos geológicos, pueden influir significativamente en la resistencia del suelo o la roca, afectando su capacidad para mantenerse estable frente a fuerzas externas (Torres García, 2020).

En zonas montañosas, como las que se encuentran en el Perú, la geología local es especialmente crítica debido a la interacción de la actividad tectónica y los procesos erosivos. Las formaciones rocosas frágiles, las capas de suelo suelto o mal consolidado y las áreas afectadas por fallas geológicas pueden servir como zonas de debilidad donde se inicia el deslizamiento (Torres García, 2020).

En regiones como los Andes peruanos, las estructuras geológicas como pliegues, fallas o superficies de estratificación inclinadas crean condiciones propensas para el deslizamiento de material cuando se combinan con factores externos como las lluvias intensas, la actividad sísmica o la sobrecarga de terrenos. La presencia de fracturas en las rocas facilita el paso de agua, lo que puede reducir la resistencia de los suelos y rocas, creando condiciones ideales para que ocurran deslizamientos translacionales o rotacionales (Torres García, 2020).

La influencia de la geología local sobre la estabilidad del terreno es esencial para el diseño de soluciones de estabilización de taludes y para la evaluación de riesgos en infraestructuras viales y urbanas (Torres García, 2020).

2.2.5 FACTORES QUE AFECTAN LA ESTABILIDAD DE TALUDES

2.2.5.1 Propiedades del suelo y su influencia.

Las propiedades del suelo son factores fundamentales que determinan su comportamiento y su capacidad para soportar cargas y resistir movimientos, como los deslizamientos de tierra. Entre las propiedades más importantes se encuentran la cohesión, el ángulo de fricción interna, la densidad, la plasticidad y la permeabilidad. La cohesión es la fuerza que mantiene unidos los granos del suelo, mientras que el ángulo de fricción interna se refiere a la resistencia que opone el suelo al deslizamiento entre partículas cuando se somete a esfuerzos de corte (Pérez Huerta, 2017).

La densidad influye directamente en la estabilidad del suelo, ya que su compactación puede afectar su resistencia al deslizamiento, mientras que la plasticidad describe la capacidad del suelo para deformarse sin romperse, lo que afecta su comportamiento ante tensiones. La permeabilidad es crucial porque el agua en el suelo puede reducir su resistencia al corte y contribuir al deslizamiento, especialmente en suelos arcillosos (Pérez Huerta, 2017).

Estas propiedades son influenciadas por la naturaleza del suelo, que puede variar según su composición mineralógica, el contenido de agua y las condiciones climáticas (Pérez Huerta, 2017).

2.2.5.2 Morfología del terreno.

La morfología del terreno juega un papel fundamental en la estabilidad de los taludes, ya que influye directamente en las características del suelo y la forma en que el agua y otros factores ambientales afectan la estructura del talud. En particular, la pendiente, la forma del relieve, la presencia de valles, crestas, depresiones o quebradas, y la orientación de las capas geológicas son factores determinantes en el comportamiento del talud (González Jara, 2019).

Los taludes con pendientes pronunciadas son más susceptibles a deslizamientos, ya que las fuerzas gravitacionales tienden a superar la cohesión del suelo, especialmente cuando las capas de material están inclinadas hacia el talud. La presencia de valles o zonas de acumulación de agua también puede ser crítica, ya que el agua que se acumula o fluye por el talud puede aumentar la presión en los poros del suelo, lo que reduce su resistencia y favorece la ocurrencia de deslizamientos (González Jara, 2019).

La morfología también afecta la distribución de las cargas sobre el talud, ya que en áreas de crestas o bordes, la estabilidad puede verse comprometida por la erosión superficial y la escorrentía. En el caso de los valles, las formas más cerradas o cóncavas pueden concentrar el agua de lluvia, aumentando el riesgo de movimientos de tierra (González Jara, 2019).

2.2.6 MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

2.2.6.1 Métodos tradicionales: drenajes, muros de contención, anclajes.

Las medidas de mitigación y estabilización de taludes son fundamentales para prevenir deslizamientos y garantizar la seguridad de las infraestructuras viales, urbanas y rurales. Entre los métodos tradicionales, se destacan el drenaje, los muros de

contención y los anclajes. El drenaje es uno de los métodos más efectivos para controlar el agua que se acumula en el talud, ya que la saturación del suelo es una de las principales causas de inestabilidad (Sánchez Aguilar y Paredes Herrera, 2016).

Figura 7

Muros Anclados



Fuente: (Sánchez Aguilar y Paredes Herrera, 2016).

Este sistema puede consistir en la instalación de tuberías perforadas, zanjas de drenaje o el uso de drenajes superficiales y subterráneos que permiten reducir la presión hidrostática y mejorar las propiedades mecánicas del suelo. Los muros de contención son estructuras verticales diseñadas para resistir las fuerzas ejercidas por el material deslizante, evitando que se desplace hacia abajo (Sánchez Aguilar y Paredes Herrera, 2016)..

Estos muros pueden estar hechos de materiales como concreto, mampostería o geosintéticos, y son particularmente útiles en áreas donde no se puede modificar la pendiente del terreno. Por último, los anclajes son elementos de refuerzo que se colocan en el talud para proporcionar estabilidad adicional. Consisten en cables, barras o varillas de acero que se insertan en el terreno y se tensan, generando una fuerza de tracción que contrarresta las fuerzas de deslizamiento. Estos métodos, aunque tradicionales, siguen siendo ampliamente utilizados en la ingeniería geotécnica debido a su efectividad y durabilidad en situaciones de deslizamientos moderados (Sánchez Aguilar y Paredes Herrera, 2016).

2.2.6.2 Métodos innovadores: geosintéticos, vegetación, bioingeniería.

Las medidas de mitigación y estabilización de taludes han evolucionado en los últimos años con el uso de métodos innovadores, que combinan tecnologías avanzadas y prácticas ecológicas. Entre estos métodos, los geosintéticos juegan un papel crucial, ya que son materiales sintéticos que se utilizan para reforzar y estabilizar el suelo. Estos incluyen mallas, geotextiles, geogrillas y geomembranas, que ayudan a mejorar la resistencia al corte y la drenabilidad de los taludes, reduciendo así el riesgo de deslizamientos (Vásquez González, 2021).

Los geosintéticos son especialmente útiles en suelos con alta plasticidad o en zonas donde se requiere un refuerzo inmediato sin realizar grandes excavaciones (Vásquez González, 2021).

Por otro lado, la vegetación se ha demostrado como una herramienta eficaz en la estabilización de taludes, ya que las raíces de las plantas contribuyen a la cohesión del suelo y ayudan a reducir la erosión superficial. La vegetación no solo proporciona una solución estética y natural, sino que también mejora la infiltración de agua y previene la saturación del terreno, lo cual es fundamental para evitar deslizamientos provocados por lluvias intensas. Es importante seleccionar especies vegetales adecuadas que sean capaces de adaptarse a las condiciones locales y que tengan raíces profundas (Vásquez González, 2021).

Las bioingenierías, por su parte, son una combinación de técnicas ecológicas y de ingeniería que incorporan vegetación junto con estructuras de soporte como mallas o estructuras de madera para reforzar los taludes. Estas técnicas buscan mejorar la estabilidad a largo plazo de los taludes mediante el uso de materiales naturales y sostenibles, reduciendo el impacto ambiental y mejorando la seguridad de las infraestructuras. La aplicación de estas técnicas ha ganado popularidad en el Perú, especialmente en áreas donde la sostenibilidad y el respeto por el medio ambiente son esenciales (Vásquez González, 2021).

Figura 8

Técnicas de bioingeniería para estabilización de taludes



Fuente: (Vásquez González, 2021).

2.2.7 EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESLIZAMIENTOS

2.2.7.1 Métodos de evaluación: mapas de peligrosidad, estudios de vulnerabilidad.

La evaluación del riesgo de deslizamientos es un proceso crucial para la gestión de desastres naturales y la protección de infraestructuras en zonas vulnerables. Existen diferentes métodos utilizados para identificar y evaluar los riesgos asociados a los deslizamientos de tierra, y entre los más comunes se encuentran los mapas de peligrosidad y los estudios de vulnerabilidad. Los mapas de peligrosidad permiten identificar las áreas de mayor riesgo al clasificar el terreno según la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos, utilizando información geotécnica, geológica, topográfica y climática. Estos mapas se desarrollan mediante el análisis de factores como la pendiente, tipo de suelo, condiciones hidrogeológicas y registros históricos de eventos de deslizamientos en la zona (Hernández Sarmiento, 2019).

Por otro lado, los estudios de vulnerabilidad analizan el grado de exposición y susceptibilidad de las infraestructuras y las

poblaciones ante los riesgos de deslizamientos. Estos estudios consideran tanto las características físicas de las áreas afectadas, como la densidad de población y las infraestructuras críticas (carreteras, viviendas, instalaciones de servicio, etc.). Juntos, los mapas de peligrosidad y los estudios de vulnerabilidad permiten una comprensión integral del riesgo, facilitando la toma de decisiones para la planificación de medidas de prevención y mitigación (Hernández Sarmiento, 2019).

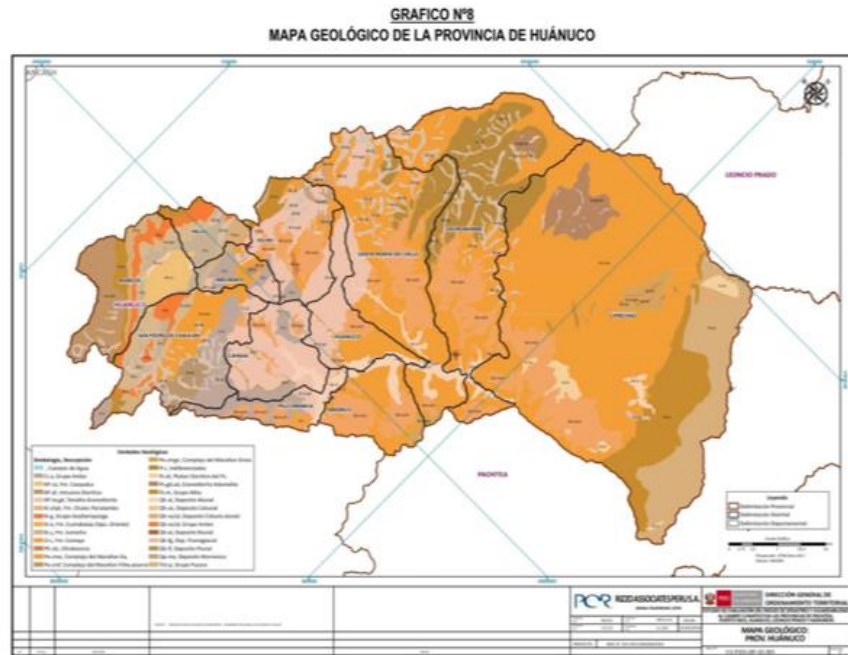
2.2.7.2 Modelos predictivos del riesgo.

La evaluación del riesgo de deslizamientos mediante modelos predictivos es una herramienta clave para anticipar y mitigar los efectos de este fenómeno en áreas vulnerables (Flores Espinoza, 2017).

Estos modelos utilizan datos geológicos, geomorfológicos, climáticos y antrópicos para identificar las áreas más propensas a sufrir deslizamientos y estimar la probabilidad de su ocurrencia. Los modelos predictivos se basan en técnicas como análisis estadístico, sistemas de información geográfica (SIG) y simulaciones numéricas, permitiendo generar mapas de susceptibilidad que integran parámetros como pendiente, tipo de suelo, cobertura vegetal y registros históricos de deslizamientos (Flores Espinoza, 2017).

Figura 9

Estudio de riesgo y vulnerabilidad



Fuente: (Flores Espinoza, 2017).

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

Diseño de taludes

Consiste en la planificación geométrica y estructural de pendientes para garantizar la estabilidad frente a deslizamientos, considerando factores geotécnicos, hidráulicos y ambientales (Vargas Espinoza, 2020).

Mitigación de riesgo

Se refiere a las acciones destinadas a reducir la probabilidad o impacto de desastres naturales, como deslizamientos, mediante obras civiles, gestión territorial y medidas preventivas (Gómez Chávez, 2019).

Deslizamientos de tierra

Movimientos de masas de suelo y roca provocados por fuerzas gravitacionales, usualmente exacerbados por lluvias intensas, sismos o actividades humanas (Pérez Salazar, 2021).

Análisis geotécnico

Evaluación detallada de las propiedades del suelo y roca para determinar su capacidad de soporte y estabilidad frente a cargas y fenómenos naturales (Lozano Rojas, 2020).

Factor de riesgo

Incluyen condiciones geológicas, climatológicas, geomorfológicas y antrópicas que incrementan la probabilidad de ocurrencia de un evento adverso (Cruz Huamán, 2019).

Propuesta técnica sostenible

Diseño que equilibra funcionalidad técnica y respeto ambiental, utilizando métodos y materiales que minimicen impactos ecológicos y sociales (Salinas Carrasco, 2020).

Talud viable

Pendiente diseñada con criterios científicos que garantizan estabilidad, seguridad y resistencia frente a condiciones adversas (Torres Velásquez, 2019).

Riesgo geotécnico

Evaluación de las probabilidades y consecuencias de fallas del suelo o roca en proyectos de infraestructura (Quispe Araujo, 2020).

Estabilidad de pendientes

Capacidad de un talud para resistir fuerzas internas y externas sin desmoronarse o deslizarse (Quispe Araujo, 2020).

2.4 HIPÓTESIS

El diseño de talud permite mitigar el riesgo de deslizamientos de tierra en el Tramo II de la Carretera Huánuco – La Unión.

2.5 VARIABLES

2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE

El riesgo de deslizamientos de tierra.

2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

El diseño de talud.

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicador	Instrumento	Escala
Diseño de talud	Diseño geotécnico	Factor de seguridad calculado	Software de modelado geotécnico (GEO5)	Numérica
	Sistemas de drenaje	Longitud y capacidad de los sistemas de drenaje	Inspección técnica	Numérica
	Técnicas de estabilización	Tipo de técnica aplicada (anclajes, muros, etc.)	Revisión documental	Cualitativa
Riesgo de deslizamientos de tierra	Vulnerabilidad del terreno	Porcentaje de saturación del suelo	Ensayos de laboratorio	Porcentaje (%)
	Susceptibilidad al deslizamiento	Áreas críticas identificadas en el terreno	Análisis geoespacial (QGIS)	Cualitativa/Numérica
	Frecuencia de deslizamientos	Número de deslizamientos reportados anualmente	Registros históricos	Numérica

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 ENFOQUE

El enfoque cuantitativo: Es un método de investigación que se basa en la recolección y análisis de datos numéricos para describir fenómenos y establecer patrones de comportamiento. Este enfoque utiliza herramientas estadísticas para probar hipótesis y medir variables de manera precisa (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014). En el presente estudio, se empleará el enfoque cuantitativo para evaluar la estabilidad de los taludes en el tramo II de la carretera Huánuco – La Unión, utilizando software especializado como GEO5 y QGIS. El análisis numérico permitirá determinar los factores de seguridad y proponer medidas de mitigación basadas en datos precisos.

3.1.2 ALCANCE O NIVEL

Descriptivo y Explicativo: La investigación descriptiva se enfoca en detallar las características de un fenómeno o población de estudio, mientras que la investigación explicativa busca identificar las causas y efectos de dicho fenómeno (Sabino, 2008). En este caso, el estudio tiene un alcance descriptivo y explicativo, ya que describe las condiciones geológicas y geotécnicas de la zona de estudio y explica los factores que afectan la estabilidad de los taludes, permitiendo proponer soluciones para mitigar los deslizamientos de tierra.

3.1.3 DISEÑO

No Experimental y Transversal: El diseño no experimental es aquel en el que no se manipulan las variables independientes, sino que se observan en su contexto natural (Kerlinger y Lee, 2002). Además, el diseño transversal implica la recolección de datos en un solo momento o en un período breve, permitiendo realizar comparaciones y análisis en un punto específico en el tiempo (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014). En este proyecto, se utilizará un diseño no experimental y transversal, ya que se analizarán las condiciones actuales de los taludes y su estabilidad sin intervenir en las variables,

basándose en los datos recolectados en el campo y en la modelización numérica.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

En investigación, la población se define como el conjunto total de elementos o sujetos que comparten características específicas relacionadas con el objeto de estudio (Ponce Guerrero, 2020).

Para esta investigación, la población estará constituida por todos los taludes ubicados en el Tramo II de la carretera Huánuco – La Unión, que presentan condiciones de inestabilidad geotécnica y son susceptibles a deslizamientos de tierra.

3.2.2 MUESTRA

La muestra corresponde a un subconjunto representativo extraído de la población, seleccionada mediante criterios específicos para optimizar los recursos y garantizar la precisión del análisis (Vargas Díaz, 2018). En este caso, la muestra incluirá taludes previamente identificados como críticos dentro del kilómetro 340 del tramo II de la Carretera Huánuco – La Unión, considerando factores como su localización geográfica, historial de deslizamientos y características geotécnicas particulares.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1.1 Técnicas

Se empleará la técnica de observación directa para identificar y documentar las condiciones físicas y geotécnicas de los taludes en el Tramo II de la carretera Huánuco – La Unión. También se aplicará la recolección de datos geotécnicos mediante inspecciones de campo, que permitirán obtener información sobre las características del suelo, el grado de saturación y los sistemas de drenaje existentes.

3.3.1.2 Instrumentos

Se utilizarán fichas de observación para registrar las características visuales de los taludes, incluyendo su estabilidad, inclinación y cobertura vegetal. Además, se emplearán equipos de

medición geotécnica, como penetrómetros y equipos de prueba de permeabilidad, para evaluar la resistencia y la capacidad de drenaje del suelo. Finalmente, se implementará un cuestionario para las entrevistas estructuradas, diseñado específicamente para obtener opiniones y sugerencias de los expertos consultados.

3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Se realizó el procesamiento de datos como el Análisis geotécnico, Factores de riesgo a deslizamiento, Análisis de taludes y al final se propuso un diseño de talud. Cada dato procesado se incorporó en las fichas de recolección de según el estudio especificado como se pueden visualizar en los anexos.

3.3.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Para el procesamiento y análisis de la información, se empleará la técnica de análisis descriptivo para organizar los datos obtenidos de las observaciones de campo, entrevistas y pruebas geotécnicas. Se aplicarán herramientas de software especializado como GEO5 para modelar los taludes y realizar simulaciones de estabilidad, así como QGIS para analizar las imágenes satelitales y determinar las áreas vulnerables a deslizamientos. Además, se utilizarán métodos estadísticos para interpretar los resultados de las mediciones y encuestas, lo que permitirá identificar patrones y correlaciones entre las condiciones geotécnicas, climáticas y de infraestructura. Estos análisis facilitarán la formulación de un diseño de talud optimizado que mitigue los riesgos asociados a los deslizamientos de tierra en el tramo de estudio.

CAPÍTULO IV

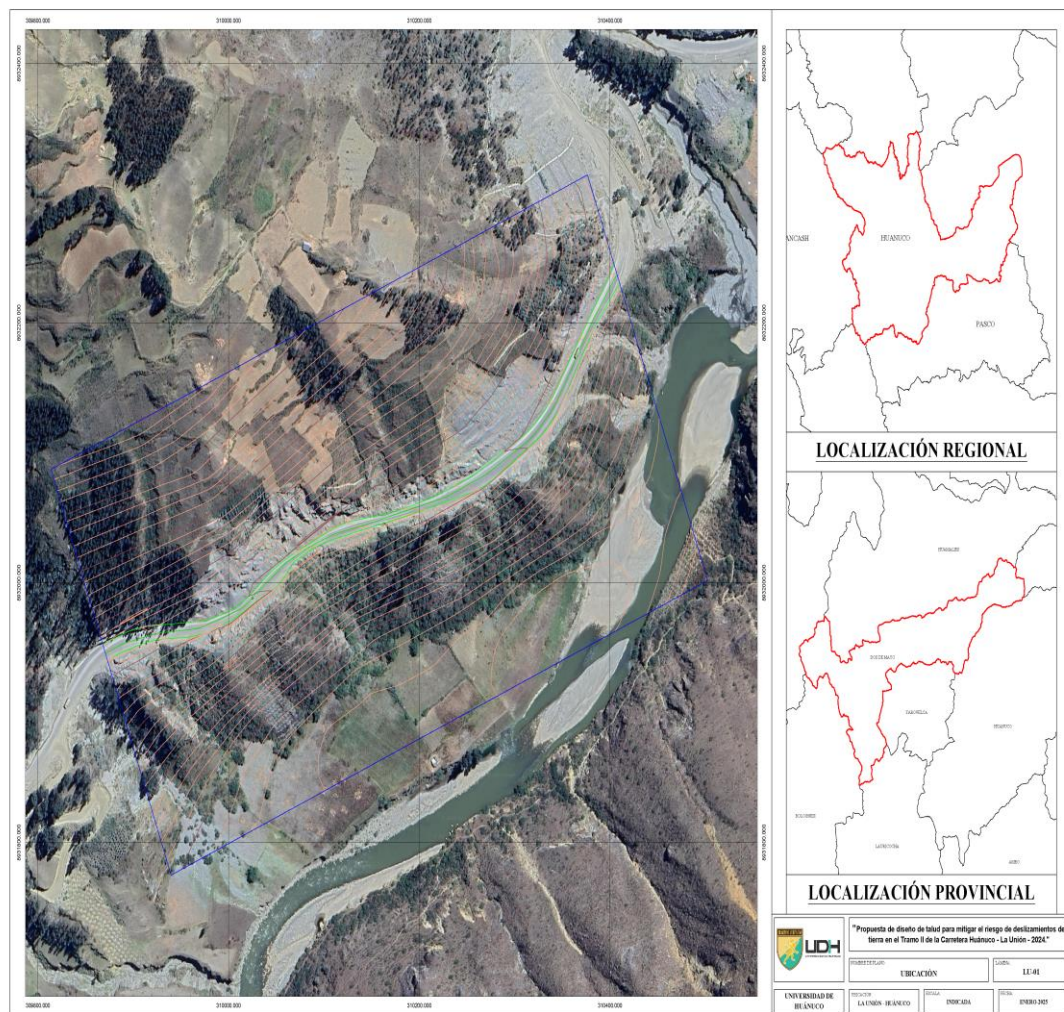
RESULTADOS

4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

En la realización de la investigación se ubicaron los taludes que corresponden a la carretera La Unión – Huánuco con código de ruta PE-3N, específicamente en el km 340.00 como punto de partida.

Figura 10

Localización de área de interés



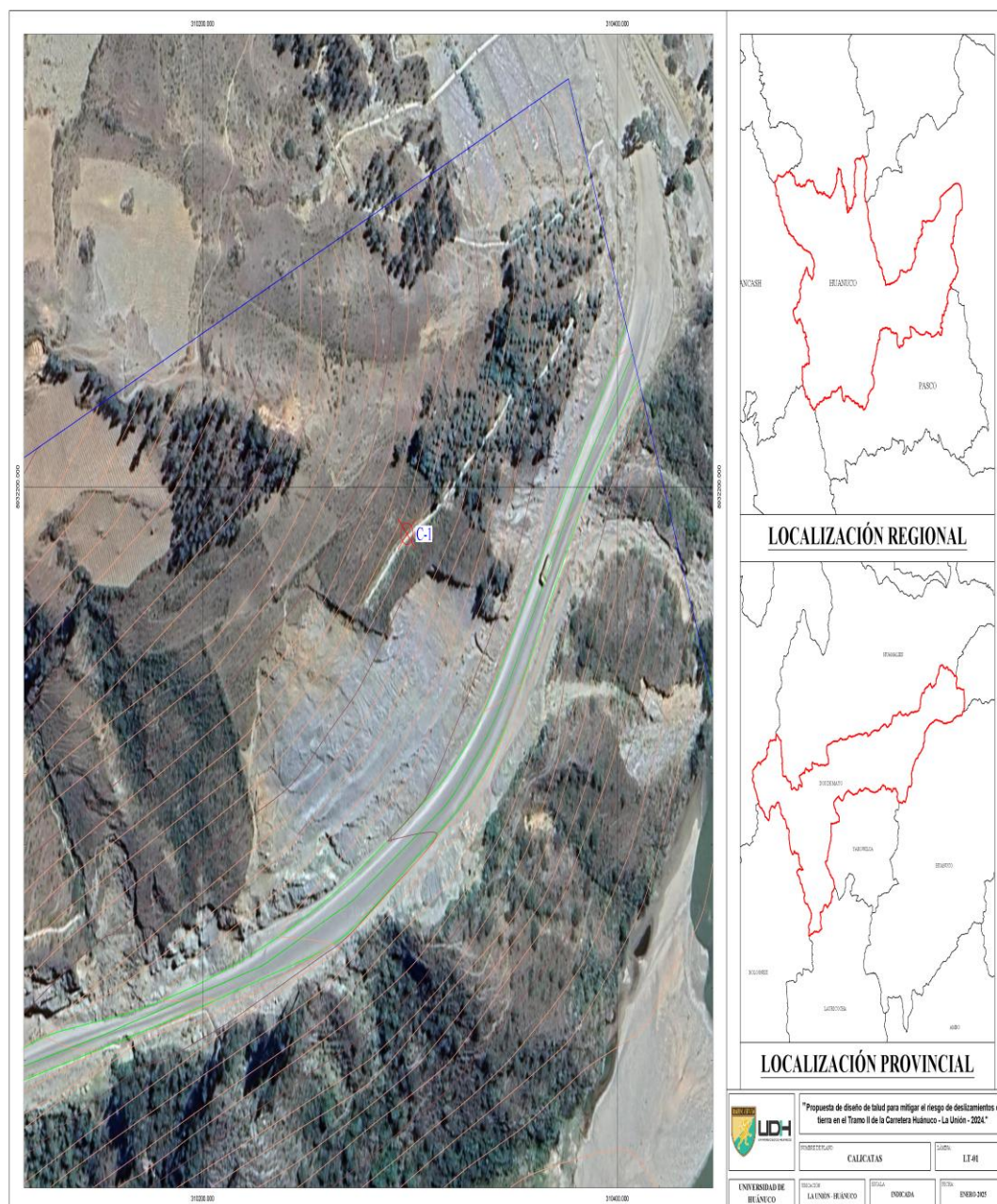
Nota. Localización del área de interés.

El tramo analizado en la presente investigación corresponde a la región de Huánuco. Provincia de Dos de Mayo, en el distrito de La Unión, de ello se pudo identificar un tramo de 620.00 m de análisis topográfico para la investigación.

4.1.1 ANÁLISIS GEOTÉCNICO

Figura 11

Plano de calicatas



Nota. Identificación de calicata.

Para la caracterización de la composición de suelo se elaboró una calicata en la zona cercana a la identificación del deslizamiento identificado, con coordenadas 310298.56 m E, 8932186.89 m N, y con cota 3081.54 msnm.

Figura 12

Reporte granulométrico de C-1

N° de Servicio: LAB-00025 – 2025

SOLICITANTE:	LEANDRO VARA, MIGUEL ANGEL
PROYECTO:	PROPUESTA DE DISEÑO DE TALUD PARA MITIGAR EL RIESGO DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN EL TRAMO II DE LA CARRETERA HUÁNUCO – LA UNION -2024
UBICACIÓN:	DISTRITO DE LA UNION - PROVINCIA DE DOS DE MAYO - DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO
FECHA:	Enero, 2025

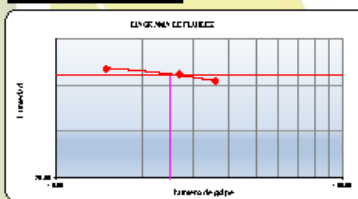
Sondeo:	C-01	Tipo de Material:	Arena limosa
Muestra:	M-1	Condición de la muestra:	HUMEDA
Profundidad:	0.00 - 3.00 m.	Código de Informe y ensayo:	LA B230123175
		Fecha de muestreo:	Enero, 2025

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PORTAMIZADO		
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA	TAMICES	
	Denominación ASTM	Abertura (mm)
	3 pulg	75.000
	2 pulg	50.000
	1 1/2 pulg	37.500
	1 pulg	25.000
	3/4 pulg	19.000
	3/8 pulg	9.500
	No. 4	4.750
	No. 10	2.000
	No. 20	0.850
	No. 40	0.425
	No. 60	0.250
	No. 100	0.150
	No. 200	0.075
	Porcentaje que pasa	
	3 pulg	100.0
	2 pulg	100.0
	1 1/2 pulg	100.0
	1 pulg	100.0
	3/4 pulg	100.0
	3/8 pulg	98.0
	No. 4	91.2
	No. 10	73.9
	No. 20	58.8
	No. 40	50.8
	No. 60	47.1
	No. 100	43.1
	No. 200	42.5

Distribución Granulométrica		
% Grava	Graua Gruesa	0.0 %
	Graua Fina	8.8 %
% Arena	AG%	17.3 %
	AM%	23.1 %
	AF%	8.3 %
% Finos		42.5 %
Tamaño Máximo de la Grava (pulg)		3/4
Forma de la Grava gruesa		Redondeada
Porcentaje retenido en la 3 pulg		0
Método de lavado Malla No. 200		A
Según NTP 400.018 (2018)		—
Coeficiente de Curtadura		—
Coeficiente de Uniformidad		—

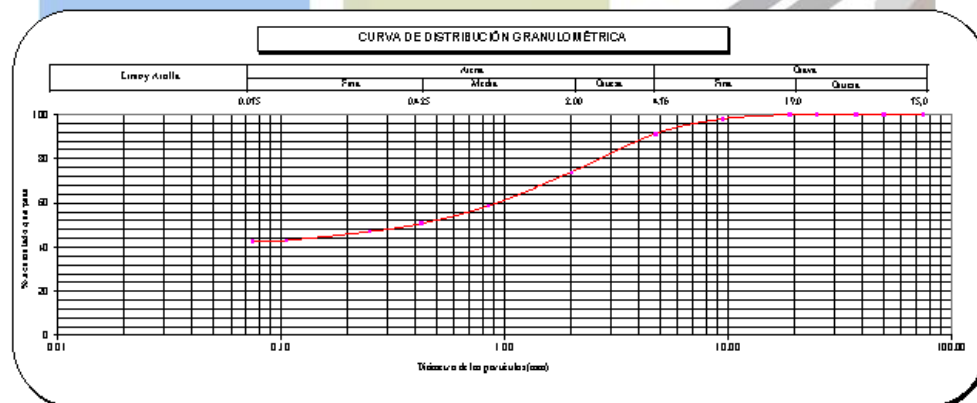
RESULTADOS DEL ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA

Límite Líquido:	42
Límite Plástico:	29
Índice Plástico:	13



Método de ensayo	Multipunto
Preparación de la muestra	Húmeda
Porcentaje retenido aproximado en tamiz No. 40	49.2
Revisador utilizado en el Límite Líquido	Plástico
Equipo de Rolado en el Límite Plástico	Manual

Clasificación (S.U.C.S.)	
SM	Arena limosa
Clasificación (AASHTO)	
A-7-6	Índice de Grupo: 2
Designación (AASHTO)	
MALO	



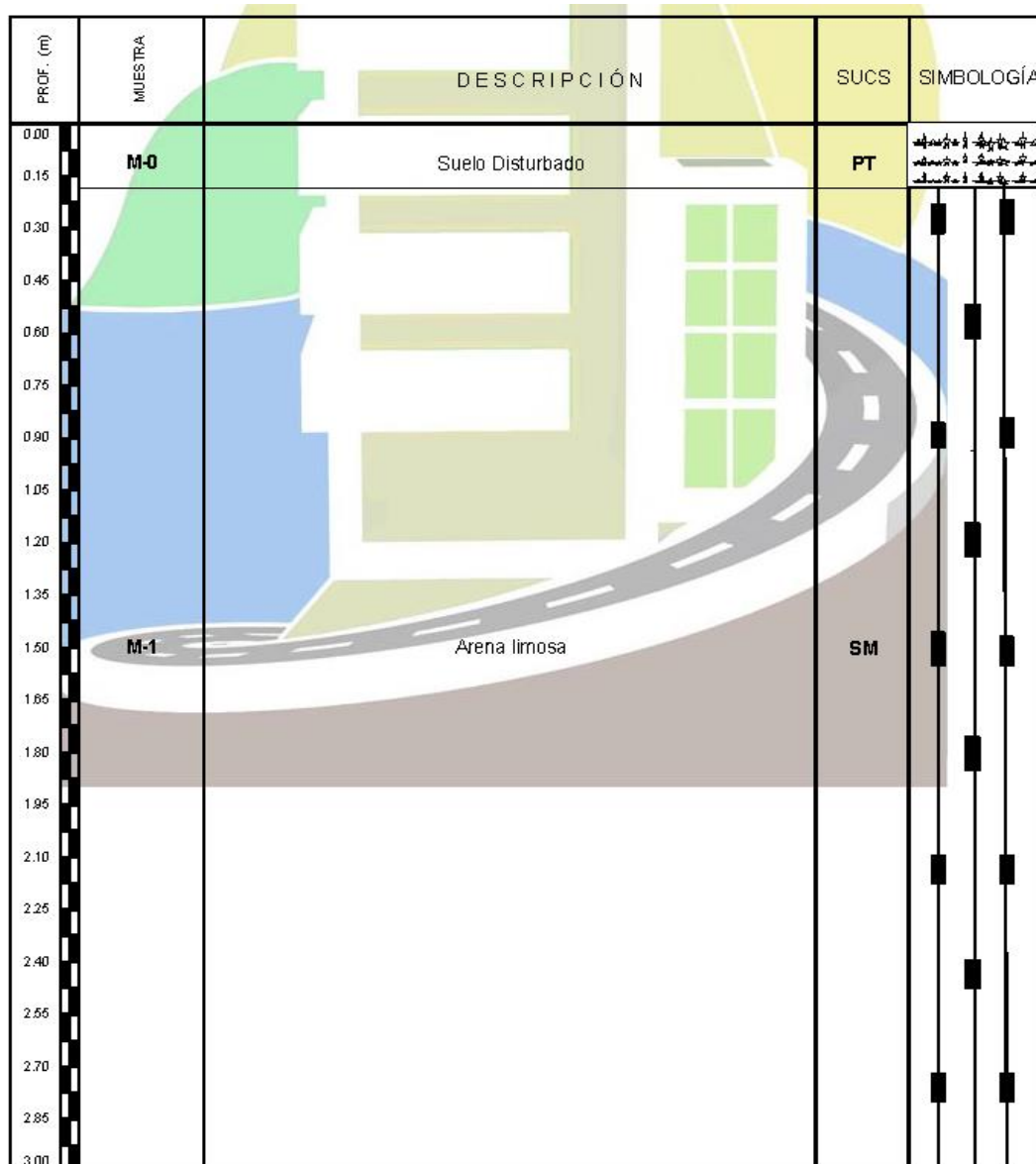
Nota. Reporte de análisis granulométrico de calicata N°1.

Con la ejecución del análisis de calicatas se pudo determinar de la muestra que el suelo se compone de grava de tipo fina en un 8.8%, arena gruesa en un 17.30%, arena media en un 23.1%, arena fina en un 8.30% y un porcentaje de finos del 42.50%. De la muestra se pudo identificar que el máximo diámetro de grava es de 3/4", las formas del suelo grueso son de tipo redondeada. El límite líquido de la muestra es de 42, el límite

plástico de 29 y el valor del índice plástico por ende es de 13. En la clasificación de tipo SUCS es SM de tipo Arena Limosa, la clasificación AASHTO es de tipo A-7-6, índice de grupo 2 y una descripción Mala según lo identificado.

Figura 13

Perfil estratigráfico

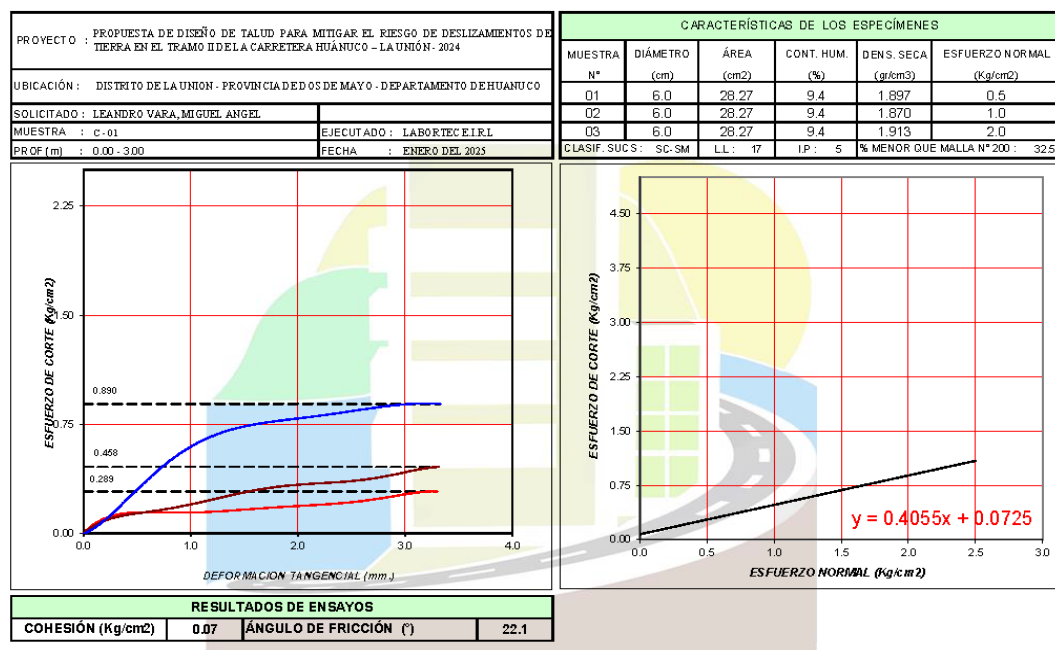


Nota. Perfil estratigráfico.

Se ejecutó una calicata de profundidad de 3.00 m en la cual se pudo identificar 2 características de suelo, en los primeros 0.20 m se identificó una composición de suelo disturbado, para los posteriores 2.80 m se caracterizó un suelo de tipo arena limosa. Con clasificación SUCS de PT y SM respectivamente.

Figura 14

Análisis de corte directo



Nota. Resultados de corte directo aplicado al suelo.

De los 3 ensayos ejecutados para una misma calicata se pudo determinar que los esfuerzos normales fueron de 0.5, 1.0 y 2.0 kg/cm², respectivamente para cada uno de los ensayos, con los resultados se determinaron que la cohesión de la muestra es de 0.07 kg/cm² y el ángulo de fricción interna es de 22.10°.

Figura 15

Análisis de sales y sulfatos de la muestra

Muestra 01

REPORTE DE RESULTADOS	LIMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNIDADES
Sulfatos como ión SO ₄	0.06	0.0925	%
Cloruros como ión Cl	0.10	0.0763	%
pH a 15.9°C	>4	8.5	

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		

Nota. Resultado de análisis de suelo.

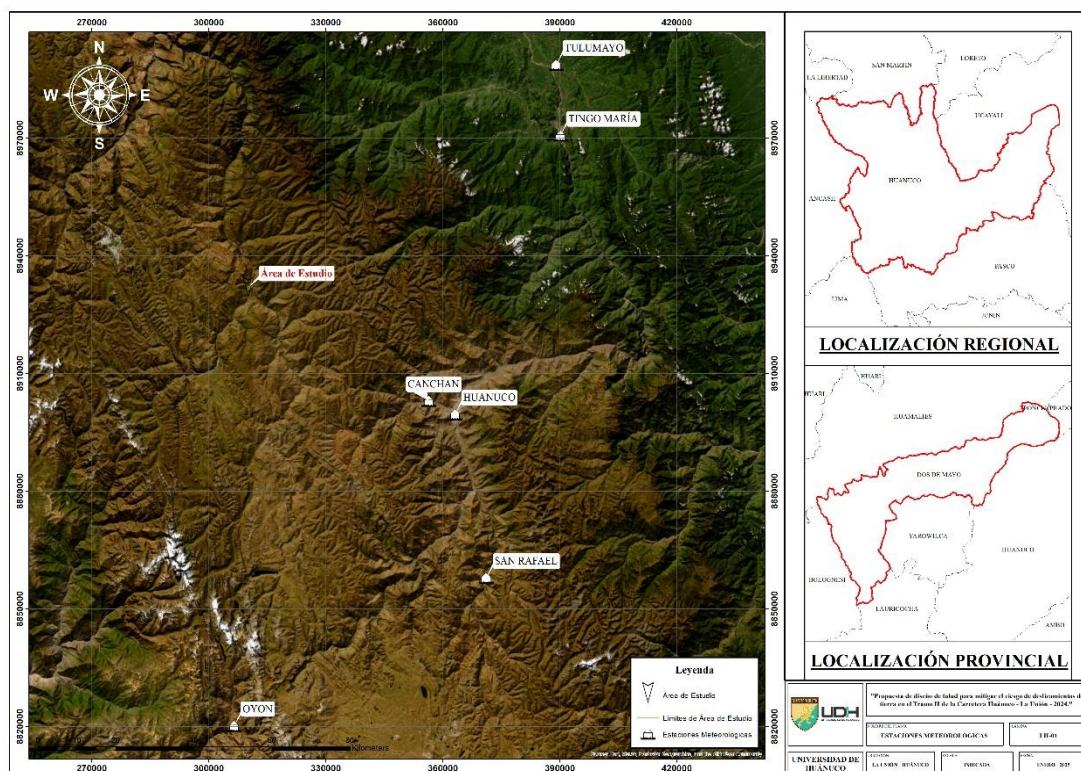
Se pudo determinar que los sulfatos que componen la muestra es del 0.0925% siendo superior al límite establecido de 0.06%, la

composición de los cloruros en la muestra es de 0.0763% siendo este si menor al límite establecido de 0.10% y el análisis del pH de la muestra se obtuvo que es de 8.5 siendo mayor al límite de 4 establecido y correlacionado con la composición de los sulfatos de la muestra.

4.1.2 FACTORES DE RIESGO A DESLIZAMIENTO

Figura 16

Estaciones meteorológicas



Nota. Estaciones del SENAMHI cercanas.

Inicialmente para la caracterización de los factores de riesgo se realizó la determinación de la influencia climatológica en la zona, con ello inicialmente se identificaron las estaciones meteorológicas del SENAMHI con un registro histórico de precipitaciones cercanas al Área de Estudio, de ella se identificaron 06 estaciones meteorológicas las cuales fueron: Huánuco, Canchan, Tingo María, Tulumayo, San Rafael y Oyón.

Tabla 2

Ubicación coordinada de estaciones y área de estudio

REGISTRO DE PUNTOS RELEVANTES			
NOMBRE	ESTE	NORTE	COTA
CANCHAN	356425.50	8903044.49	1986.00

REGISTRO DE PUNTOS RELEVANTES			
NOMBRE	ESTE	NORTE	COTA
HUÁNUCO	363133.64	8899635.57	1947.00
OYÓN	306538.10	8820210.77	3667.00
SAN RAFAEL	371175.15	8857946.91	2699.00
TINGO MARÍA	390121.00	8970701.15	657.00
TULUMAYO	389088.54	8988734.38	612.00
CENTRO DE ÁREA DE INTERÉS	310159.35	8932063.27	3060.00

Nota. Identificación de los puntos coordinados.

La identificación de las estaciones meteorológicas cercanas facilitó la caracterización coordinada de cada una de ellas, con el análisis coordinado se pudo determinar que la estación más cercana a el área de interés es la Estación San Rafael, sin embargo, se estimará un promedio ponderado de acuerdo con las distancias con el punto de interés para determinar a manera de triangulación los valores de precipitación para la zona de interés.

Tabla 3

Registro de precipitaciones Estación San Rafael

UNIDAD DE ATENCIÓN AL CIUDADANO Y GESTIÓN DOCUMENTAL - SENAMHI												
ESTACIÓN: SAN RAFAEL/000552/DZ10							ALT: 2699 MSNM			LONG: 76° 10' 35.7"		
							LAT: 10° 19' 45.3"			DPTO: HUÁNUCO		
PT101	PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA (mm)											
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1999		160.10	115.10	42.80	11.70	10.90	4.40	13.20	64.40	24.00	75.00	63.10
2000	119.90	100.90	158.60	47.50	9.70	20.50	5.40	35.00	22.10	46.20	33.40	113.10
2001	125.40	100.90	134.00	72.10	10.50	11.10	26.50	13.00	28.00	68.90	104.60	151.70
2002	35.10	88.00	157.80	38.60	32.20	3.20	30.30	1.20	17.50	106.80	63.00	135.40
2003	67.10	47.30	116.50	101.40	8.60	7.20	0.00	33.20	28.60	19.40	83.30	126.80
2004	40.20	84.30	60.70	53.50	45.70	16.70	5.00	9.50	45.00	66.00	86.30	172.90
2005	71.50	100.40	125.50		1.90	0.00	4.40	16.40	30.10	55.20	67.80	72.70
2006	112.00	68.70	104.60	54.20	0.90	9.70	5.80	9.80	22.10	64.30	97.90	96.90
2007	93.60	18.90	157.30	47.40	18.50	0.70	41.00	3.70	21.70	67.40	70.30	114.60
2008	100.20	133.20	58.80	35.40	21.20	14.50	1.90	3.90	89.40	84.80	42.30	100.20
2009	84.90	75.20	108.80	44.00	54.10	8.60	21.80	13.80	25.20	42.90	97.50	114.70
2010	134.90	133.60	111.10	78.30	24.90	5.20	10.60	5.40	9.90	43.90	43.10	134.20
2011	125.70	116.70	104.90	53.40	33.70	1.00	1.60	5.20	32.40	66.20	49.40	157.30
2012	85.10	123.20	63.00	111.60	12.10	30.20	3.30	11.20	8.30	77.20	83.80	223.00

2013	94.00	135.90	123.10	71.40	11.90	16.90	7.50	39.40	24.50	104.30	96.50	175.60
2014	110.10	155.50	134.20	44.50	37.30	3.00	0.00	11.50	81.00	19.50	51.40	72.40
2015	97.40	50.70	81.80	57.00	50.60	0.70	6.90	7.70	12.80	25.30	73.60	88.60
2016	49.60	148.50	63.90	61.90	16.40	1.50	2.20	2.20	9.40	75.20	53.90	122.60
2017	109.60	104.80	139.50	36.90	45.20	1.30	14.00	8.60	45.40	62.30	54.90	149.60
2018	118.80	124.50	162.00	81.30	20.40	20.50	15.80	12.80	22.50	124.80	87.20	83.60
2019	162.30		167.00	76.00	23.10	4.80	6.80	0.80	26.70	62.30	46.20	171.90
2020	43.60	132.60										
2021										69.00		68.40
2022	102.00	127.80		50.10	18.40	6.80	12.50	8.90	26.90	87.90	82.10	112.20
2023	60.80	70.70	115.90	28.60	50.70	2.70	0.00	34.30	7.90	43.20	80.00	103.20
2024	158.80	126.10	112.90	33.50		9.00	0.10	8.30	10.40	52.40	117.60	63.40

Nota. Registro de precipitaciones extraídas del SENAMHI.

Los valores de precipitación fueron extraídos de los registros históricos del SENAMHI, con lo cual se pudo identificar que para todas las estaciones existe una falta de registros de precipitación, las cuales fueron rellenas a partir de una interpolación por distancias aplicadas a las estaciones cercanas tomadas en cuenta en la investigación.

Tabla 4

Valores de precipitación para el centroide del AE

PONDERACIÓN AL CENTROIDE DE LA ZONA DE INTERÉS												
ESTACIÓN: SIMULADA						ALT: 3060 MSNM			ESTE: 310159.35			
						NORTE: 8932063.27			DPTO: HUÁNUCO			
PT101	PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA (mm)											
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1999	205.87	188.09	205.61	58.46	76.24	45.11	35.92	14.76	59.61	37.90	99.07	118.70
2000	149.70	158.45	223.99	67.69	38.78	80.44	40.93	37.79	40.53	56.54	64.76	147.20
2001	168.10	109.55	177.84	66.19	72.22	29.60	65.26	19.53	47.81	82.98	160.35	138.63
2002	101.59	169.20	161.41	102.22	92.22	28.55	71.92	36.91	32.91	119.03	136.00	146.55
2003	100.96	132.06	143.69	112.79	73.22	57.27	22.71	59.28	64.82	75.88	119.29	187.64
2004	96.15	98.33	144.03	57.43	57.42	27.99	78.55	28.91	54.39	92.45	140.00	149.83
2005	105.52	125.61	188.73	48.02	27.07	58.75	12.68	28.13	50.78	97.12	66.14	201.16
2006	140.58	159.57	156.15	82.25	30.70	46.66	19.78	35.00	35.90	125.47	160.95	192.24
2007	149.35	62.57	151.52	86.36	56.93	7.11	44.74	21.50	26.43	108.31	98.35	164.73
2008	127.22	173.98	134.06	78.51	34.37	32.25	59.71	17.09	61.78	102.99	62.44	133.70
2009	164.24	159.19	144.32	105.71	93.45	49.26	45.54	35.56	46.10	64.80	109.01	185.17
2010	91.09	211.29	146.76	83.22	43.12	21.14	33.64	15.01	27.57	59.90	132.50	131.28
2011	168.24	176.66	183.99	97.85	56.14	35.72	33.38	14.93	68.04	102.45	108.97	165.89

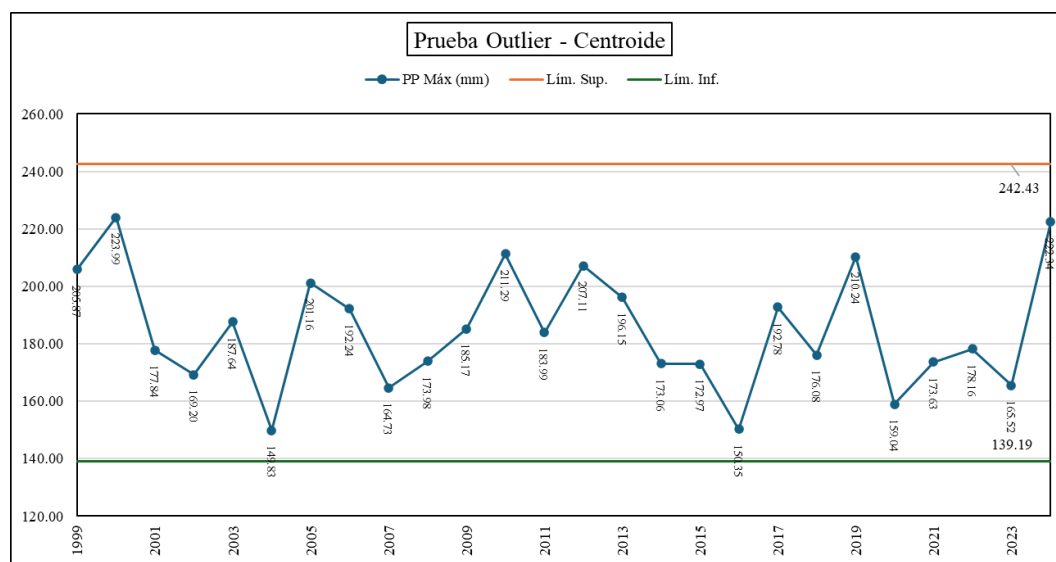
2012	146.63	166.93	115.64	134.13	34.00	46.71	16.01	15.21	26.15	117.55	135.40	207.11
2013	128.33	196.15	184.89	105.21	50.36	49.54	30.47	70.66	42.98	137.37	113.28	144.39
2014	150.34	151.32	161.96	69.11	75.95	39.91	30.45	12.81	89.95	112.59	108.01	173.06
2015	172.97	143.85	125.12	91.66	110.03	35.02	52.27	17.59	24.86	55.25	108.83	131.02
2016	125.29	150.35	116.89	57.94	42.42	34.15	20.29	20.83	25.03	66.19	111.83	147.19
2017	154.86	162.80	152.01	72.96	73.25	42.08	13.37	33.66	58.62	91.56	159.50	192.78
2018	159.42	131.16	161.58	91.30	41.62	47.73	12.72	54.40	32.63	176.08	151.46	133.61
2019	210.24	91.05	203.33	68.21	45.63	42.52	44.57	13.89	32.18	105.74	94.83	156.98
2020	151.77	135.63	159.04	80.99	58.09	40.24	3.80	17.34	29.36	36.25	64.54	123.77
2021	135.37	80.57	121.29	86.43	48.71	43.28	25.41	28.96	41.67	74.93	173.63	139.08
2022	118.07	178.16	144.58	69.97	61.43	36.34	28.28	46.57	46.84	71.71	71.93	126.38
2023	104.49	146.47	165.52	48.77	68.79	37.48	27.60	20.69	50.58	68.98	122.15	163.70
2024	222.34	155.33	134.65	58.56	52.49	61.45	17.15	25.03	11.91	75.77	141.48	179.65

Nota. Registro interpolado de precipitación para área de estudio.

Con las estaciones completas del registro de precipitaciones se procedió a la interpolación de los valores de lluvia para el área de estudio con lo cual se pudo determinar un registro acondicionado para la investigación. Dicha información fue sometida a una prueba de validación para verificar la confiabilidad de la información.

Figura 17

Análisis Outlier para datos de precipitación



Nota. Modelo de Outlier para validación de datos.

Con la aplicación de la caracterización máxima de las precipitaciones anuales registradas se estableció a partir de la prueba Outlier, que el valor máximo de precipitación aceptada es de 242.43 mm, mientras que el valor mínimo es de 139.19 mm, siendo que para el

registro obtenido en la interpolación el valor máximo de precipitación es de 223.99 mm para el año 2000 y el valor de precipitación mínima es de 149.83 mm para el año 2004. Con ello se verificó que el registro se encuentra dentro de los límites identificados para la serie muestral.

Tabla 5

Umbrales de precipitación

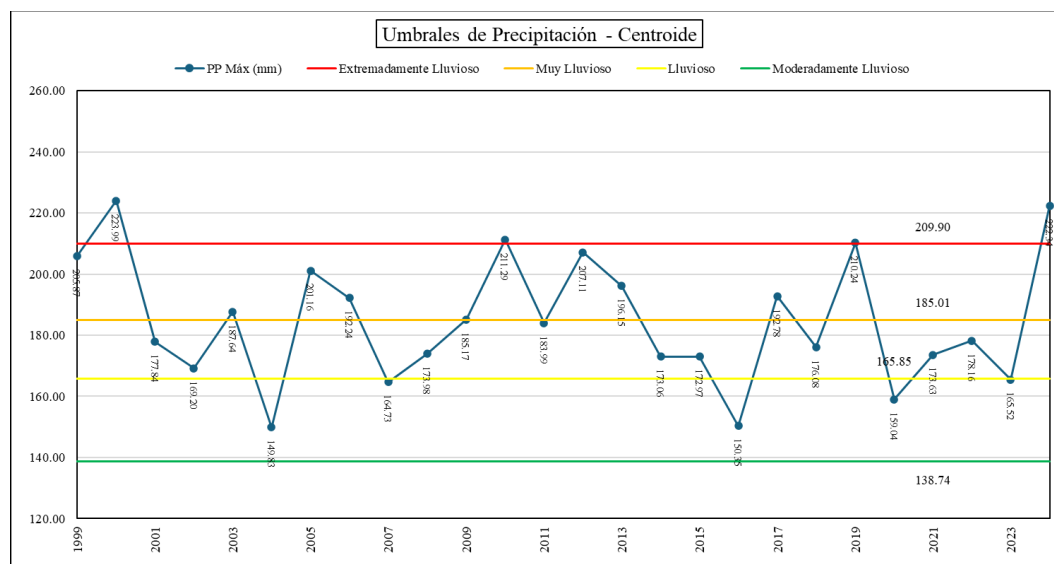
UMBRALES DE PRECIPITACIÓN	CARACTERIZACIÓN DE LLUVIAS EXTREMAS	UMBRALES CALCULADOS PARA LA ESTACIÓN	
RR/día > 99p	Extremadamente Lluvioso	209.90	< RR
95p < RR/día ≤ 99p	Muy Lluvioso	185.01	< RR ≤ 209.90
90p < RR/día ≤ 95p	Lluvioso	165.85	< RR ≤ 185.01
75p < RR/día ≤ 90p	Moderadamente Lluvioso	138.74	< RR ≤ 165.85

Nota. Rangos de precipitación estimados

Con la determinación del registro de precipitaciones se logró determinar los valores de umbrales de precipitación identificación así los siguientes rangos: Moderadamente lluvioso, Lluvioso, Muy lluvioso y Extremadamente lluvioso, obteniéndose los valores de 138.74 mm, 165.85 mm, 185.01 mm y 209.90 mm respectivamente.

Figura 18

Análisis de nivel de precipitaciones



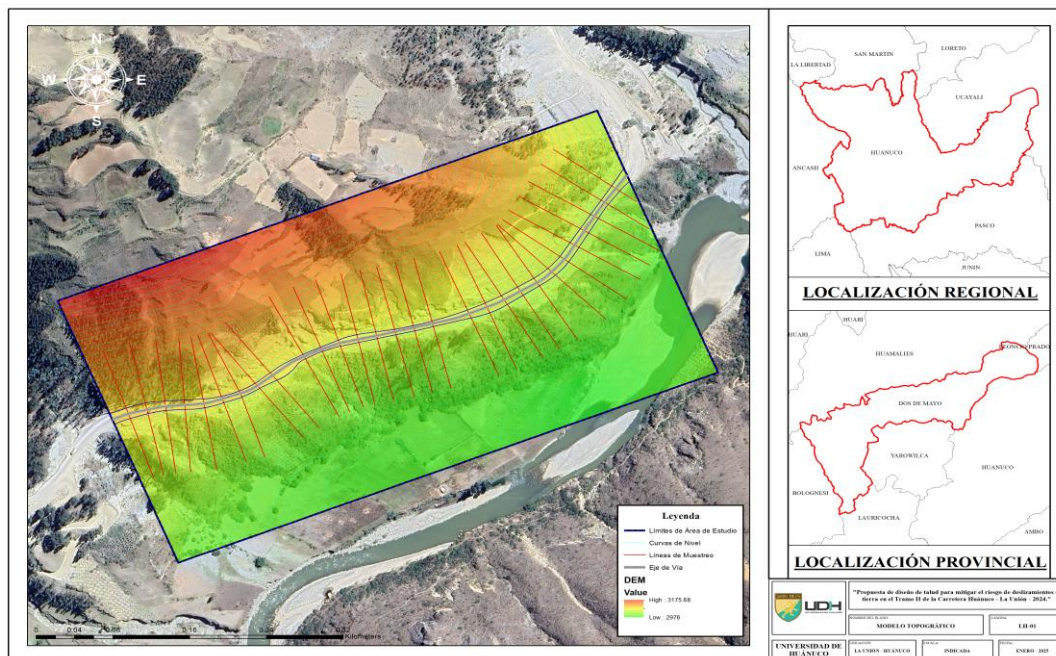
Nota. Determinación de los valores de umbrales de precipitación.

Con la comparación de los valores máximos y los umbrales estimados se pudo determinar que para los años de 2000, 2010, 2019 y 2024 los registros de precipitaciones indican que en la zona se presentaron precipitaciones extremas, mientras que para el resto de los años se encuentran entre Lluvioso o Muy lluvioso, caracterizando así a

la zona de investigación como una zona propicia a la presencia de lluvias que generen inundaciones o deslizamientos en la zona.

Figura 19

Modelo topográfico

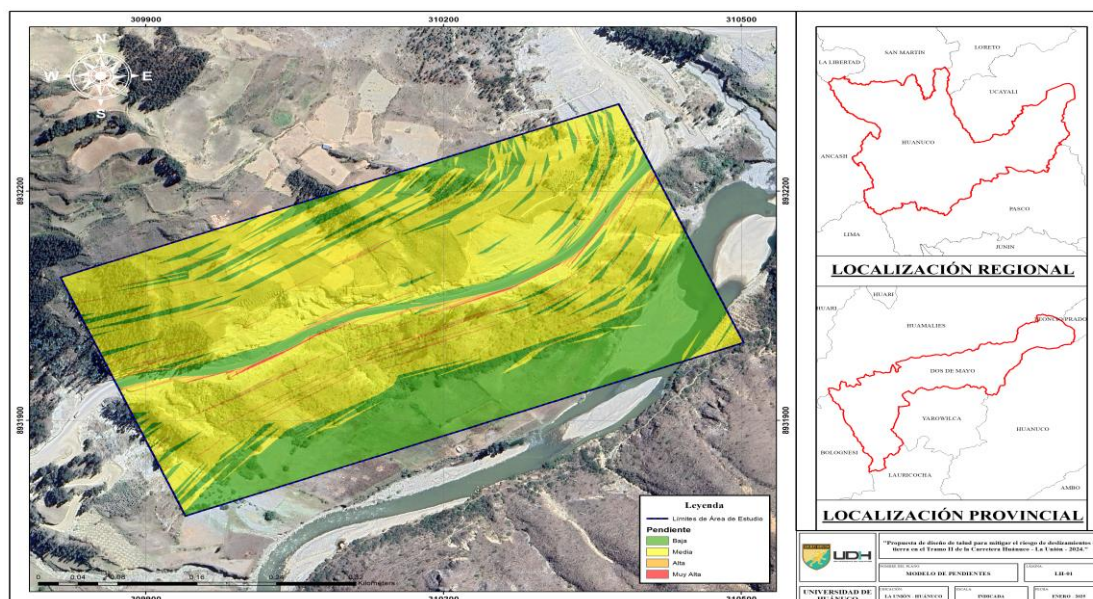


Nota. Modelo topográfico en la zona de investigación.

Para la caracterización topográfica con fines de estimación de variación de pendientes se tuvo que identificar las curvas de nivel del modelo con la finalidad de poder tratar la información en el software ArcMap.

Figura 20

Modelo de pendientes



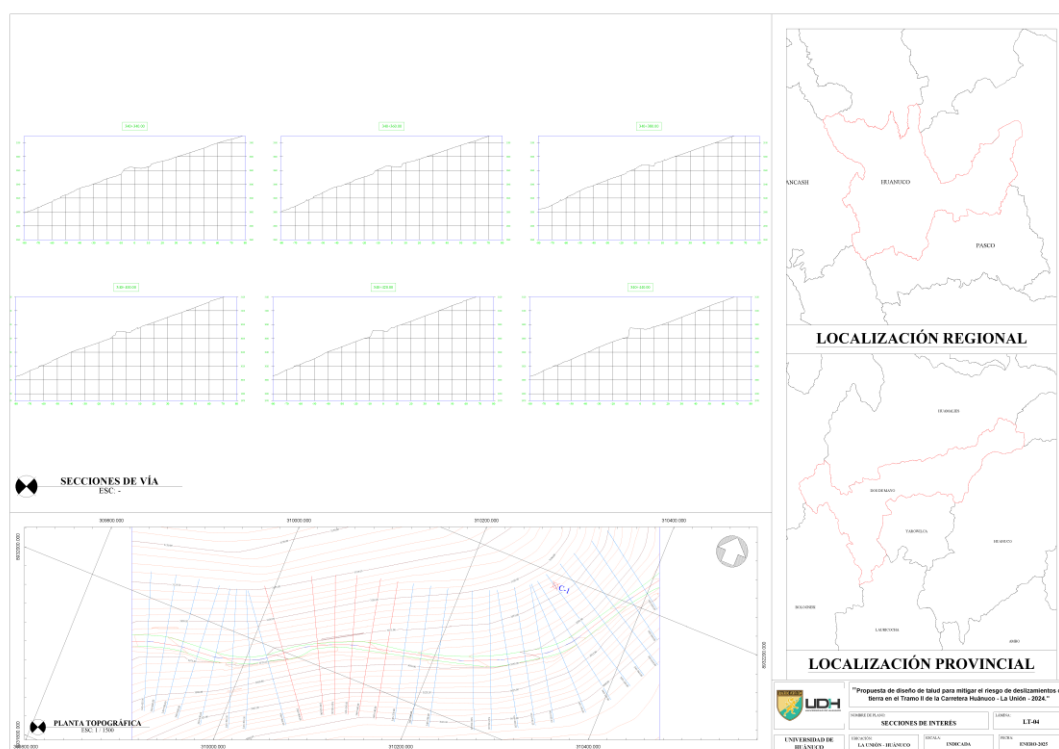
Nota. Estimación de pendientes.

Con el modelo de elevación digital procesado para el software ArcMap se pudo determinar que la variación de pendientes es predominantemente Media en las zonas de corte de talud de la vía PE-3N desde la progresiva 340+000 km. Con ello se evidencia que tanto la pendiente el valor de cohesión de suelo y las precipitaciones características en la zona hacen propensas a los deslizamientos en los taludes analizados.

4.1.3 ANÁLISIS DE TALUDES

Figura 21

Secciones de interés para el diseño de talud



Nota. Secciones para el modelamiento de talud.

En el modelo se tomaron en cuenta las progresivas desde 340+340, 340+360, 340+380, 340+400, 340+420 y 340+440 con una longitud a ambos lados de 50 m en dirección al talud derecho. El procesamiento de los taludes fue realizado íntegramente en el software GEO5 para la verificación de los taludes.

Figura 22

Condiciones de diseño de suelo GEO 5

Edit soil parameters

Identification

Name : Suelo Tingo Chico

Basic data

Unit weight : $\gamma = 18.57$ [kN/m³]

Stress-state : effective

Angle of internal friction : $\phi_{ef} = 22.10$ [°]

Cohesion of soil : $c_{ef} = 6.86$ [kPa]

Uplift pressure

Calc. mode of uplift : standard

Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 18.57$ [kN/m³]

Foliation

Soil foliation : not considered

Draw

Pattern category : GEO

Search :

Subcategory : Soils (1 - 16)

Pattern : 1 Silt

Color :

Background : automatic

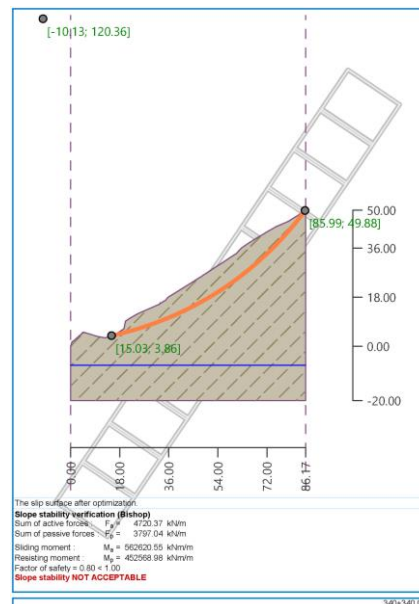
Saturation <10 - 90> : 50 [%]

Nota. Valores paramétricos para el diseño.

Del análisis de las calicatas se pudo determinar que el peso específico del suelo es de 18.57 kN/m³, el ángulo de fricción interna de 22.10° y una cohesión de suelo de 6.86 kPa. Con ello se realizaron los modelamientos de talud.

Figura 23

Análisis de figura en progresiva 340+340



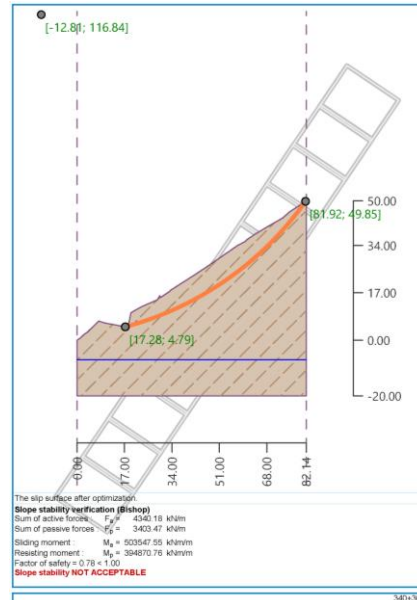
Nota. Modelo crítico de talud.

Con el modelamiento de la progresiva 340+340 se pudo determinar que la suma de fuerzas activas es de 4720.37 kN/m y con ello se

determinó el factor de seguridad de 0.80 caracterizando como inestable al talud.

Figura 24

Análisis de figura en progresiva 340+360

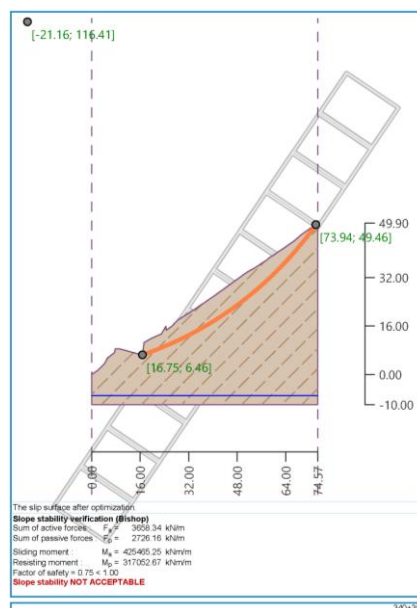


Nota. Modelo crítico de talud.

Con el modelamiento de la progresiva 340+360 se pudo determinar que la suma de fuerzas activas es de 4340.18 kN/m y con ello se determinó el factor de seguridad de 0.78 caracterizando como inestable al talud.

Figura 25

Análisis de figura en progresiva 340+380

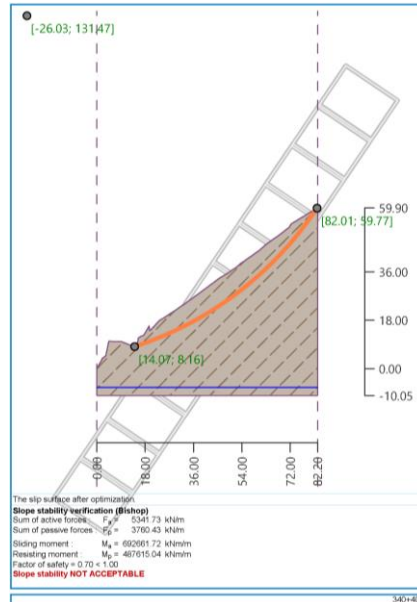


Nota. Modelo crítico de talud.

Con el modelamiento de la progresiva 340+380 se pudo determinar que la suma de fuerzas activas es de 3658.34 kN/m y con ello se determinó el factor de seguridad de 0.75 caracterizando como inestable al talud.

Figura 26

Análisis de figura en progresiva 340+400

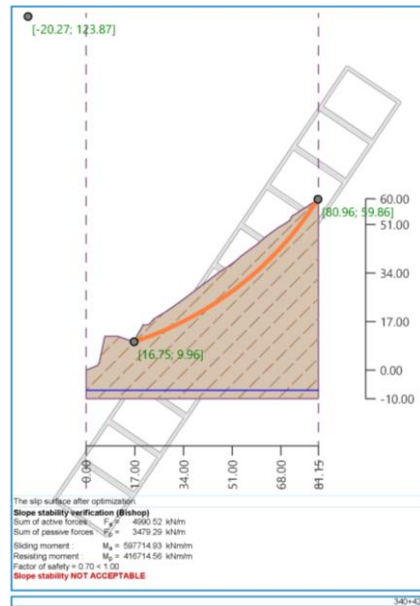


Nota. Modelo crítico de talud.

Con el modelamiento de la progresiva 340+400 se pudo determinar que la suma de fuerzas activas es de 5341.73 kN/m y con ello se determinó el factor de seguridad de 0.70 caracterizando como inestable al talud.

Figura 27

Análisis de figura en progresiva 340+420

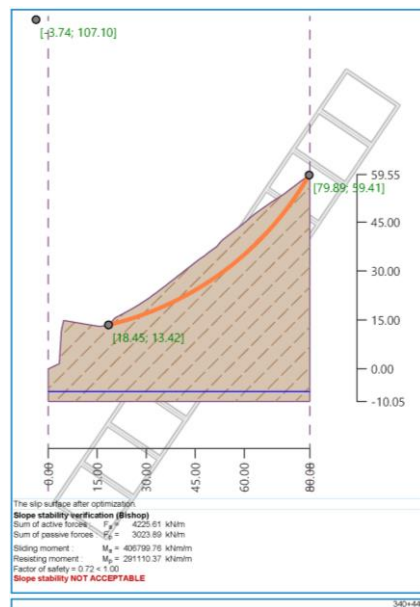


Nota. Modelo crítico de talud.

Con el modelamiento de la progresiva 340+420 se pudo determinar que la suma de fuerzas activas es de 4990.52 kN/m y con ello se determinó el factor de seguridad de 0.70 caracterizando como inestable al talud.

Figura 28

Análisis de figura en progresiva 340+440

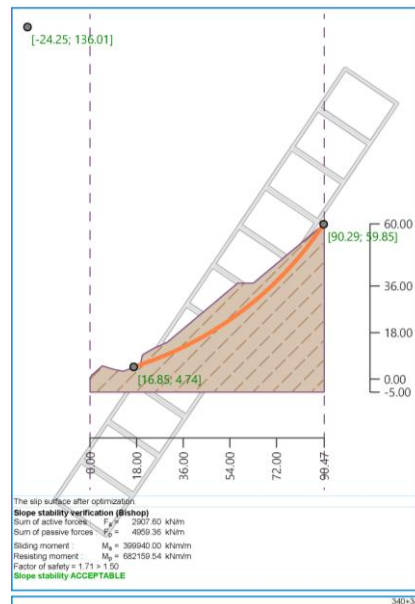


Nota. Modelo crítico de talud.

Con el modelamiento de la progresiva 340+440 se pudo determinar que la suma de fuerzas activas es de 4225.61 kN/m y con ello se determinó el factor de seguridad de 0.72 caracterizando como inestable al talud.

Figura 29

Mejora de talud de progresiva 340+340

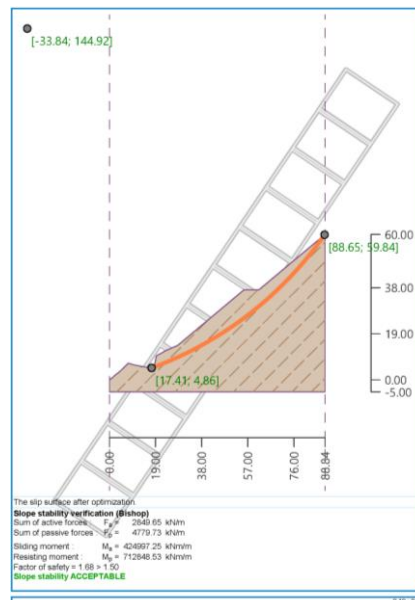


Nota. Modelo estable de talud.

Con el modelamiento estable de la progresiva 340+340 se pudo determinar que la suma de fuerzas activas es de 2907.60 kN/m y con ello se determinó el factor de seguridad de 1.71 caracterizando como un talud estable.

Figura 30

Mejora de talud de progresiva 340+360



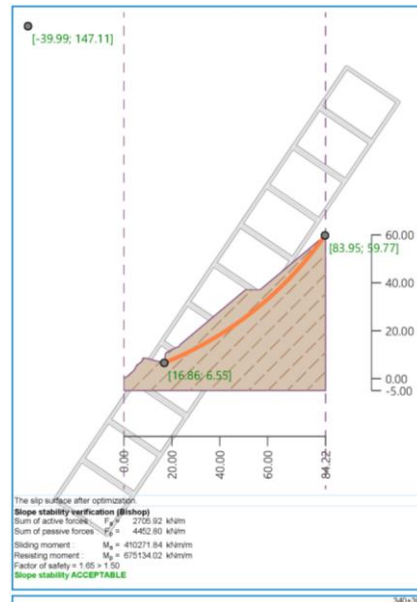
Nota. Modelo estable de talud.

Con el modelamiento estable de la progresiva 340+360 se pudo determinar que la suma de fuerzas activas es de 2849.65 kN/m y con

ello se determinó el factor de seguridad de 1.68 caracterizando como un talud estable.

Figura 31

Mejora de talud de progresiva 340+380

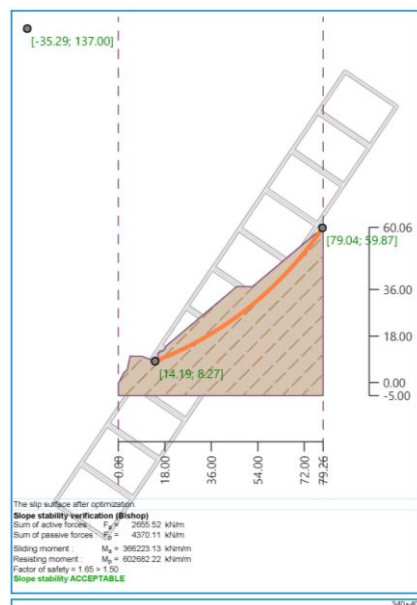


Nota. Modelo estable de talud.

Con el modelamiento estable de la progresiva 340+380 se pudo determinar que la suma de fuerzas activas es de 2705.92 kN/m y con ello se determinó el factor de seguridad de 1.65 caracterizando como un talud estable.

Figura 32

Mejora de talud de progresiva 340+400

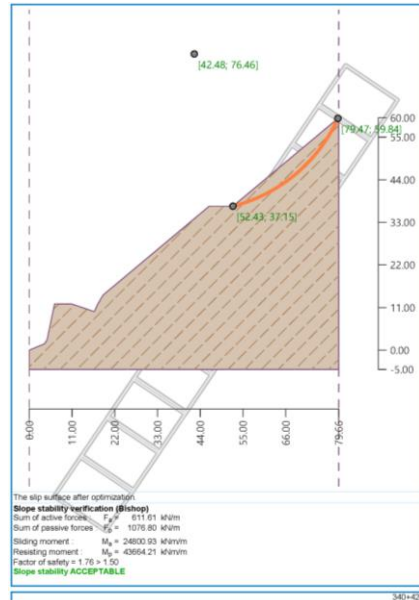


Nota. Modelo estable de talud.

Con el modelamiento estable de la progresiva 340+400 se pudo determinar que la suma de fuerzas activas es de 2655.52 kN/m y con ello se determinó el factor de seguridad de 1.65 caracterizando como un talud estable.

Figura 33

Mejora de talud de progresiva 340+420

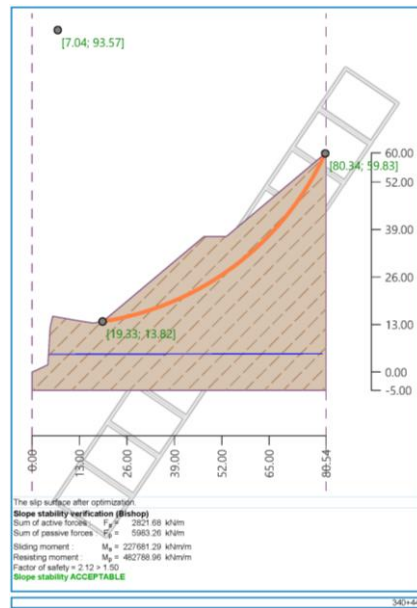


Nota. Modelo estable de talud.

Con el modelamiento estable de la progresiva 340+420 se pudo determinar que la suma de fuerzas activas es de 611.61 kN/m y con ello se determinó el factor de seguridad de 1.76 caracterizando como un talud estable.

Figura 34

Mejora de talud de progresiva 340+440



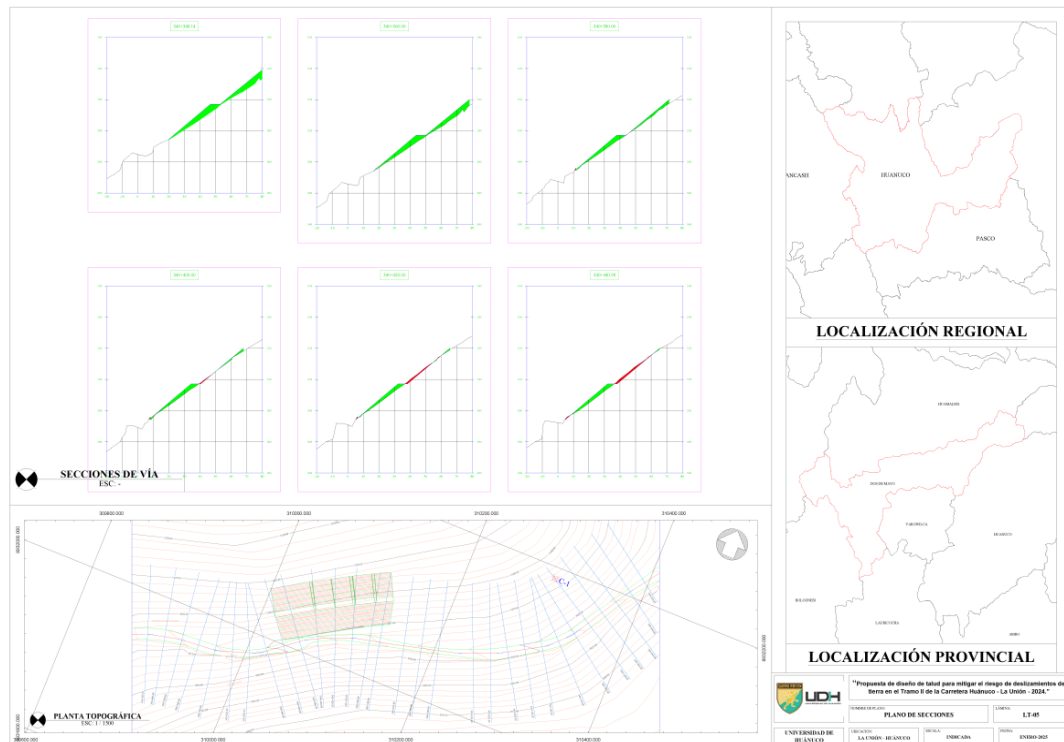
Nota. Modelo estable de talud.

Con el modelamiento estable de la progresiva 340+440 se pudo determinar que la suma de fuerzas activas es de 2821.68 kN/m y con ello se determinó el factor de seguridad de 2.12 caracterizando como un talud estable.

4.1.4 PROPUESTA DE DISEÑO DE TALUD

Figura 35

Secciones de diseño



Nota. Secciones de diseño del talud.

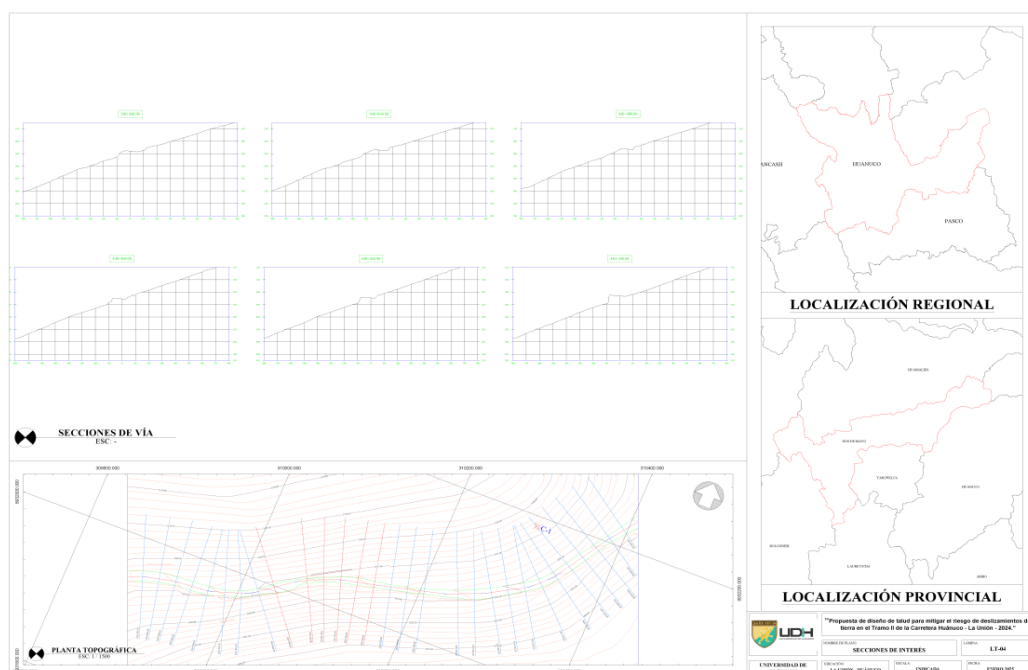
Para el diseño de los taludes se pudo determinar las secciones óptimas para la estabilidad de estos, cada una de ellas se diseñó la pendiente de talud de 1.20:1.00 con una banqueteta de 6.00 m, con la cual se verificó la estabilidad.

4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Hg: El diseño de talud permite mitigar el riesgo de deslizamientos de tierra en el Tramo II de la Carretera Huánuco – La Unión.

Figura 36

Secciones de interés para el diseño de talud

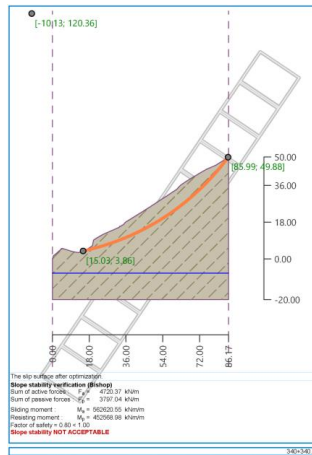


Nota. Secciones para el modelamiento de talud.

Inicialmente para la identificación de los taludes críticos se aplicó la identificación de la topografía de la zona, con ello se determinaron las progresivas a ser sometidas a pruebas de estabilidad en el software GEO5.

Figura 37

Análisis de figura en progresiva 340+340

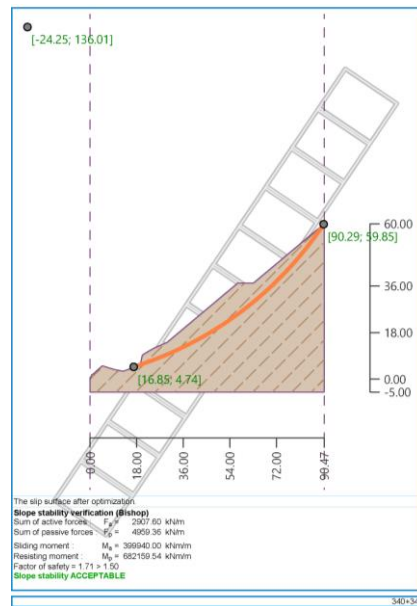


Nota. Modelo crítico de talud.

Cada uno de los perfiles fue sometido a análisis en el software GEO5, de ello se pudo determinar que las secciones son inestables siendo los factores de seguridad menores a 1.00 y evidenciando las deficiencias de estabilidad en el tramo.

Figura 38

Mejora de talud de progresiva 340+340

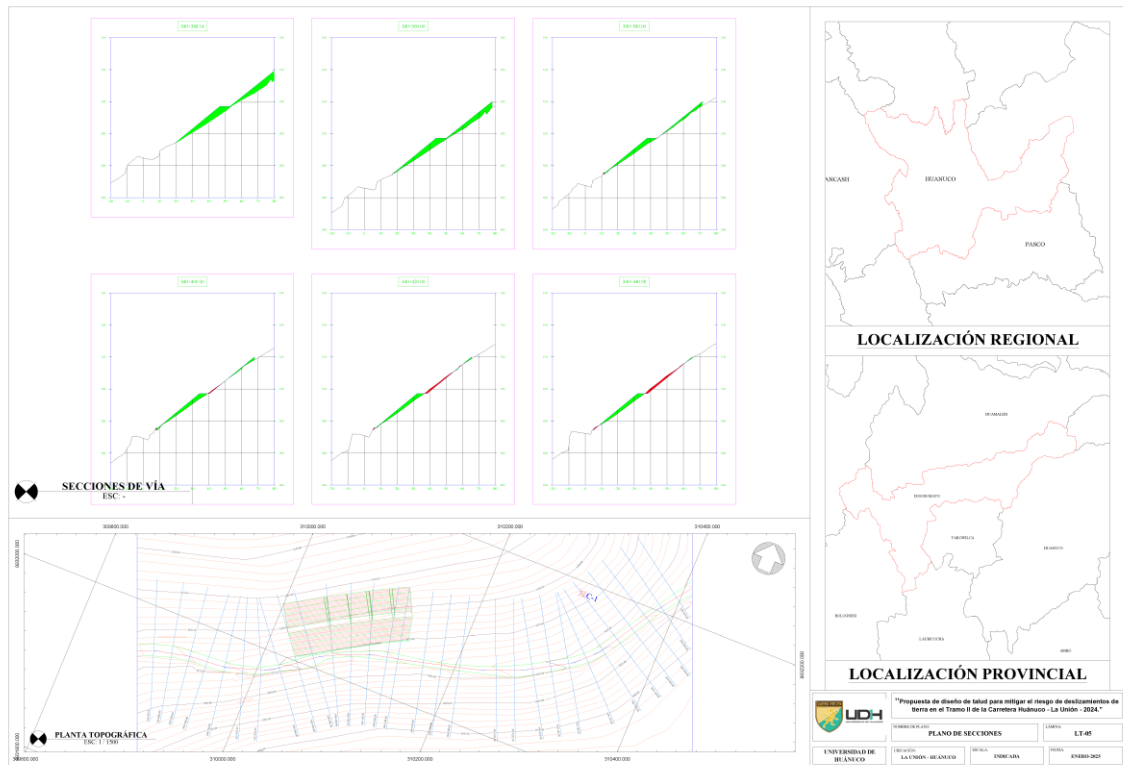


Nota. Modelo estable de talud.

Con ello se plantearon los modelos de estabilidad de talud para cada uno de los perfiles analizados, con ello se pudo determinar que el factor de seguridad es incluso mayor a 1.50 el cual se establece como valor aceptable para la estabilidad teniendo en cuenta los factores de seguridad para la zona.

Figura 39

Secciones de diseño



Nota. Secciones de diseño del talud.

Para el diseño de los taludes se pudo determinar las secciones óptimas para la estabilidad de estos, cada una de ellas se diseñó la pendiente de talud de 1.20:1.00 con una banquetta de 6.00 m, con la cual se verificó la estabilidad. Y se da por aceptada la hipótesis general planteada demostrando que se mitigan los riesgos a deslizamiento con el planteamiento de los taludes y banquetas en la zona.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Cabello (2023), en su estudio sobre la aplicación de geosintéticos para la estabilización de taludes en la Carretera Central (km 184 al km 190, San Rafael – Huánuco), empleó geotextiles y geomallas en áreas críticas, lo que permitió aumentar el factor de seguridad de 1.2 a 1.8 y reducir la ocurrencia de deslizamientos en un 40 % durante temporadas de lluvias intensas. Su investigación demostró que el uso de estos materiales mejoró la estabilidad del terreno y la durabilidad de la infraestructura vial, destacando la viabilidad técnica y económica de esta solución, siempre que se implementara un diseño adecuado y un mantenimiento periódico. En nuestro estudio, se determinó que los taludes en la vía PE-3N, en la progresiva 340+000 km, presentaban inicialmente factores de seguridad menores a 1.00, evidenciando una inestabilidad crítica y una alta susceptibilidad a deslizamientos. A través de la implementación de banquetas de 6.00 m y una pendiente de talud de 1.20:1.00, se logró mejorar la estabilidad del terreno, incrementando el factor de seguridad hasta valores superiores a 1.50, considerados óptimos para garantizar la estabilidad estructural. En conclusión, ambas investigaciones confirmaron que la estabilidad de los taludes dependía de múltiples factores, incluyendo la pendiente, las características del suelo y las condiciones climáticas. Aunque en nuestra investigación se logró mejorar la estabilidad con soluciones estructurales, los resultados de Cabello sugirieron que la incorporación de geosintéticos podría complementar y optimizar la resistencia del terreno en la vía PE-3N. Esto resalta la importancia de considerar estrategias combinadas para mitigar riesgos de deslizamientos en zonas con alta susceptibilidad.

Santa Cruz (2023), en su estudio sobre el uso de muros de mampostería de piedra para la estabilización de taludes en el tramo Puente Rancho - Pano, ruta PE-18E, evaluó la eficacia de esta técnica como una solución técnica y económica para minimizar riesgos de deslizamientos y mejorar la seguridad vial. Mediante ensayos geotécnicos y levantamientos topográficos, diseñó e implementó muros en un tramo experimental de 150 metros, logrando incrementar el coeficiente de seguridad del talud de 1.1 a 1.5 en

condiciones estáticas y de 0.9 a 1.2 en condiciones pseudoestáticas. Sus resultados demostraron que esta solución redujo el riesgo de fallas en taludes en un 40 %, destacándose como una alternativa viable y de bajo costo frente a otras metodologías de estabilización. En nuestra investigación, se determinó que los taludes en la vía PE-3N, en la progresiva 340+000 km, presentaban inicialmente factores de seguridad menores a 1.00, lo que indicaba una alta inestabilidad y propensión a deslizamientos. A través de la implementación de banquetas de 6.00 m y una pendiente de talud de 1.20:1.00, se logró mejorar la estabilidad del terreno, alcanzando un factor de seguridad superior a 1.50, considerado óptimo para garantizar la estabilidad estructural. El análisis geotécnico permitió clasificar el suelo como arena limosa (SM según SUCS) y A-7-6 con índice de grupo 2 según AASHTO, lo que lo caracterizó como un material de baja calidad para la estabilidad de taludes. Se determinó que la cohesión del suelo era de 0.07 kg/cm² y el ángulo de fricción interna de 22.10°, lo que evidenció una baja resistencia al corte y una mayor susceptibilidad a deslizamientos, especialmente en presencia de lluvias intensas. Comparando ambos estudios, se observó que, mientras que Santa Cruz (2023) implementó muros de mampostería como una solución estructural, en nuestra investigación se optó por modificaciones geométricas del talud mediante banquetas y cortes. En ambos casos, se logró incrementar el factor de seguridad a valores superiores a 1.50, aunque en la investigación de Santa Cruz el refuerzo estructural permitió mejorar la estabilidad incluso en condiciones pseudoestáticas (de 0.9 a 1.2), lo que indica una mayor resistencia ante eventos sísmicos.

CONCLUSIONES

De la propuesta del diseño de talud se pudo concluir que para el diseño de los taludes cada una de ellas se diseñó con la pendiente de talud de 1.20:1.00 con una banqueteta de 6.00 m, con la cual se verificó la estabilidad del talud en las secciones analizadas.

Del análisis geotécnico detallado realizado se pudo concluir que el límite líquido de la muestra es de 42, el límite plástico de 29 y el valor del índice plástico por ende es de 13. En la clasificación de tipo SUCS es SM de tipo Arena Limosa, la clasificación AASHTO es de tipo A-7-6, índice de grupo 2 y una descripción Mala según lo identificado. Los esfuerzos normales fueron de 0.5, 1.0 y 2.0 kg/cm², respectivamente para cada uno de los ensayos, con los resultados se determinaron que la cohesión de la muestra es de 0.07 kg/cm² y el ángulo de fricción interna es de 22.10°.

En la evaluación de los factores que contribuyen al riesgo a deslizamientos se pudo concluir la variación de pendientes es predominantemente Media en las zonas de corte de talud de la vía PE-3N desde la progresiva 340+000 km. Con ello se evidencia que tanto la pendiente el valor de cohesión de suelo y las precipitaciones características en la zona hacen propensas a los deslizamientos en los taludes analizados.

Del diseño y propuesta de talud en la zona de interés se pudo concluir que, inicialmente los taludes presentaron un factor de seguridad menor a 1.00 el cual evidencia una inestabilidad en su composición propensa al deslizamiento, con el planteamiento de banquetetas y cortes de talud se mejoró los valores del factor de seguridad para cada progresiva llegando a superar cada una de ellas al valor de 1.50 el cual se establece como óptimo.

RECOMENDACIONES

Se recomienda mantener una pendiente adecuada y la inclusión de banquetas para garantizar la estabilidad del terreno, verificando su efectividad mediante estudios geotécnicos en cada sección analizada.

Dado que el suelo presenta una baja cohesión y características que pueden afectar su estabilidad, se sugiere implementar refuerzos, como geotextiles o sistemas de drenaje, para mejorar sus propiedades y reducir riesgos.

Considerando que las pendientes en las zonas de corte pueden favorecer deslizamientos, se recomienda la instalación de drenajes adecuados para minimizar la infiltración de agua y mantener la estabilidad del talud.

Para mejorar la estabilidad del talud, se recomienda el uso de banquetas y cortes estratégicos, asegurando que el factor de seguridad sea óptimo y realizando monitoreos periódicos para prevenir fallas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- Allauca Zumba, E., & Haro Guevara, G. (2024). *Propuesta de diseño de vivienda de interés social para los damnificados por el deslizamiento de tierra en el cantón Alausí*. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo .
- Cabello Yacolca, E. R. (2023). *Aplicación de geosintéticos para la estabilización de talud en la carretera central km, 184 al km.190 del distrito de San Rafael – Huánuco, 2019*. San Rafael, Huánuco, Huánuco: Universidad de Huánuco. doi:Cabello Yacolca, Edgar Ronal.pdf
- Castañeda Rodríguez, H. (2021). *Análisis de estabilidad de taludes mediante herramientas computacionales*. Lima: PUCP.
- Cruz Huamán. (2019). *Análisis de riesgos naturales*. Trujillo: UPAO.
- Escobar Toro, L. J. (2012). *Análisis de eestabilidad y probabilidad de falla de dos taludes de suelo tropical en la autopista Medellín - Bogotá en el tramo de vía entre Marinilla y Santuario*. Medellín, Bogotá, Colombia: Boletín de Ciencias de la Tierra. doi: Bol. cienc. tierra no.31 Medellín Jan./July 2012
- Flores Espinoza, M. (2017). *Gestión de riesgos en zonas de alta vulnerabilidad geológica*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería .
- Gómez Chávez. (2019). *Gestión de riesgos naturales*. Cusco: UNSAAC.
- González Jara, L. (2019). *Análisis y estabilidad de taludes en zonas de alta montaña*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Gutiérrez Herrera, C. (2017). *Desastres naturales y su impacto en la infraestructura vial en los Andes peruanos*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Gutiérrez, F. (2017). *Deslizamientos de tierra en el contexto peruano: análisis y prevención*. Lima: Editorial tecnológica.

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación*. doi:Metodología de la investigación - Sexta Edición
- Hernández Sarmiento, C. (2019). *Evaluación y mitigación del riesgo de deslizamientos en zonas urbanas del Perú*. Lima: PUCP.
- Herrera Correa, J. B. (2023). *Análisis estático y pseudoestático en la estabilización de talud mediante muro de suelo reforzado de la carretera PE-3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco – La Unión, 2023*. Huánuco : Universidad De Huánuco .
- Lozano Rojas. (2020). *Geotecnia Aplicada*. Huancayo: UNCP.
- Medina Ayala, E., & Dávalos Salazar, J. (2023). *Propuesta de diseño de muro de suelo reforzado con geomallas para estabilización de talud en el AA. HH. Buenos Aires de Villa en el distrito de Chorrillos* . Lima: Universidad Peruana De Ciencias Aplicada.
- Ocampo Arguello , J., & Mejía Lara, Á. (2023). *Deslizamientos en el barrio Fausto Bazante y los factores que influyen en la vulnerabilidad. periodo mayo – septiembre 2023*. Guaranda: Universidad Estatal De Bolívar .
- Paredes Zapata, O. E., González González, R., Cuellar Cárdenas, M. A., Prieto Rincón, G., Fuenzalida Etcheverry, H. A., Calvache Velasco, M., . . . Esperanza Pérez, M. (2021). *Informe de gestión*. Colombia: Servicio Geológico Colombiano. doi:2021-Informe-de Gestion-SGC-Vigencia-2021.pdf
- Paredes, J. (2017). *Estabilidad de taludes y métodos de análisis en terrenos andinos*. Lima: Civil Perú.
- Pérez Arrieta, J. (2022). *Mitigación del riesgo ante procesos de erosión y remoción en masa en centros educativos rurales de Antioquia, mediante un ábaco de diseño y propuestas de obras de bioingeniería*. Antioquia: Universidad EIA.
- Pérez Huerta, L. (2017). *Comportamiento geotécnico de suelos y su relación con la estabilidad de taludes en la zona andina del Perú*. Lima: PUCP.
- Pérez Salazar. (2021). *Fenómenos Geodinámicos*. Arequipa: UNSA.
- Ponce Guerrero, J. C. (2020). *Fundamentos de la investigación científica aplicada a la ingeniería civil*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Quispe Araujo. (2020). *Mecánica de suelos aplicada*. Arequipa: UNSA.

- Rodriguez Aparicio, L., & Rosas Milla, R. (2021). *Propuesta para mitigar el riesgo de la falla global en el acantilado ubicado frente a la playa agua dulce-Chorrillos mediante el sistema de muro mecánicamente estabilizado*. Lima: Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas.
- Sabino, C. (2008). *El procesos de Investigación*. doi:Microsoft Word - proceso_investigacion
- Salazar Rodríguez, J. (2020). *Caracterización geotécnica y estabilización de suelos en proyectos de infraestructura vial en Perú*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Salinas Carrasco. (2020). *Ingeniería sostenible*. Lima: UNMSM.
- Sánchez Aguilar, J. (2018). *Estabilidad de taludes y control de deslizamientos en zonas andinas*. Lima: San Marcos.
- Sánchez Aguilar, J., & Paredes Herrera, V. (2016). *Control de deslizamientos y estabilización de taludes en áreas montañosas*. Lima: San Marcos.
- Santa Cruz Bernardo, G. (2023). *Uso de muro de mampostería de piedra para reforzamiento y estabilización de talud, aplicado en el tramo: Puente Rancho - Pano, ruta Pe-18e*. Huánuco : Universidad de Huánuco .
- Serrano Fernández , J. (2019). *Investigación geotécnica para el diseño de obras viales*. Lima: UPC.
- Torres García, L. (2020). *Estudio de la estabilidad de taludes en la región andina peruana*. Arequipa: Universitaria .
- Torres Velásquez. (2019). *Estabilidad de taludes*. Puno: UNA.
- Vargas Díaz, L. A. (2018). *Metodología de la investigación en ingeniería geotécnica*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín.
- Vargas Espinoza. (2020). *Diseño de taludes*. Lima: UPC.
- Vargas Medina, H. (2020). *Estabilidad de taludes en suelos y rocas*. Lima: San Marcos .
- Vásquez González, C. (2021). *Tecnologías innovadoras para la estabilización de taludes en zonas andinas*. Lima: Academia en 2021.
- Zárate, J. (2019). *Estabilidad de taludes y deslizamientos en zonas altoandinas*. Arequipa: UNSA.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Leandro Vara, M.A. (2026) *Propuesta de diseño de talud para mitigar el riesgo de deslizamientos de tierra en el tramo II de la carretera Huánuco - La Unión - 2025* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco], Repositorio Institucional UDH

ANEXOS

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 2834-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 20 de diciembre de 2024

Visto, el Oficio N° 1910-2024-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 DE TALUD PARA MITIGAR EL RIESGO DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN EL TRAMO II DE LA CARRETERA HUÁNUCO - LA UNIÓN - 2025", presentado por el (la) Bach. Miguel Angel LEANDRO VARA.

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° 2567-2024-D-FI-UDH, de fecha 19 de noviembre de 2024, perteneciente al Bach. Miguel Angel LEANDRO VARA, se le designó como ASESOR(A) 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° 1910-2024-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "PROPUESTA DE DISEÑO DE TALUD PARA MITIGAR EL RIESGO DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN EL TRAMO II DE LA CARRETERA HUÁNUCO - LA UNIÓN - 2025", presentado por el (la) Bach. Miguel Angel LEANDRO VARA integrado por los siguientes docentes: Mg. Luis Fernando Narro Jara (Presidente), Mg. Leonel Marlo Aguilar Alcántara (Secretario) y Mg. Yelen Lisseth Trujillo Ariza (Vocal), quienes declaran APTO 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 DE TALUD PARA MITIGAR EL RIESGO DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN EL TRAMO II DE LA CARRETERA HUÁNUCO - LA UNIÓN - 2025", presentado por el (la) Bach. Miguel Angel LEANDRO VARA 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. Eitel Manuel Montano Lozano
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Mg. Bartha Campos Ríos
DECANA EJEC. FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Exp. Coordinando - Interesado - Archivo.
BCR/EJML/rto.

RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

RESOLUCIÓN Nº 2567-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 19 de noviembre de 2024

Visto, el Oficio N° 1758-2024-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 517480-0000009497, del Bach. Miguel Angel LEANDRO VARA, 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° 517480-0000009497, presentado por el (la) Bach. Miguel Angel LEANDRO VARA, 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. Miguel Angel LEANDRO VARA 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 - Archivo.
BLCR/EJML/mh.

ANEXO 1
MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 6

Matriz de Consistencia

TÍTULO: “Propuesta de diseño de talud para mitigar el riesgo de deslizamientos de tierra en el Tramo II de la Carretera Huánuco – La Unión - 2025”

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Problema General: ¿De qué manera se puede mitigar el riesgo de deslizamientos de tierra en el Tramo II de la Carretera Huánuco – La Unión? Problemas Específicos: ¿Cuáles son las propiedades geotécnicas que afectan la estabilidad del terreno del km 340 zona de Tingo Chico, Tramo II de la Carretera Huánuco – La Unión? ¿Qué factores geológicos, hidrogeológicos, climáticos y antropogénicos contribuyen al riesgo de deslizamientos en la zona de estudio? ¿Qué configuración geométrica y medidas de estabilización serían óptimas para el diseño del talud que mitigue el riesgo de deslizamientos en la zona de estudio?	Objetivo general Proponer un diseño de talud para mitigar el riesgo de deslizamientos de tierra en el Tramo II de la Carretera Huánuco – La Unión. Objetivos específicos Realizar un análisis geotécnico detallado del km 340 zona de Tingo Chico, Tramo II de la Carretera Huánuco – La Unión. Evaluar los factores que contribuyen al riesgo de deslizamientos en la zona de estudio. Diseñar una propuesta de talud técnicamente viable y sostenible en la zona de estudio.	El diseño de talud permite mitigar el riesgo de deslizamientos de tierra en el Tramo II de la Carretera Huánuco – La Unión.	Técnicas de Investigación Se empleará la técnica de observación directa para identificar y documentar las condiciones físicas y geotécnicas de los taludes. Instrumentos Se utilizarán fichas de observación para registrar las características visuales de los taludes, incluyendo su estabilidad, inclinación y cobertura vegetal. Además, se emplearán equipos de medición geotécnica.

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA	VARIABLES
Enfoque Enfoque Cuantitativo.	Población La población de estudio estará constituida	Variable independiente El diseño de talud.
Alcance o Nivel El nivel del estudio es descriptivo y explicativo.	todos los taludes y áreas susceptibles a deslizamientos de tierra del tramo II de la Carretera Huánuco – La Unión.	Variable dependiente El riesgo de deslizamientos de tierra.
Diseño Investigación no experimental y transversal.	Muestra Se seleccionará una muestra del talud ubicado en el kilómetro 340 del tramo II de la Carretera Huánuco – La Unión, específicamente en la zona de Tingo Chico, a la altura de la provincia de Yarowilca.	

ANEXO 2
MAPA DE UBICACIÓN

Ubicación de área de investigación



ANEXO 3
INSTRUMENTOS Y REGISTROS

Figura 41

Reporte de ensayo granulométrico



GRANULOMETRIA

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

 LABORTEC LABORATORIO TECNICO DE CONTROL DE CALIDAD GERENCIA, MONITOREO Y AUDITORIA	CLASIFICACIÓN DE SUELOS LABORTEC EIRL Analisis Granulométrico NTP 339.126 (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-00025 – 2025	

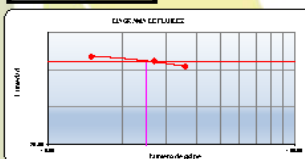
SOLICITANTE : LEONARDO VARA, MIGUEL ANGEL	
PROYECTO : PROPUESTA DE DISEÑO DE TALUD PARA MITIGAR EL RIESGO DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN EL TRAMO II DE LA CARRETERA HUÁNUCO – LA UNIÓN – 2024	
UBICACIÓN : DISTRITO DE LA UNIÓN - P. PROVINCIA DE DOS DE MAYO - DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO	FECHA: Enero, 2025

Sonda : C-01 Muestra : M-1 Profundidad : 0.00 - 3.00 m.	Tipo de Material: Arena limosa Condición de la muestra: HUMEDA Código de Informe y ensayo : LAB200 123 175 Fecha de muestreo: Enero, 2025
---	--

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PORTAMAZO		
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA	TAMICES	
	Denominación ASTM	Abertura (mm)
	3 pulg	75.000
	2 pulg	50.000
	1 1/2 pulg	37.500
	1 pulg	25.000
	3/4 pulg	19.000
	3/8 pulg	9.500
	No. 4	4.750
	No. 10	2.000
	No. 20	0.850
	No. 40	0.425
No. 60	0.250	
No. 100	0.150	
No. 200	0.075	
Distribución Granulométrica		
% Grava	Graua Gruesa	0.0 %
	Graua Fina	8.8 %
% Arena	AM%	17.3 %
	AP%	23.1 %
	% Fines	42.6 %
Tamaño Máximo de la Grava (pulg) 3/4		
Forma de los elognes Redondeada		
Porcentaje extendido a la 3 pulg 0		
Método de lavado Malla No. 200 Según NTP 400.018 (2018) A		
Coeficiente de Cuantía —		
Coeficiente de Uniformidad —		

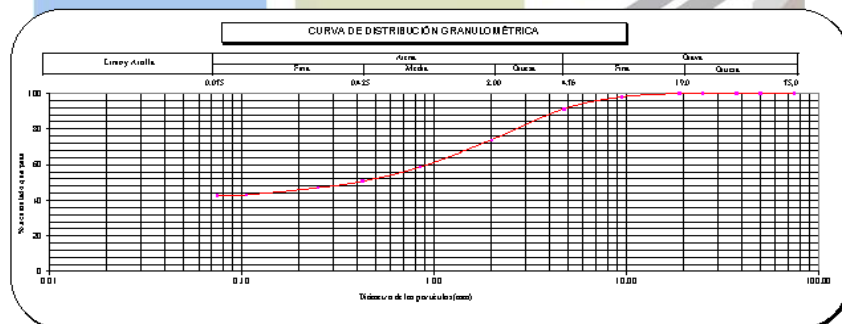
RESULTADOS DEL ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA

Límite Líquido: 42
 Límite Plástico: 29
 Índice Plástico: 13



Método de ensayo	Resultado
Preparación de la muestra	Húmeda
Porcentaje extendido aproximado a tamiz No. 40	49.2
Ranizador utilizado es el Límite Líquido	Plástico
Estipado de Rotado es el Límite Plástico	Húmeda

Clasificación (S.U.C.S.)	
SM	Arena limosa
Clasificación (AASHTO)	
A-7-6	Índice de Grupo: 2
De verificación (AASHTO)	
	MALO



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 Labor Tec EIRL.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificación 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 confidencial de interés público, su divulgación o uso indebido constituye una violación de la política y se regirá 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.

Emisión de la transferencia

 LABORTEC LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	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 TALUD PARA MITIGAR EL RIESGO DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN EL TRAMO II DE LA CARRETERA HUÁNUCO – LA UNIÓN - 2024
UBICACIÓN	: DISTRITO DE LA UNIÓN - PROVINCIA DE DOS DE MAYO - DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO
SOLICITANTE	: LEANDRO VARA, MIGUEL ANGEL
CALICATA N°	: C-01
PROF.(m)	: 0.00 - 3.00 m.
NIVEL FREÁTICO	: no se halló
TÉCNICO	: LABORTEC E.I.R.L
FECHA	: Enero, 2025

PROF. (m)	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	SUCS	SIMBOLOGÍA
0.00	M-0	Suelo Disturbado	PT	
0.15				
0.30				
0.45				
0.60				
0.75	M-1	Arena limosa	SM	
0.90				
1.05				
1.20				
1.35				
1.50				
1.65				
1.80				
1.95				
2.10				
2.25				
2.40				
2.55				
2.70				
2.85				
3.00				



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_eiri@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_eiri@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR



ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

CONTENIDO DE HUMEDAD :		CARACTERÍSTICAS :	
Nº DE RECIPIENTE	(Anillo)	DIÁMETRO (cm.)	6.00
PESO DEL ANILLO+SUELO HÚMEDO (gr.)	171.50	ÁREA (cm ²)	28.27
PESO DEL ANILLO+SUELO SECO (gr.)	161.94	VOLUMEN (cm ³)	53.71
PESO DEL AGUA (gr.)	9.56	DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	2.076
PESO DEL ANILLO (gr.)	60.00	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.897
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	101.94	CLASIFICACIÓN SUCS	SC-SM
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	9.4	FACTOR ANILLO	0.273 + 0.000

ESFUERZO NORMAL : **0,5** Kg/cm2

[illegible]



ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

CONTENIDO DE HUMEDAD :		CARACTERÍSTICAS :	
Nº DE RECIPIENTE	(Anillo)	DIÁMETRO (cm.)	6.00
PESO DEL ANILLO+SUELO HÚMEDO (gr.)	169.90	ÁREA (cm2.)	28.27
PESO DEL ANILLO+SUELO SECO (gr.)	160.48	VOLUMEN (cm3.)	53.71
PESO DEL AGUA (gr.)	9.42	DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm3)	2.045
PESO DEL ANILLO (gr.)	60.00	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.870
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	100.48	CLASIFICACIÓN SUCS	SC-SM
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	9.4	FACTOR ANILLO	0.273 + 0.000

ESFUERZO NORMAL : **1,0** Kg/cm2

93



NTP 339.171:2002 (revisada el 2017)
Título: SUELOS. Método de ensayo normalizado
para el corte directo de suelos
bajo condiciones consolidadas drenadas V-1

PROYECTO :	PROPUESTA DE DISEÑO DE TALUD PARA MITIGAR EL RIESGO DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN EL TRAMO II DE LA CARRETERA HUÁNUCO - LA UNIÓN - 2024		
SOLICITADO :	LEANDRO VARA, MIGUEL ANGEL		
UBICACIÓN :	DISTRITO DE LA UNION - PROVINCIA DE DOS DE MAYO - DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO		
ESPECIALISTA:	LABORTEC EIRL	EJECUTADO :	LABORTEC EIRL
MUESTRA :	C - 01	FECHA :	ENERO DEL 2025
		PROF (m)	0.00 - 3.00

CONTENIDO DE HUMEDAD :		CARACTERÍSTICAS :	
Nº DE RECIPIENTE	(Anillo)	DIÁMETRO (cm.)	6.00
PESO DEL ANILLO+SUELO HÚMEDO (gr.)	172.40	ÁREA (cm ²)	28.27
PESO DEL ANILLO+SUELO SECO (gr.)	162.76	VOLUMEN (cm ³)	53.71
PESO DEL AGUA (gr.)	9.64	DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	2.093
PESO DEL ANILLO (gr.)	60.00	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.913
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	102.76	CLASIFICACIÓN SUCS	SC-SM
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	9.4	FACTOR ANILLO	0.273 + 0.000

ESFUERZO NORMAL : **2,0** Kq/cm2

[illegible]

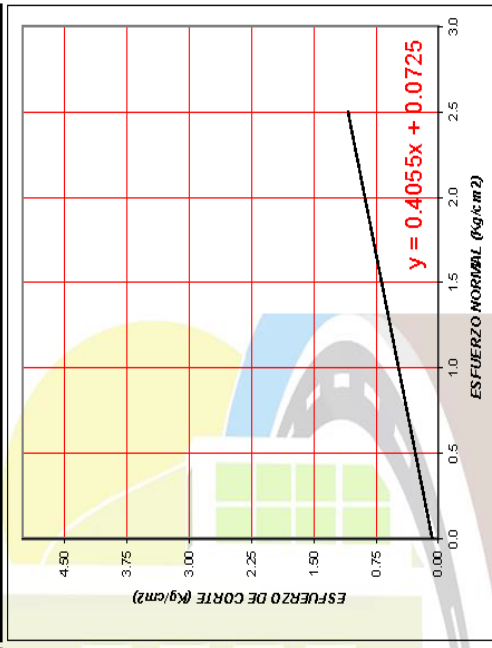
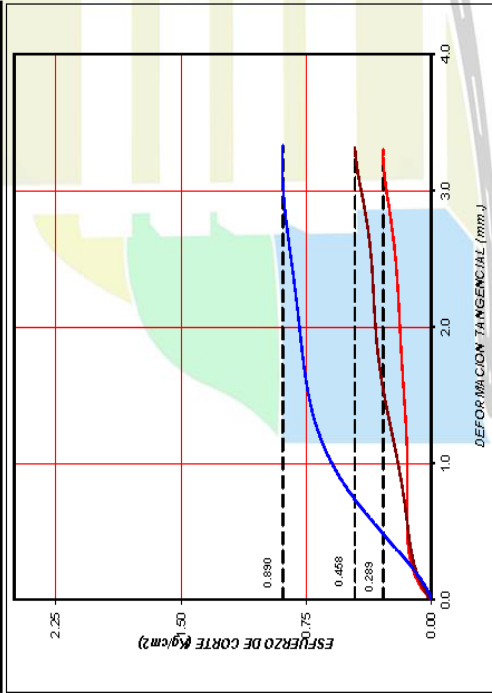


NTP 339.171:2002 (revisada el 2017)
Título: SUELOS. Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos
bajo condiciones consolidadas drenadas (ASTM D-3080) V-1

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES					
MUESTRA	N°	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm²)	CONT. HUM. (%)	DENS. SECA (g/cm³)
	01	6.0	28.27	9.4	1.897
	02	6.0	28.27	9.4	1.870
	03	6.0	28.27	9.4	1.913
CLASIF. SUCS:		SC-SM	LL: 17	IP: 5	% MENOR QUE MALLA N° 200: 32.5

PROYECTO: PROPUESTA DE DISEÑO DE TALUD PARA MITIGAR EL RIESGO DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN EL TRAMO II DE LA CARRETERA HUÁNUCO - LA UNIÓN - 2024	
UBICACIÓN: DISTRITO DE LA UNIÓN - PROVINCIA DE LOS RÍOS - DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO	
SOLICITADO: LEONARDO VASCA, MIGUEL ÁNGEL	
MUESTRA: C-01	
EJECUTADO: LABORTEC E.I.R.L.	
FECHA: ENERO DEL 2025	
PROF (m): 0.00 - 3.00	



RESULTADOS DE ENSAYOS		
COHESIÓN (kg/cm²)	0.07	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)
		22.1



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_eiri@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



SALES Y SULFATOS C-01

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

 LABORTEC Laboratorio Técnico Especializado de Suelos, Rocas y Agua	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)	
PROYECTO : PROPUESTA DE DISEÑO DE TALUD PARA MITIGAR EL RIESGO DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN EL TRAMO II DE LA CARRETERA HUÁNUCO - LA UNIÓN - 2024 SOLICITA : LEANDRO VARA, MIGUEL ANGEL RESPONSABLE: LABORTEC E.I.R.L. FECHA : ENERO DEL 2025		

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: C-01
MUESTRA	: M - 1
PROF.	: 0.00 - 3.00 m.

Muestra 01

REPORTE DE RESULTADOS	LÍMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNIDADES
Sulfatos como ión SO_4	0.06	0.0925	%
Cloruros como ión Cl	0.10	0.0763	%
pH a 15.9°C	>4		8.5

REPORTE DE RESULTADOS	LÍMITES 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

Tabla 7

Registro de precipitaciones Estación Canchan

UNIDAD DE ATENCIÓN AL CIUDADANO Y GESTIÓN DOCUMENTAL												
ESTACIÓN: CANCHAN/000457/DZ10								ALT: 1986 MSNM			LONG: 76° 18' 34.62"	
								LAT: 09° 55' 15.43"			DPTO: HUÁNUCO	
PT101	PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA (mm)											
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1999	83.00	94.20	136.30	20.90	8.50	4.40	5.20	1.50	23.60	16.50	44.90	75.70
2000	79.30	81.70	132.90	14.20	4.60	17.60	9.00	22.10	12.40	26.40	31.00	83.60
2001	115.40	43.50	94.80	38.20	11.40	3.00	14.20	5.10	12.70	52.80		70.40
2002	18.70	58.40	103.80	46.50	20.00	1.70	24.50	9.80	12.10	65.30	35.30	39.20
2003	50.10	42.40	86.20	31.70	13.00	0.00	0.00	9.70	20.60	43.80	62.60	88.20
2004	29.60	60.70	89.90	18.20	31.70	11.40	8.60	17.80	19.70	51.70	22.10	87.70
2005	77.60	69.90	105.00	14.10	1.00	0.00	6.60	20.40	11.00	47.30	28.80	147.80
2006	122.50	57.90	99.60	33.80	5.70	10.30	1.00	1.40	17.00	82.90	69.10	88.90
2007	45.00	4.40	64.00	22.60	20.10	0.00	4.60	3.00	5.80	67.30	49.40	67.10
2008	74.00	94.40	78.60	48.20	5.80	1.90	2.10	3.60	32.00	37.70	43.80	73.70
2009	111.00	96.90	90.30	71.00	5.80	16.10	12.20	1.60	10.10	41.00	50.10	95.80
2010	26.40	116.60	88.90	29.90	8.10	0.00	2.40	5.30	20.70	39.10	69.60	65.80
2011	80.50	65.90	107.40	31.40	25.20	0.00	2.40	3.50	9.30	88.80	48.10	113.20
2012	78.80	83.70	27.90	58.90	10.30	3.40	6.30	4.80	4.00	66.30	84.50	159.00
2013	64.20	98.80	127.70	49.60	5.70	27.10	13.40	27.60	4.60	41.70	56.00	76.70
2014	69.30	120.60	91.80	42.70	41.40	2.40	6.80	0.00	36.90	47.50	27.60	93.00
2015	58.60	81.20	67.50	40.10	55.80	0.00	0.50	1.60	4.90	22.60	72.00	45.20
2016	25.40	59.70	35.60	11.60	1.00	0.00	4.20	3.90	3.50	38.60	42.20	68.40
2017	66.20	74.60	77.50	22.80	17.60	3.10	3.90	5.00	10.70	25.70	54.10	145.00
2018	92.70	89.60	87.90	45.10	7.20	9.60	4.60	10.80	15.10	105.30	36.10	55.20
2019	115.20	55.00	93.30	34.20	4.10	13.70	6.20	3.20	11.10	45.60	36.90	153.70
2020		66.30							3.40	18.80	10.20	48.50
2021	79.60	62.80	60.40	36.20	23.40	15.80						77.00
2022	57.70	93.20	65.10	14.30	5.60	12.20	2.80	20.80	9.00	13.90	35.70	80.00
2023	27.30	96.40	142.30	17.10	49.90	0.50	0.00	5.60	44.10	28.50	38.40	70.80
2024	125.40	71.80	81.70	11.40	9.00	37.50	0.00	7.60	3.00	34.90	84.80	75.90

Tabla 8

Registro de precipitaciones completo Estación Canchán

UNIDAD DE ATENCIÓN AL CIUDADANO Y GESTIÓN DOCUMENTAL												
ESTACIÓN: CANCHAN/000457/DZ10								ALT: 1986 MSNM			LONG: 76° 18' 34.62"	
								LAT: 09° 55' 15.43"			DPTO: HUÁNUCO	
PT101	PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA (mm)											
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1999	83.00	94.20	136.30	20.90	8.50	4.40	5.20	1.50	23.60	16.50	44.90	75.70
2000	79.30	81.70	132.90	14.20	4.60	17.60	9.00	22.10	12.40	26.40	31.00	83.60
2001	115.40	43.50	94.80	38.20	11.40	3.00	14.20	5.10	12.70	52.80	79.23	70.40
2002	18.70	58.40	103.80	46.50	20.00	1.70	24.50	9.80	12.10	65.30	35.30	39.20
2003	50.10	42.40	86.20	31.70	13.00	4.09	1.52	9.70	20.60	43.80	62.60	88.20
2004	29.60	60.70	89.90	18.20	31.70	11.40	8.60	17.80	19.70	51.70	22.10	87.70
2005	77.60	69.90	105.00	14.10	1.00	3.52	6.60	20.40	11.00	47.30	28.80	147.80
2006	122.50	57.90	99.60	33.80	5.70	10.30	1.00	1.40	17.00	82.90	69.10	88.90
2007	45.00	4.40	64.00	22.60	20.10	2.19	4.60	3.00	5.80	67.30	49.40	67.10
2008	74.00	94.40	78.60	48.20	5.80	1.90	2.10	3.60	32.00	37.70	43.80	73.70
2009	111.00	96.90	90.30	71.00	5.80	16.10	12.20	1.60	10.10	41.00	50.10	95.80
2010	26.40	116.60	88.90	29.90	8.10	3.94	2.40	5.30	20.70	39.10	69.60	65.80
2011	80.50	65.90	107.40	31.40	25.20	7.55	2.40	3.50	9.30	88.80	48.10	113.20
2012	78.80	83.70	27.90	58.90	10.30	3.40	6.30	4.80	4.00	66.30	84.50	159.00
2013	64.20	98.80	127.70	49.60	5.70	27.10	13.40	27.60	4.60	41.70	56.00	76.70
2014	69.30	120.60	91.80	42.70	41.40	2.40	6.80	1.70	36.90	47.50	27.60	93.00
2015	58.60	81.20	67.50	40.10	55.80	4.93	0.50	1.60	4.90	22.60	72.00	45.20
2016	25.40	59.70	35.60	11.60	1.00	3.12	4.20	3.90	3.50	38.60	42.20	68.40
2017	66.20	74.60	77.50	22.80	17.60	3.10	3.90	5.00	10.70	25.70	54.10	145.00
2018	92.70	89.60	87.90	45.10	7.20	9.60	4.60	10.80	15.10	105.30	36.10	55.20
2019	115.20	55.00	93.30	34.20	4.10	13.70	6.20	3.20	11.10	45.60	36.90	153.70
2020	49.81	66.30	89.46	32.19	15.68	7.67	5.63	1.06	3.40	18.80	10.20	48.50
2021	79.60	62.80	60.40	36.20	23.40	15.80	1.59	3.86	29.04	36.04	123.56	77.00
2022	57.70	93.20	65.10	14.30	5.60	12.20	2.80	20.80	9.00	13.90	35.70	80.00
2023	27.30	96.40	142.30	17.10	49.90	0.50	1.91	5.60	44.10	28.50	38.40	70.80
2024	125.40	71.80	81.70	11.40	9.00	37.50	1.45	7.60	3.00	34.90	84.80	75.90

Tabla 9

Registro de precipitaciones Estación Huánuco

UNIDAD DE ATENCIÓN AL CIUDADANO Y GESTIÓN DOCUMENTAL												
ESTACIÓN: HUÁNUCO/000404/DZ10							ALT: 1947 MSNM				LONG: 76° 14' 54.8"	
							LAT: 09° 57' 7.24"				DPTO: HUÁNUCO	
PT101	PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA (mm)											
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1999	81.70	88.50	109.30	22.30	18.40	15.10	8.60	0.60	57.60	20.80	33.80	58.20
2000	68.20	89.60	148.00	30.30	10.10	16.00	3.60	17.10	11.90	9.50	61.00	77.20
2001	45.20	36.20	85.20	46.20	10.40	3.30	8.40	10.20	7.40	36.90	72.70	55.80
2002	29.50	56.40	83.10	56.50	18.20	2.90	12.80	4.10	8.40	109.80	40.80	20.30
2003	44.70	26.90	70.50	24.60	14.30	0.30	0.10	9.40	12.60	17.10	77.30	83.10
2004	33.60	31.70	56.90	31.20	24.80	5.10	5.60	16.70	16.20	28.60	34.80	104.60
2005	32.60	45.00	92.70	12.20	1.40	0.00	2.00	8.60	5.80	51.50	26.30	106.90
2006	81.90	48.40	112.70	38.60	2.00	6.20	3.50	2.90	11.40	46.00	66.70	89.10
2007	33.90	6.90	83.10	35.80	7.80	1.90	6.70	3.90	4.40	59.20	40.60	70.30
2008	29.80	90.80	91.30	36.30	3.60	5.50	0.10	2.00	33.40	38.00	50.90	68.10
2009	67.20	72.50	87.90	57.20	13.70	10.30	11.90	4.40	11.00	44.60	40.20	59.60
2010	21.80	85.90	91.60	19.00	3.40	2.60	4.90	7.20	13.60	26.70	55.10	81.90
2011	74.30	64.00	141.60	43.90	21.10	5.70	1.90	3.70	22.60	67.70	56.60	114.20
2012	78.60	55.70	30.10	75.90	13.70	3.80	7.80	3.40	4.90	75.00	94.50	154.70
2013	36.20	90.00	92.00	33.60	5.70	10.70	12.50	22.10	6.60	37.80	71.30	76.10
2014	72.00	92.00	76.30	43.10	29.20	6.60	2.90	0.70	28.90	49.70	32.10	84.90
2015	75.60	48.90	62.30	59.00	37.80	2.80	3.90	2.30	3.10	22.70	71.40	35.30
2016	34.70	47.30	67.80	11.60	0.20	0.80	0.20	1.10	1.70	34.30	37.50	70.20
2017	72.10	70.90	74.00	24.60	12.30	4.00	4.80	5.10	15.90	32.30	49.40	132.10
2018	88.50	87.90	85.30	61.40	10.60	11.30	2.40	9.80	18.10	96.10	47.60	52.30
2019	116.50	56.30	130.90	20.20	9.10	12.00	1.10	4.40	13.40	58.50	18.50	125.20
2020	42.40	61.20					5.90	0.60	4.80	24.30	15.30	56.30
2021	74.80	72.20	66.50	33.80	16.20	3.20	0.90	3.20	29.70	34.20	126.70	39.00
2022	54.40	82.60	50.30		3.30	9.60	6.00	11.00	10.00	10.30	28.70	79.10
2023	33.90	84.80	142.60	22.80	35.20	0.00	0.30	1.70	13.60	47.10	33.50	58.70
2024	121.20	62.20	59.50	14.10		20.60	0.30	11.40	5.00	41.10	96.20	69.80

Tabla 10

Registro de precipitaciones completo Estación Huánuco

UNIDAD DE ATENCIÓN AL CIUDADANO Y GESTIÓN DOCUMENTAL												
ESTACIÓN: HUÁNUCO/000404/DZ10							ALT: 1947 MSNM				LONG: 76° 14' 54.8"	
							LAT: 09° 57' 7.24"				DPTO: HUÁNUCO	
PT101	PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA (mm)											
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1999	81.70	88.50	109.30	22.30	18.40	15.10	8.60	0.60	57.60	20.80	33.80	58.20
2000	68.20	89.60	148.00	30.30	10.10	16.00	3.60	17.10	11.90	9.50	61.00	77.20
2001	45.20	36.20	85.20	46.20	10.40	3.30	8.40	10.20	7.40	36.90	72.70	55.80
2002	29.50	56.40	83.10	56.50	18.20	2.90	12.80	4.10	8.40	109.80	40.80	20.30
2003	44.70	26.90	70.50	24.60	14.30	0.30	0.10	9.40	12.60	17.10	77.30	83.10
2004	33.60	31.70	56.90	31.20	24.80	5.10	5.60	16.70	16.20	28.60	34.80	104.60
2005	32.60	45.00	92.70	12.20	1.40	3.44	2.00	8.60	5.80	51.50	26.30	106.90
2006	81.90	48.40	112.70	38.60	2.00	6.20	3.50	2.90	11.40	46.00	66.70	89.10
2007	33.90	6.90	83.10	35.80	7.80	1.90	6.70	3.90	4.40	59.20	40.60	70.30
2008	29.80	90.80	91.30	36.30	3.60	5.50	0.10	2.00	33.40	38.00	50.90	68.10
2009	67.20	72.50	87.90	57.20	13.70	10.30	11.90	4.40	11.00	44.60	40.20	59.60
2010	21.80	85.90	91.60	19.00	3.40	2.60	4.90	7.20	13.60	26.70	55.10	81.90
2011	74.30	64.00	141.60	43.90	21.10	5.70	1.90	3.70	22.60	67.70	56.60	114.20
2012	78.60	55.70	30.10	75.90	13.70	3.80	7.80	3.40	4.90	75.00	94.50	154.70
2013	36.20	90.00	92.00	33.60	5.70	10.70	12.50	22.10	6.60	37.80	71.30	76.10
2014	72.00	92.00	76.30	43.10	29.20	6.60	2.90	0.70	28.90	49.70	32.10	84.90
2015	75.60	48.90	62.30	59.00	37.80	2.80	3.90	2.30	3.10	22.70	71.40	35.30
2016	34.70	47.30	67.80	11.60	0.20	0.80	0.20	1.10	1.70	34.30	37.50	70.20
2017	72.10	70.90	74.00	24.60	12.30	4.00	4.80	5.10	15.90	32.30	49.40	132.10
2018	88.50	87.90	85.30	61.40	10.60	11.30	2.40	9.80	18.10	96.10	47.60	52.30
2019	116.50	56.30	130.90	20.20	9.10	12.00	1.10	4.40	13.40	58.50	18.50	125.20
2020	42.40	61.20	87.66	35.59	13.44	6.41	5.90	0.60	4.80	24.30	15.30	56.30
2021	74.80	72.20	66.50	33.80	16.20	3.20	0.90	3.20	29.70	34.20	126.70	39.00
2022	54.40	82.60	50.30	18.90	3.30	9.60	6.00	11.00	10.00	10.30	28.70	79.10
2023	33.90	84.80	142.60	22.80	35.20	3.02	0.30	1.70	13.60	47.10	33.50	58.70
2024	121.20	62.20	59.50	14.10	11.38	20.60	0.30	11.40	5.00	41.10	96.20	69.80

Tabla 11

Registro de precipitaciones Estación Oyón

UNIDAD DE ATENCIÓN AL CIUDADANO Y GESTIÓN DOCUMENTAL												
ESTACIÓN: OYON/000541/DZ04								ALT: 3667 MSNM			ONG: 76° 46' 7.33"	
								LAT: 10° 40' 3.69"			PTO: LIMA	
PT101	PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA (mm)											
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1999	101.60	193.20	85.70	52.60	38.50	0.00	4.20	0.00	31.90	57.10	50.30	76.90
2000	120.60	124.00	104.90	63.40	35.90	0.60	2.70	4.50	26.40	60.10	29.50	135.10
2001	143.30	87.00	149.90	33.90		7.50	0.00	0.00	26.40	35.60	104.90	66.00
2002	92.00	65.10	96.90	45.50	8.60	2.10	0.00	2.10	17.20	73.50	73.90	93.10
2003	89.70	96.30	121.70	37.00	0.00	0.00	0.00	1.30	11.30	15.80	8.70	87.70
2004	36.30	78.70			0.00	6.80	0.00	0.00	22.30	56.40	95.60	
2005			105.60	9.50	4.10	0.00	0.00	3.90	0.50	28.00	23.80	80.30
2006	70.90	124.30			0.30	11.50	0.00	6.00		35.00	80.80	92.30
2007	106.30	77.40	148.50	55.20	36.60	0.00	0.00	0.00	6.70	52.20	44.90	39.50
2008	108.80	136.00	100.70	49.90	0.00	5.20	0.00	0.00	2.80	59.60	17.40	83.40
2009	101.00	104.50	165.30	78.10	16.80	0.00	1.50	7.50	8.20	54.20	86.90	92.40
2010	60.10	57.30	117.00	29.90	0.00	2.90	0.00	0.00	13.70	20.70	45.70	123.20
2011	145.60	60.90	133.40	63.40	5.60			0.00	6.40	22.40	79.70	129.90
2012	80.40	134.60	91.50	113.90	1.80	2.70	0.00	0.00	34.10	35.20	46.50	89.30
2013	55.80	88.40	115.00	21.60	17.50	0.40	2.60	8.50	1.40	80.60	49.00	75.50
2014	95.10	125.30	133.50	29.00	19.60	0.00	0.00	1.80	15.50	50.60	37.90	135.10
2015	102.00	62.50	69.50	48.90	6.60	3.40	0.00	7.70	2.80	22.60	50.00	82.80
2016	25.80	94.40	88.30	36.70	1.10	1.00	1.60	4.00	15.00	29.40	5.60	84.90
2017	130.00	128.30	181.40	60.50	32.60	0.40	0.00	2.70	6.40		20.10	52.30
2018	108.50	82.00	120.30	65.00	8.60	3.30	1.00	0.00	10.00	35.10	33.60	88.20
2019	153.70	115.20	98.60	38.00	13.60	3.30	1.80	0.00	12.60	30.60	31.40	115.30
2020	47.20	78.20								14.10	29.70	164.00
2021		33.10	112.00	53.70	4.90	1.10	1.70	6.40	4.90	100.60		
2022	45.40	140.00	150.40	31.10	21.10	0.70	1.70	1.60	11.00	1.30	8.70	99.30
2023	82.10	132.80	115.10	32.70	15.90	0.00	0.00	0.00		39.00	87.40	160.00
2024	154.70	72.10	80.70									237.10

Tabla 12

Registro de precipitaciones completo Estación Oyón

UNIDAD DE ATENCIÓN AL CIUDADANO Y GESTIÓN DOCUMENTAL												
ESTACIÓN: OYON/000541/DZ04								ALT: 3667 MSNM			LONG: 76° 46' 7.33"	
								LAT: 10° 40' 3.69"			DPTO: LIMA	
PT101	PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA (mm)											
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1999	101.60	193.20	85.70	52.60	38.50	29.55	4.20	12.36	31.90	57.10	50.30	76.90
2000	120.60	124.00	104.90	63.40	35.90	0.60	2.70	4.50	26.40	60.10	29.50	135.10
2001	143.30	87.00	149.90	33.90	43.30	7.50	43.67	15.09	26.40	35.60	104.90	66.00
2002	92.00	65.10	96.90	45.50	8.60	2.10	47.07	2.10	17.20	73.50	73.90	93.10
2003	89.70	96.30	121.70	37.00	43.20	34.29	12.15	1.30	11.30	15.80	8.70	87.70
2004	36.30	78.70	88.86	48.64	43.16	6.80	45.36	17.44	22.30	56.40	95.60	131.60
2005	70.75	93.75	105.60	9.50	4.10	31.07	7.54	3.90	0.50	28.00	23.80	80.30
2006	70.90	124.30	112.02	60.67	0.30	11.50	13.23	6.00	18.24	35.00	80.80	92.30
2007	106.30	77.40	148.50	55.20	36.60	4.02	38.16	13.19	6.70	52.20	44.90	39.50
2008	108.80	136.00	100.70	49.90	25.53	5.20	34.39	10.48	2.80	59.60	17.40	83.40
2009	101.00	104.50	165.30	78.10	16.80	28.64	1.50	7.50	8.20	54.20	86.90	92.40
2010	60.10	57.30	117.00	29.90	31.23	2.90	22.51	9.83	13.70	20.70	45.70	123.20
2011	145.60	60.90	133.40	63.40	5.60	19.76	19.31	9.79	6.40	22.40	79.70	129.90
2012	80.40	134.60	91.50	113.90	1.80	2.70	9.60	11.59	34.10	35.20	46.50	89.30
2013	55.80	88.40	115.00	21.60	17.50	0.40	2.60	8.50	1.40	80.60	49.00	75.50
2014	95.10	125.30	133.50	29.00	19.60	23.81	15.52	1.80	15.50	50.60	37.90	135.10
2015	102.00	62.50	69.50	48.90	6.60	3.40	32.29	7.70	2.80	22.60	50.00	82.80
2016	25.80	94.40	88.30	36.70	1.10	1.00	1.60	4.00	15.00	29.40	5.60	84.90
2017	130.00	128.30	181.40	60.50	32.60	0.40	11.70	2.70	6.40	69.61	20.10	52.30
2018	108.50	82.00	120.30	65.00	8.60	3.30	1.00	33.86	10.00	35.10	33.60	88.20
2019	153.70	115.20	98.60	38.00	13.60	3.30	1.80	7.92	12.60	30.60	31.40	115.30
2020	47.20	78.20	116.78	47.70	12.60	2.30	1.37	4.87	8.60	14.10	29.70	164.00
2021	40.33	33.10	112.00	53.70	4.90	1.10	1.70	6.40	4.90	100.60	55.27	89.51
2022	45.40	140.00	150.40	31.10	21.10	0.70	1.70	1.60	11.00	1.30	8.70	99.30
2023	82.10	132.80	115.10	32.70	15.90	21.73	14.82	21.72	24.13	39.00	87.40	160.00
2024	154.70	72.10	80.70	42.97	25.34	32.43	9.58	16.37	9.90	56.42	109.32	237.10

Tabla 13

Registro de precipitaciones Estación San Rafael

UNIDAD DE ATENCIÓN AL CIUDADANO Y GESTIÓN DOCUMENTAL - SENAMHI												
ESTACIÓN: SAN RAFAEL/000552/DZ10								ALT: 2699 MSNM			LONG: 76° 10' 35.7"	
								LAT: 10° 19' 45.3"			DPTO: HUÁNUCO	
PT101	PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA (mm)											
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1999		160.10	115.10	42.80	11.70	10.90	4.40	13.20	64.40	24.00	75.00	63.10
2000	119.90	100.90	158.60	47.50	9.70	20.50	5.40	35.00	22.10	46.20	33.40	113.10
2001	125.40	100.90	134.00	72.10	10.50	11.10	26.50	13.00	28.00	68.90	104.60	151.70
2002	35.10	88.00	157.80	38.60	32.20	3.20	30.30	1.20	17.50	106.80	63.00	135.40
2003	67.10	47.30	116.50	101.40	8.60	7.20	0.00	33.20	28.60	19.40	83.30	126.80
2004	40.20	84.30	60.70	53.50	45.70	16.70	5.00	9.50	45.00	66.00	86.30	172.90
2005	71.50	100.40	125.50		1.90	0.00	4.40	16.40	30.10	55.20	67.80	72.70
2006	112.00	68.70	104.60	54.20	0.90	9.70	5.80	9.80	22.10	64.30	97.90	96.90
2007	93.60	18.90	157.30	47.40	18.50	0.70	41.00	3.70	21.70	67.40	70.30	114.60
2008	100.20	133.20	58.80	35.40	21.20	14.50	1.90	3.90	89.40	84.80	42.30	100.20
2009	84.90	75.20	108.80	44.00	54.10	8.60	21.80	13.80	25.20	42.90	97.50	114.70
2010	134.90	133.60	111.10	78.30	24.90	5.20	10.60	5.40	9.90	43.90	43.10	134.20
2011	125.70	116.70	104.90	53.40	33.70	1.00	1.60	5.20	32.40	66.20	49.40	157.30
2012	85.10	123.20	63.00	111.60	12.10	30.20	3.30	11.20	8.30	77.20	83.80	223.00
2013	94.00	135.90	123.10	71.40	11.90	16.90	7.50	39.40	24.50	104.30	96.50	175.60
2014	110.10	155.50	134.20	44.50	37.30	3.00	0.00	11.50	81.00	19.50	51.40	72.40
2015	97.40	50.70	81.80	57.00	50.60	0.70	6.90	7.70	12.80	25.30	73.60	88.60
2016	49.60	148.50	63.90	61.90	16.40	1.50	2.20	2.20	9.40	75.20	53.90	122.60
2017	109.60	104.80	139.50	36.90	45.20	1.30	14.00	8.60	45.40	62.30	54.90	149.60
2018	118.80	124.50	162.00	81.30	20.40	20.50	15.80	12.80	22.50	124.80	87.20	83.60
2019	162.30		167.00	76.00	23.10	4.80	6.80	0.80	26.70	62.30	46.20	171.90
2020	43.60	132.60										
2021										69.00		68.40
2022	102.00	127.80		50.10	18.40	6.80	12.50	8.90	26.90	87.90	82.10	112.20
2023	60.80	70.70	115.90	28.60	50.70	2.70	0.00	34.30	7.90	43.20	80.00	103.20
2024	158.80	126.10	112.90	33.50		9.00	0.10	8.30	10.40	52.40	117.60	63.40

Tabla 14

Registro de precipitaciones completo Estación San Rafael

UNIDAD DE ATENCIÓN AL CIUDADANO Y GESTIÓN DOCUMENTAL - SENAMHI												
ESTACIÓN: SAN RAFAEL/000552/DZ10								ALT: 2699 MSNM			LONG: 76° 10' 35.7"	
								LAT: 10° 19' 45.3"			DPTO: HUÁNUCO	
PT101	PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA (mm)											
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1999	136.56	160.10	115.10	42.80	11.70	10.90	4.40	13.20	64.40	24.00	75.00	63.10
2000	119.90	100.90	158.60	47.50	9.70	20.50	5.40	35.00	22.10	46.20	33.40	113.10
2001	125.40	100.90	134.00	72.10	10.50	11.10	26.50	13.00	28.00	68.90	104.60	151.70
2002	35.10	88.00	157.80	38.60	32.20	3.20	30.30	1.20	17.50	106.80	63.00	135.40
2003	67.10	47.30	116.50	101.40	8.60	7.20	9.14	33.20	28.60	19.40	83.30	126.80
2004	40.20	84.30	60.70	53.50	45.70	16.70	5.00	9.50	45.00	66.00	86.30	172.90
2005	71.50	100.40	125.50	18.90	1.90	22.87	4.40	16.40	30.10	55.20	67.80	72.70
2006	112.00	68.70	104.60	54.20	0.90	9.70	5.80	9.80	22.10	64.30	97.90	96.90
2007	93.60	18.90	157.30	47.40	18.50	0.70	41.00	3.70	21.70	67.40	70.30	114.60
2008	100.20	133.20	58.80	35.40	21.20	14.50	1.90	3.90	89.40	84.80	42.30	100.20
2009	84.90	75.20	108.80	44.00	54.10	8.60	21.80	13.80	25.20	42.90	97.50	114.70
2010	134.90	133.60	111.10	78.30	24.90	5.20	10.60	5.40	9.90	43.90	43.10	134.20
2011	125.70	116.70	104.90	53.40	33.70	1.00	1.60	5.20	32.40	66.20	49.40	157.30
2012	85.10	123.20	63.00	111.60	12.10	30.20	3.30	11.20	8.30	77.20	83.80	223.00
2013	94.00	135.90	123.10	71.40	11.90	16.90	7.50	39.40	24.50	104.30	96.50	175.60
2014	110.10	155.50	134.20	44.50	37.30	3.00	14.21	11.50	81.00	19.50	51.40	72.40
2015	97.40	50.70	81.80	57.00	50.60	0.70	6.90	7.70	12.80	25.30	73.60	88.60
2016	49.60	148.50	63.90	61.90	16.40	1.50	2.20	2.20	9.40	75.20	53.90	122.60
2017	109.60	104.80	139.50	36.90	45.20	1.30	14.00	8.60	45.40	62.30	54.90	149.60
2018	118.80	124.50	162.00	81.30	20.40	20.50	15.80	12.80	22.50	124.80	87.20	83.60
2019	162.30	76.41	167.00	76.00	23.10	4.80	6.80	0.80	26.70	62.30	46.20	171.90
2020	43.60	132.60	116.39	57.45	24.33	8.61	2.50	3.56	8.40	22.69	24.68	77.25
2021	74.62	62.74	77.48	45.44	22.40	14.16	5.53	7.48	17.76	69.00	71.63	68.40
2022	102.00	127.80	102.88	50.10	18.40	6.80	12.50	8.90	26.90	87.90	82.10	112.20
2023	60.80	70.70	115.90	28.60	50.70	2.70	10.83	34.30	7.90	43.20	80.00	103.20
2024	158.80	126.10	112.90	33.50	21.80	9.00	0.10	8.30	10.40	52.40	117.60	63.40

Tabla 15

Registro de precipitaciones Estación Tingo María

UNIDAD DE ATENCIÓN AL CIUDADANO Y GESTIÓN DOCUMENTAL												
ESTACIÓN: TINGO MARÍA/000468/DZ10								ALT: 657 MSNM			LONG: 76° 0' 1.8"	
								LAT: 9° 18' 36.6"			DPTO: HUÁNUCO	
PT101	PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA (mm)											
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1999	568.10	486.40	544.40	217.30	324.40	184.70	196.80	67.60	108.30	73.80	358.00	353.60
2000	412.20	419.80	509.90	177.30	147.60	316.00	190.80	61.60	171.40	171.30	185.90	367.50
2001	442.10	313.30	593.90	175.90	217.70	128.90	186.40	41.60	180.20	202.20	455.30	301.20
2002	304.70	590.10	406.00	308.40	415.50	149.30	190.10	144.90	137.10	262.30	500.10	484.00
2003	239.60	460.80	343.90	306.80	345.20	228.70	100.20	249.70	216.90	272.40	330.90	598.10
2004	301.10	298.90	427.40	176.80	141.80	83.40	236.00	71.10	193.90	293.30	469.30	323.40
2005	245.10	314.80	549.40		149.00	187.70	55.80	82.90	204.20	259.20	209.00	571.50
2006	284.80	528.90	389.90	274.10	99.70	122.50	70.40	117.40		391.70	485.80	571.20
2007	526.80	257.20	460.70	298.80	187.30	12.40	169.60	95.20	118.50	267.50	277.30	492.70
2008	428.80	534.60	300.60	196.60	120.30	106.20	224.40	55.20	164.80	335.00	138.80	363.70
2009	481.20	400.20	302.40	282.90	337.20	164.70	164.60	150.00	190.20	134.90		506.50
2010	301.90	592.20	366.00	262.40	192.20	107.00	127.90	55.20	94.90	180.10	463.20	297.00
2011	458.10	542.90	558.60	379.70	197.60	132.70	111.30	66.20	280.00	171.60	376.90	320.80
2012	376.50	446.50	464.10	356.30	82.00	151.70	52.80	37.50	92.70	384.10	298.60	447.60
2013	438.20	474.50	405.80	426.70	203.80	172.30	101.60	249.30	193.90	495.40	270.50	421.00
2014	350.70	289.30	399.20	206.60	219.80	195.40	50.10	48.20	256.70	500.00	418.10	487.00
2015	511.40	537.60	310.10	304.80	298.20	127.90	208.60	37.60	123.10	152.10	238.10	408.50
2016	517.00	406.60	392.30	159.20	217.20	171.00	111.20	64.50	113.30	162.10	333.20	413.80
2017	385.10	467.70	427.70	205.00	282.20	154.80	25.80	143.50	219.40	319.70	675.40	373.20
2018	388.20	317.50	483.30	226.30	179.90	188.80	62.30	205.00	79.30	483.10	513.20	432.00
2019	602.60	159.90	494.20	212.20	203.60	152.80	227.60	64.70	127.00	311.60	357.00	667.20
2020	494.70	373.90										
2021												480.80
2022		519.50	400.70	281.40	289.20	104.80	133.90	166.50	162.70	237.10	235.90	244.00
2023	391.50	344.50	314.30	181.00	158.50	217.00	64.80	66.30	138.90	199.20	380.40	489.00
2024	618.40	437.20	373.10	221.20	169.30	263.90	105.30	74.10	42.40	158.60	275.70	543.90

Tabla 16

Registro de precipitaciones completo Estación Tingo María

UNIDAD DE ATENCIÓN AL CIUDADANO Y GESTIÓN DOCUMENTAL												
ESTACIÓN: TINGO MARÍA/000468/DZ10								ALT: 657 MSNM			LONG: 76° 0' 1.8"	
								LAT: 9° 18' 36.6"			DPTO: HUÁNUCO	
PT101	PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA (mm)											
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1999	568.10	486.40	544.40	217.30	324.40	184.70	196.80	67.60	108.30	73.80	358.00	353.60
2000	412.20	419.80	509.90	177.30	147.60	316.00	190.80	61.60	171.40	171.30	185.90	367.50
2001	442.10	313.30	593.90	175.90	217.70	128.90	186.40	41.60	180.20	202.20	455.30	301.20
2002	304.70	590.10	406.00	308.40	415.50	149.30	190.10	144.90	137.10	262.30	500.10	484.00
2003	239.60	460.80	343.90	306.80	345.20	228.70	100.20	249.70	216.90	272.40	330.90	598.10
2004	301.10	298.90	427.40	176.80	141.80	83.40	236.00	71.10	193.90	293.30	469.30	323.40
2005	245.10	314.80	549.40	153.89	149.00	187.70	55.80	82.90	204.20	259.20	209.00	571.50
2006	284.80	528.90	389.90	274.10	99.70	122.50	70.40	117.40	97.32	391.70	485.80	571.20
2007	526.80	257.20	460.70	298.80	187.30	12.40	169.60	95.20	118.50	267.50	277.30	492.70
2008	428.80	534.60	300.60	196.60	120.30	106.20	224.40	55.20	164.80	335.00	138.80	363.70
2009	481.20	400.20	302.40	282.90	337.20	164.70	164.60	150.00	190.20	134.90	269.09	506.50
2010	301.90	592.20	366.00	262.40	192.20	107.00	127.90	55.20	94.90	180.10	463.20	297.00
2011	458.10	542.90	558.60	379.70	197.60	132.70	111.30	66.20	280.00	171.60	376.90	320.80
2012	376.50	446.50	464.10	356.30	82.00	151.70	52.80	37.50	92.70	384.10	298.60	447.60
2013	438.20	474.50	405.80	426.70	203.80	172.30	101.60	249.30	193.90	495.40	270.50	421.00
2014	350.70	289.30	399.20	206.60	219.80	195.40	50.10	48.20	256.70	500.00	418.10	487.00
2015	511.40	537.60	310.10	304.80	298.20	127.90	208.60	37.60	123.10	152.10	238.10	408.50
2016	517.00	406.60	392.30	159.20	217.20	171.00	111.20	64.50	113.30	162.10	333.20	413.80
2017	385.10	467.70	427.70	205.00	282.20	154.80	25.80	143.50	219.40	319.70	675.40	373.20
2018	388.20	317.50	483.30	226.30	179.90	188.80	62.30	205.00	79.30	483.10	513.20	432.00
2019	602.60	159.90	494.20	212.20	203.60	152.80	227.60	64.70	127.00	311.60	357.00	667.20
2020	494.70	373.90	425.75	253.81	215.80	159.36	0.29	65.71	104.19	84.12	214.51	298.52
2021	326.03	134.60	278.59	233.99	140.24	146.15	97.84	104.61	91.54	161.51	364.73	480.80
2022	292.83	519.50	400.70	281.40	289.20	104.80	133.90	166.50	162.70	237.10	235.90	244.00
2023	391.50	344.50	314.30	181.00	158.50	217.00	64.80	66.30	138.90	199.20	380.40	489.00
2024	618.40	437.20	373.10	221.20	169.30	263.90	105.30	74.10	42.40	158.60	275.70	543.90

Tabla 17

Registro de precipitaciones Estación Tulumayo

UNIDAD DE ATENCIÓN AL CIUDADANO Y GESTIÓN DOCUMENTAL												
ESTACIÓN: TULUMAYO/000469/DZ10								ALT: 612 MSNM			LONG: 76° 0'	
								LAT: 9° 8' 49.4"			DPTO: HUÁNUCO	
PT101	PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA (mm)											
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1999	615.00	396.90	438.50	96.20	229.90	127.20	63.70	31.60	136.30	104.30	181.90	210.30
2000	310.40	342.20	513.10	221.30	118.90	276.90	119.30	137.60	72.60	137.70	94.60	300.30
2001	370.30	280.20	235.50	90.70	327.10	95.00	277.10	71.70	135.90	198.80	377.70	404.20
2002	372.80	454.10	295.10	251.80	239.70	77.80	286.70	136.70	61.70	187.10	373.70	
2003	277.00	393.70	309.70	422.10	171.50	228.60	74.30	180.90	228.10	189.30	268.60	404.80
2004	317.20	169.70	316.60	113.60	140.50	97.80	390.60	72.00	124.60	191.70	465.20	239.60
2005	266.50	322.80	384.70	175.30	69.60	272.30	18.80	65.20	162.30	267.60	141.10	380.40
2006	250.70	431.30	247.90	157.90	151.00	234.50	77.80	169.00	109.70	267.10	418.70	491.40
2007	400.20	183.60	222.40	221.20	192.50	38.00	124.30	59.50	55.20	252.10	249.60	458.30
2008	214.80	268.40	317.30	202.20	117.50	143.90	269.30	69.60	118.40	242.50	112.90	281.20
2009	320.00	407.50	284.80	206.40	372.60	168.70	148.50	125.90	123.50	136.10	300.80	533.10
2010	191.70	557.90	261.60	240.00	100.40	48.30	122.10	30.50	31.50	109.10	282.40	264.20
2011	389.70	513.50	201.10	174.50	131.70	129.90	158.50	31.10	194.60	245.50	192.30	309.80
2012	365.80	437.30	257.90	287.30	148.00	213.30	40.70	57.20	80.90	168.40	321.30	272.50
2013	275.90	574.10	445.00	169.50	181.60	139.30	87.90	191.00	123.20	332.20	274.90	214.80
2014	441.80	244.00	359.80	107.30	209.70	104.10	177.20	44.90	273.10	151.10	288.20	398.40
2015	499.40	260.20	326.30	147.50	372.30	157.00	209.10	99.30	52.70	177.70	242.80	384.80
2016	347.10	427.00	240.70	208.90	125.60	108.70	44.20	102.30	68.20	135.30	388.80	338.20
2017	427.70	387.60	239.60	238.50	208.00	197.00	50.10	111.90	175.40	218.60	357.60	426.90
2018	350.50	189.50	227.20	179.30	107.70	150.20	10.00	179.50	95.30	387.40	492.70	309.30
2019	362.80	204.60	497.10	135.90	124.70	144.70	124.40	28.10	51.80	266.60	249.00	616.90
2020	521.60	298.60						75.50	119.30	94.10	244.80	335.40
2021	366.00	146.70	311.80	264.40	158.90	166.90	112.40	120.00	103.50	180.90	412.10	281.40
2022	327.20	352.90	358.80	167.90	182.40	153.50	73.30	144.20	165.60	243.60	133.50	283.10
2023	239.80	306.90	206.00	87.10	161.90	71.60	158.10	45.60	119.60	143.90	364.60	390.30
2024	418.90		263.80	159.50	202.90	70.60	25.80	78.50	23.60	229.50	319.90	416.90

Tabla 18

Registro de precipitaciones completo Estación Tulumayo

UNIDAD DE ATENCIÓN AL CIUDADANO Y GESTIÓN DOCUMENTAL												
ESTACIÓN: TULUMAYO/000469/DZ10								ALT: 612 MSNM			LONG: 76° 0'	
								LAT: 9° 8' 49.4"			DPTO: HUÁNUCO	
PT101	PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA (mm)											
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1999	615.00	396.90	438.50	96.20	229.90	127.20	63.70	31.60	136.30	104.30	181.90	210.30
2000	310.40	342.20	513.10	221.30	118.90	276.90	119.30	137.60	72.60	137.70	94.60	300.30
2001	370.30	280.20	235.50	90.70	327.10	95.00	277.10	71.70	135.90	198.80	377.70	404.20
2002	372.80	454.10	295.10	251.80	239.70	77.80	286.70	136.70	61.70	187.10	373.70	443.30
2003	277.00	393.70	309.70	422.10	171.50	228.60	74.30	180.90	228.10	189.30	268.60	404.80
2004	317.20	169.70	316.60	113.60	140.50	97.80	390.60	72.00	124.60	191.70	465.20	239.60
2005	266.50	322.80	384.70	175.30	69.60	272.30	18.80	65.20	162.30	267.60	141.10	380.40
2006	250.70	431.30	247.90	157.90	151.00	234.50	77.80	169.00	109.70	267.10	418.70	491.40
2007	400.20	183.60	222.40	221.20	192.50	38.00	124.30	59.50	55.20	252.10	249.60	458.30
2008	214.80	268.40	317.30	202.20	117.50	143.90	269.30	69.60	118.40	242.50	112.90	281.20
2009	320.00	407.50	284.80	206.40	372.60	168.70	148.50	125.90	123.50	136.10	300.80	533.10
2010	191.70	557.90	261.60	240.00	100.40	48.30	122.10	30.50	31.50	109.10	282.40	264.20
2011	389.70	513.50	201.10	174.50	131.70	129.90	158.50	31.10	194.60	245.50	192.30	309.80
2012	365.80	437.30	257.90	287.30	148.00	213.30	40.70	57.20	80.90	168.40	321.30	272.50
2013	275.90	574.10	445.00	169.50	181.60	139.30	87.90	191.00	123.20	332.20	274.90	214.80
2014	441.80	244.00	359.80	107.30	209.70	104.10	177.20	44.90	273.10	151.10	288.20	398.40
2015	499.40	260.20	326.30	147.50	372.30	157.00	209.10	99.30	52.70	177.70	242.80	384.80
2016	347.10	427.00	240.70	208.90	125.60	108.70	44.20	102.30	68.20	135.30	388.80	338.20
2017	427.70	387.60	239.60	238.50	208.00	197.00	50.10	111.90	175.40	218.60	357.60	426.90
2018	350.50	189.50	227.20	179.30	107.70	150.20	10.00	179.50	95.30	387.40	492.70	309.30
2019	362.80	204.60	497.10	135.90	124.70	144.70	124.40	28.10	51.80	266.60	249.00	616.90
2020	521.60	298.60	310.49	189.05	181.86	144.63	0.20	75.50	119.30	94.10	244.80	335.40
2021	366.00	146.70	311.80	264.40	158.90	166.90	112.40	120.00	103.50	180.90	412.10	281.40
2022	327.20	352.90	358.80	167.90	182.40	153.50	73.30	144.20	165.60	243.60	133.50	283.10
2023	239.80	306.90	206.00	87.10	161.90	71.60	158.10	45.60	119.60	143.90	364.60	390.30
2024	418.90	403.18	263.80	159.50	202.90	70.60	25.80	78.50	23.60	229.50	319.90	416.90

Tabla 19*Parámetros Outlier analizados*

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	26	26
Sumatoria	4804.36	58.87
Valor Máximo	223.99	2.35
Valor Mínimo	149.83	2.18
Media:	184.783	2.264
Varianza:	421.576	0.002
Desviación Estándar:	20.532	0.048
Coeficiente Variación:	0.111	0.021
Coeficiente de Sesgo:	0.245	0.033
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos	

ANEXO 4
PERFIL Y SECCIÓN DE LA VÍA

Perfil de vía

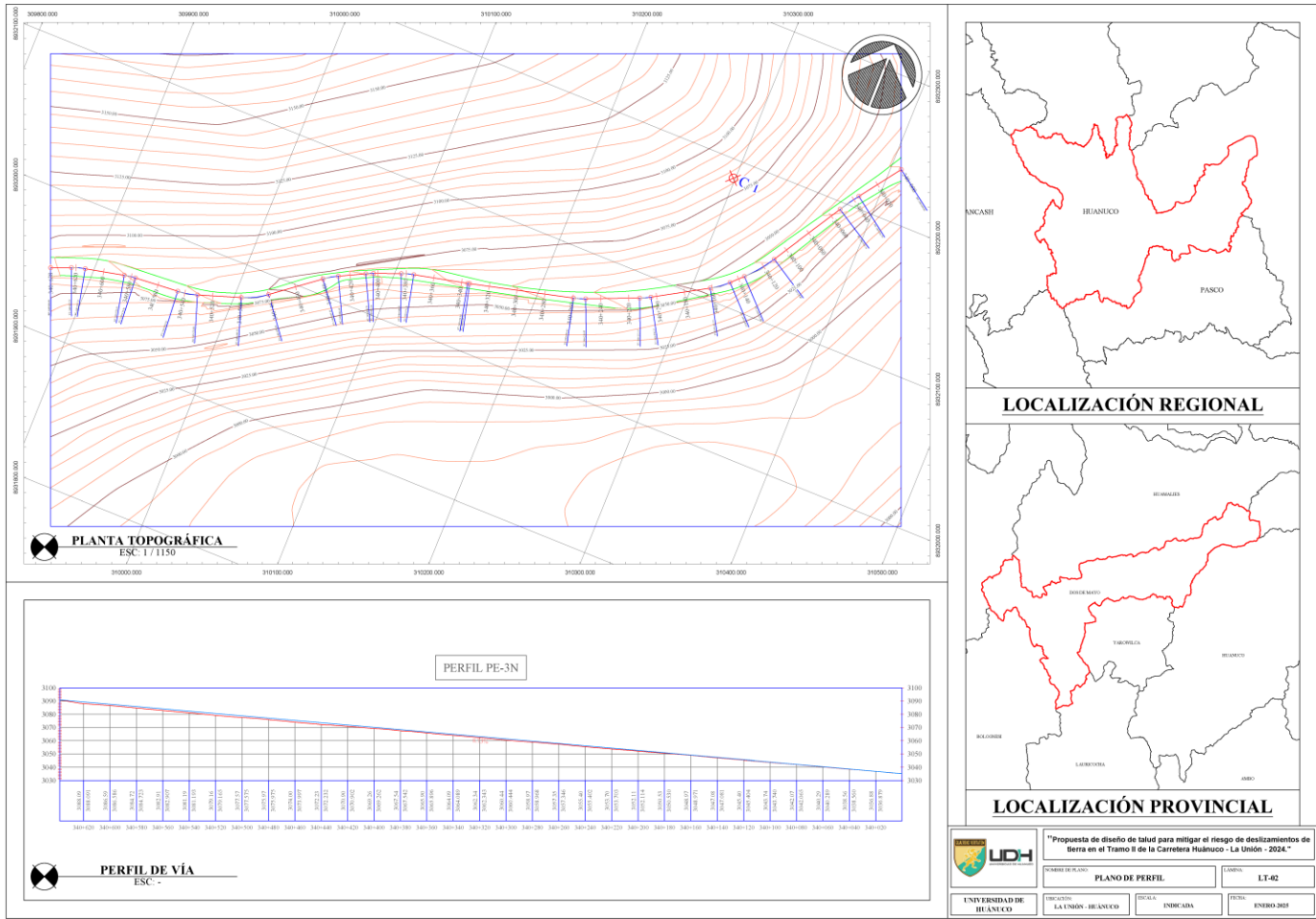
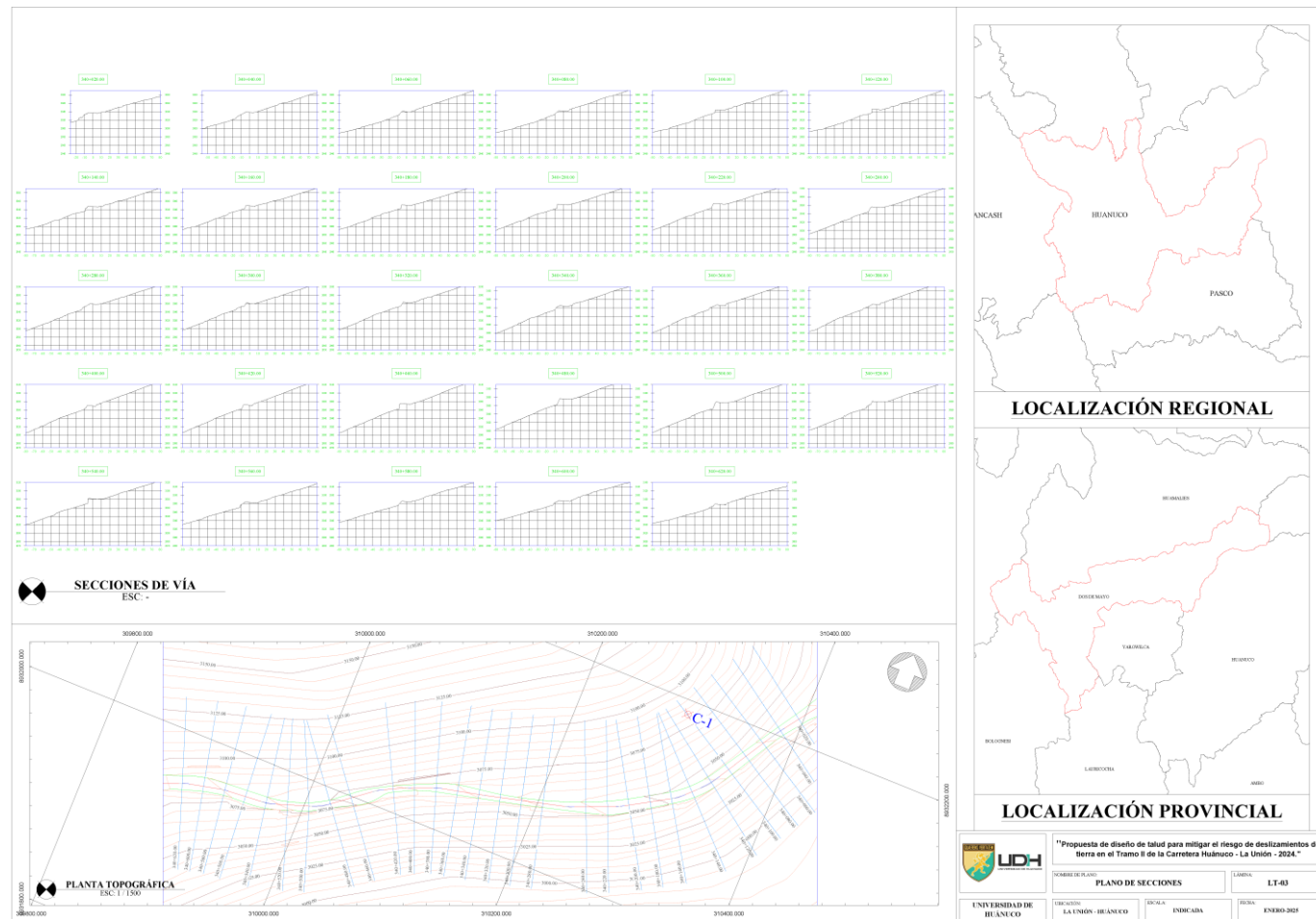


Figura 43

Secciones completas de vía



ANEXO 5
PANEL FOTOGRAFICO



panoramica longitudinal del talud del tramo II de Huánuco a La union.



Levantamiento topografico en la longitudinal del tramo II de Huánuco a La union.



Detalle del punto critico con mayor inestabilidad (deslizamiento activo) del tramo II de Huánuco a La union.



Levantamiento topografico en el punto critico con mayor inestabilidad del tramo II de Huánuco a La union.



Zonas intervenidas (limpieza) del tramo II de Huánuco a La union.



Levantamiento topografico en la zona itervenida (limpieza) del tramo II de Huánuco a La union.



Zonas intervenidas del tramo II de Huánuco a La union.



Equipo topografico posicionado en el terreno.



Proceso de medicion sobre el talud (mirando hacia el ladera).



Personal realizando la inspeccion visual del punto critico con libreta.



Foto del equipo y materiales utilizados en campo.