

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“Propuesta de diseño de taludes para la prevención de
deslizamientos en el sector Buenos Aires km. 25 de la carretera
de Cayumba- Chinchao -Huánuco, 2024”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Atachagua Espinoza, Arístides Cristiam

ASESORA: Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANCAYO
<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 ambiental

Disciplina: Geotecnia

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (x)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 45632994

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	Granados Martínez, Daisy Guadalupe	Maestro en gestión del sistema ambiental	44533422	0009-0002-2547-1688
2	Tuanama Lavi, José Wicley	Maestro en gerencia pública	05860064	0000-0002-5148-6384
3	Felipe Matías, Elbio Fernando	Master en ingeniería civil con mención en ingeniería vial	80037356	0009-0006-3387-9498

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:30 horas del día **viernes 07 de noviembre de 2025**, 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. DAYSI GUADALUPE GRANADOS MARTINEZ | PRESIDENTE |
| ❖ MG. JOSE WICLEY TUANAMA LAVI | SECRETARIO |
| ❖ MG. ELBIO FERNANDO FELIPE MATIAS | VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 2268-2025-D-FI-UDH para evaluar la Tesis intitulada: "PROPUESTA DE DISEÑO DE TALUDES PARA LA PREVENCIÓN DE DESLIZAMIENTOS EN EL SECTOR BUENOS AIRES KM. 25 DE LA CARRETERA DE CAYUMBA- CHINCHAO - HUÁNUCO, 2024", presentado por el (la) Bachiller. Bach Aristides Cristiam ATACHAGUA ESPINOZA, 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 MAYORÍA con el calificativo cuantitativo de 11 y cualitativo de SUFICIENTE (Art. 47).

Siendo las 18:25 horas del día 07 del mes de noviembre del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


MG. DAYSI GUADALUPE GRANADOS MARTINEZ
DNI: 44533422
ORCID: 0009-0002-2547-1688
PRESIDENTE


MG. JOSE WICLEY TUANAMA LAVI
DNI: 05860064
ORCID: 0000-0002-5148-6384
SECRETARIO (A)


MG. ELBIO FERNANDO FELIPE MATIAS
DNI: 80037356
ORCID: 0009-0006-3387-9498
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: ARISTIDES CRISTIAM ATACHAGUA ESPINOZA , de la investigación titulada "PROPUESTA DE DISEÑO DE TALUDES PARA LA PREVENCIÓN DE DESLIZAMIENTOS EN EL SECTOR BUENOS AIRES KM. 25 DE LA CARRETERA DE CAYUMBA - CHINCHAO - HUÁNUCO, 2024", con asesor(a) INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1901-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 13 % 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, 15 de septiembre 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

121. ATACHAGUA ESPINOZA ARISTIDES CRISTIAM.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%	13%	3%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1%
7	oletourshawaii.com 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

Dedico esta tesis, con todo mi amor y gratitud, a mis padres, por su constante apoyo y sacrificio. A mis profesores, por compartir su conocimiento y guiarme en mi formación. Y a mis amigos, por su compañía y ánimo durante todo este proceso.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas las personas y entidades que hicieron posible esta tesis a Dios por la fortaleza y sabiduría. A mis padres, por su amor, apoyo y sacrificios. A mis profesores, especialmente a la Mg. Arteaga Espinoza Ingrid Delia Dignarda, por su guía y consejos. Y finalmente, a la Universidad, por proporcionarme las herramientas necesarias para mi formación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN	XII
CAPÍTULO I	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
1.1.1. ÁMBITO INTERNACIONAL.....	14
1.1.2. ÁMBITO NACIONAL:.....	15
1.1.3. ÁMBITO LOCAL	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	16
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO	16
1.3. FORMULACION DE LOS OBJETIVOS	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.4.1. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	17
1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	17
1.4.3. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	18
1.4.4. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	18
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.5.1. ACCESIBILIDAD A DATOS.....	18
1.5.2. VARIABILIDAD CLIMÁTICA.....	19
1.5.3. CONDICIONES DEL TERRENO	19

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.6.1. VIABILIDAD TEÓRICA	19
1.6.2. VIABILIDAD ECONÓMICA	20
1.6.3. VIABILIDAD TEMPORAL	20
CAPÍTULO II	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	21
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	21
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	23
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	26
2.2. BASES TEÓRICAS	28
2.2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	28
2.2.2. EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES	28
2.2.3. MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN	29
2.2.4. PROPUESTAS DE DISEÑO	30
2.2.5. TEORÍA DE LA MECÁNICA DE SUELOS	31
2.2.6. MODELOS NUMÉRICOS Y SIMULACIONES	32
2.2.7. TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE TALUDES	32
2.2.8. INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS AVANZADAS	33
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	34
2.4. HIPÓTESIS	36
2.5. VARIABLES	36
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE	36
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	36
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	37
CAPÍTULO III	38
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	38
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	38
3.1.1. ENFOQUE	38

3.1.2. ALCANCE O NIVEL	39
3.1.3. DISEÑO	39
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	40
3.2.1. POBLACIÓN	40
3.2.2. MUESTRA.....	40
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	40
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	40
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	43
3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS ..	44
CAPÍTULO IV.....	46
RESULTADOS.....	46
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	46
4.1.1. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS	47
4.1.2. EVALUACIÓN DE FACTORES CLIMÁTICOS Y TOPOGRÁFICA	54
4.1.3. PLANTEAMIENTO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD	60
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	69
CAPÍTULO V.....	72
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	72
CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES.....	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
ANEXOS.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	37
Tabla 2 Plantilla de tamizado Excel	44
Tabla 3 Ubicación de la zona de interés	46
Tabla 4 Análisis granulométrico de partículas	48
Tabla 5 Caracterización específica del suelo.....	49
Tabla 6 Clasificación granulométrica de muestra	51
Tabla 7 Ensayo de corte directo	52
Tabla 8 Resultado de ensayo de corte	53
Tabla 9 Análisis de composición química del suelo	53
Tabla 10 Ubicación coordenada de estaciones meteorológicas	54
Tabla 11 Valores de precipitación promedio Estación Tingo María	56
Tabla 12 Estimación de valores promedio de precipitación	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Recorrido de la zona de investigación	40
Figura 2 Ensayo en Laboratorio.....	41
Figura 3 Identificación de estaciones meteorológicas.....	41
Figura 4 Interfaz de software de GEO5	42
Figura 5 Datos de estaciones meteorológicas	42
Figura 6 Determinación de estabilidad de talud 0+190 km	43
Figura 7 Modelo de presentación cartográfica	43
Figura 8 Verificación de estabilidad talud 0+190 km.....	44
Figura 9 Mapa de ubicación.....	46
Figura 10 Modelo topográfico e identificación del punto de calicata	47
Figura 11 Curva granulométrica para la calicata C-1	49
Figura 12 Determinación del límite plástico de la muestra.....	50
Figura 13 Perfil estratigráfico de calicata	51
Figura 14 Gráficas de deformaciones y esfuerzos de la muestra	52
Figura 15 Identificación de estaciones meteorológicas cercanas	54
Figura 16 Isoyetas formadas por las estaciones meteorológicas.....	55
Figura 17 Modelo específico de isoyetas.....	56
Figura 18 Comportamiento anual hidrológico	58
Figura 19 Modelo topográfico de la zona de investigación	59
Figura 20 Modelo de pendientes.....	59
Figura 21 Modelo de deslizamientos	60
Figura 22 Identificación de secciones de diseño.....	61
Figura 23 Determinación de estabilidad de talud 0+190 km	62
Figura 24 Verificación de estabilidad talud 0+190 km.....	62
Figura 25 Determinación de estabilidad de talud 0+200 km	63
Figura 26 Verificación de estabilidad talud 0+200 km.....	64
Figura 27 Determinación de estabilidad de talud 0+210 km	64
Figura 28 Verificación de estabilidad talud 0+210 km.....	65
Figura 29 Determinación de estabilidad de talud 0+220 km	66
Figura 30 Verificación de estabilidad talud 0+220 km.....	66
Figura 31 Determinación de estabilidad de talud 0+230 km	67
Figura 32 Verificación de estabilidad talud 0+230 km.....	68

Figura 33 Planos de corte de talud	68
Figura 34 Modelo topográfico e identificación del punto de calicata	69
Figura 35 Determinación de estabilidad de talud 0+230 km	70
Figura 36 Verificación de estabilidad talud 0+220 km.....	70
Figura 37 Planos de corte de talud	71

RESUMEN

La investigación se centró en desarrollar un diseño de talud que previniera los deslizamientos de tierra en el sector Buenos Aires, Centro Poblado Cayumba, Distrito de Chinchao, Huánuco. Para ello, se evaluaron las propiedades geotécnicas del suelo, identificando que la mayor parte del suelo (65.80%) correspondía a partículas de arena, mientras que el 24.60% restante estaba constituido por suelos de tipo blando. Además, se analizaron los factores climáticos y topográficos, determinando que la precipitación efectiva en la zona era de 14.28 mm, con el valor más alto en febrero (12.57 mm) y el más bajo en agosto (2.76 mm). La variación de pendientes se encontraba en un rango del 70% al 90%. La metodología de Bishop se utilizó para validar el diseño de banquetas y taludes, asegurando que el factor de seguridad fuera mayor a 1.00. Las conclusiones indicaron que los ángulos de corte de talud eran de 25° a 30° y las banquetas tenían un ancho de 3.00 m, lo que permitió verificar y establecer el diseño adecuado del talud. La investigación subrayó la importancia de aplicar soluciones técnicas y metodológicas para mitigar los riesgos asociados a los deslizamientos de taludes y garantizar la seguridad vial en tramos carreteros críticos. Para el análisis de estabilidad de los taludes, se emplearon varias técnicas avanzadas. El software GEO5 se utilizó para modelar y simular diferentes escenarios, evaluando el factor de seguridad de los taludes bajo diversas condiciones de carga y factores climáticos. Este software permitió realizar simulaciones detalladas y obtener una evaluación precisa del comportamiento del talud. Además, se aplicó la metodología de Bishop, un método de equilibrio límite que calcula el factor de seguridad considerando las fuerzas resistivas y desestabilizadoras en el talud. Esta metodología es ampliamente utilizada en la ingeniería geotécnica debido a su precisión y fiabilidad. Los resultados de estas técnicas de análisis fueron fundamentales para identificar las áreas críticas y proponer soluciones de diseño adecuadas para estabilizar los taludes y prevenir deslizamientos.

Palabras Clave: Prevención de deslizamientos, propiedades geotécnicas, factores climáticos, factores topográficos, estabilidad de taludes.

ABSTRACT

The research focused on developing a slope design to prevent landslides in the Buenos Aires sector, Cayumba Populated Center, Chinchao District, Huánuco. To achieve this, the geotechnical properties of the soil were evaluated, identifying that most of the soil (65.80%) consisted of sand particles, while the remaining 24.60% was composed of soft soils. Additionally, climatic and topographic factors were analyzed, determining that the effective precipitation in the area was 14.28 mm, with the highest value in February (12.57 mm) and the lowest in August (2.76 mm). The slope variation ranged from 70% to 90%. The Bishop methodology was used to validate the design of benches and slopes, ensuring that the safety factor was greater than 1.00. The conclusions indicated that the slope cutting angles were between 25° and 30°, and the benches had a width of 3.00 m, which allowed verifying and establishing the appropriate slope design. The research emphasized the importance of applying technical and methodological solutions to mitigate the risks associated with slope landslides and ensure road safety in critical sections. For the stability analysis of the slopes, several advanced techniques were employed. The GEO5 software was used to model and simulate different scenarios, evaluating the safety factor of the slopes under various load conditions and climatic factors. This software allowed detailed simulations and provided an accurate assessment of the slope behavior. Additionally, the Bishop methodology, a limit equilibrium method that calculates the safety factor considering the resistive and destabilizing forces on the slope, was applied. This methodology is widely used in geotechnical engineering due to its accuracy and reliability. The results of these analysis techniques were fundamental in identifying critical areas and proposing suitable design solutions to stabilize the slopes and prevent landslides.

Keywords: Slope design, landslide prevention, geotechnical properties, climatic factors, topographic factors, slope stability.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se centra en desarrollar un diseño de talud que prevenga los deslizamientos de tierra en el sector Buenos Aires, Centro Poblado Cayumba, Distrito de Chinchao, Huánuco. Para lograr este objetivo, se evaluaron las propiedades geotécnicas del suelo en el área de estudio, identificando su impacto en la estabilidad del talud y analizando cómo estas características contribuyen a la vulnerabilidad a deslizamientos. Además, se identificaron los factores climáticos y topográficos que influyen en la inestabilidad del talud y la ocurrencia de deslizamientos en la zona. Finalmente, se propusieron soluciones de diseño de talud basadas en el análisis de las características geotécnicas, climáticas y topográficas, adecuadas para prevenir deslizamientos en el área específica. Esta investigación busca proporcionar un enfoque técnico y metodológico que contribuya a mitigar los riesgos asociados a los deslizamientos de tierra y garantizar la seguridad vial en tramos carreteros críticos. A partir de ello se planteó la siguiente estructura de investigación.

Capítulo I: Este capítulo describe el problema de los deslizamientos de tierra a nivel internacional, nacional y local. Se formulan los problemas y objetivos de la investigación.

Capítulo II: Se presentan los antecedentes de la investigación y las bases teóricas, incluyendo la evaluación de taludes inestables, métodos de estabilización, teoría de la mecánica de suelos, y técnicas de rehabilitación. Se definen los conceptos clave y se plantean las hipótesis y variables.

Capítulo III: Se describe el tipo de investigación, el enfoque, el diseño, la población y muestra del estudio, así como las técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizados.

Capítulo IV: Se presentan los resultados del procesamiento de datos, incluyendo las características geotécnicas del suelo, la evaluación de factores

climáticos y topográficos, y las soluciones propuestas para la estabilización de taludes.

Capítulo V: Se discuten los resultados obtenidos en relación con los objetivos y las hipótesis planteadas, destacando las contribuciones y limitaciones de la investigación.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los deslizamientos de tierra, un fenómeno geológico común en diversas partes del mundo, resultan del movimiento descendente de tierra, rocas y escombros bajo la influencia de la gravedad. Factores como precipitaciones intensas, sismos, erosión y actividades humanas, como la deforestación y la construcción inadecuada, pueden desencadenar estos eventos. Según el Servicio Geológico de los Estados Unidos (2023), los deslizamientos provocan miles de muertes y pérdidas económicas significativas anualmente, con un impacto más severo en países en desarrollo. El cambio climático ha intensificado estos eventos debido a patrones de lluvia más concentrados y frecuentes, incrementando la saturación del suelo y, por ende, la posibilidad de deslizamientos. El IPCC (2022) subraya que las regiones montañosas son especialmente vulnerables debido a la combinación de pendientes pronunciadas y suelos inestables.

1.1.1. ÁMBITO INTERNACIONAL

El deslizamiento de Vargas en Venezuela (1999), también conocido como la Tragedia de Vargas, es uno de los eventos más devastadores, con precipitaciones que superaron los 900 mm, provocando la muerte de miles de personas y la destrucción de comunidades enteras. Este desastre subraya la importancia de la estabilidad de los taludes, ya que las lluvias intensas y la falta de medidas preventivas contribuyeron al colapso de grandes áreas de terreno (Guillermo D. , 2019).

Otro ejemplo es el deslizamiento de Oso en Washington, EE.UU. (2014), causado por lluvias intensas y condiciones geológicas desfavorables, resultando en la muerte de 43 personas y destacando la

necesidad de una mejor gestión del riesgo de desastres y un diseño más robusto de taludes para evitar tales tragedias (García, 2014).

1.1.2. ÁMBITO NACIONAL:

En el Perú, los deslizamientos de tierra son una amenaza recurrente, especialmente en las regiones andinas, caracterizadas por pendientes empinadas y suelos inestables. Factores como la alta sismicidad, el cambio climático y la actividad humana, incluyendo la deforestación y la urbanización descontrolada, agravan la situación (CENEPRED, 2022).

Los taludes en estas regiones son particularmente susceptibles a fallas debido a las fuertes lluvias y la saturación del suelo, lo que incrementa la posibilidad de deslizamientos. La falta de infraestructura adecuada y la inconsistente implementación de políticas de mitigación aumentan la vulnerabilidad del país a estos eventos (Quiroz Miranda y otros, 2023).

En Cusco, los deslizamientos en el Valle Sagrado de los Incas han puesto en peligro la seguridad de la población y han dañado infraestructuras críticas, exacerbados por lluvias intensas y la presión sobre los recursos naturales debido al turismo y la expansión urbana. (Valderrama Murillo y Roa Calumani, 2021)

1.1.3. ÁMBITO LOCAL

El distrito de Ambo, en Huánuco, enfrenta un alto riesgo de deslizamientos de tierra, debido a su geografía montañosa y suelos inestables. Las lluvias estacionales intensas, combinadas con la deforestación y prácticas agrícolas no sostenibles, han incrementado la frecuencia de estos eventos. La estabilidad de los taludes en esta región es una preocupación crítica, ya que su falla podría resultar en desastres significativos. La falta de infraestructura adecuada y planificación urbana

agrava la situación, dejando a la comunidad vulnerable ante desastres, un enfoque integral en el diseño y mantenimiento de taludes es esencial para mitigar estos riesgos y asegurar la estabilidad a largo plazo en esta región vulnerable (Tello Mego, 2015).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el diseño adecuado de talud que prevenga los deslizamientos de tierra en el sector Buenos Aires, Centro Poblado Cayumba, Distrito de Chinchao, ¿Huánuco?

1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO

PE1: ¿Qué propiedades geotécnicas del suelo en el sector Buenos Aires, Cayumba, influyen en la inestabilidad del talud?

PE2: ¿Qué factores climáticos y topográficos están contribuyendo a la ocurrencia de deslizamientos en el área de estudio?

PE3: ¿Qué técnicas de diseño de talud pueden implementarse para mitigar el riesgo de deslizamientos en esta zona específica, considerando sus características particulares?

1.3. FORMULACION DE LOS OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un diseño de talud que prevenga los deslizamientos de tierra en el sector Buenos Aires, Centro Poblado Cayumba, Distrito de Chinchao, Huánuco.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OE1: Evaluar las propiedades geotécnicas del suelo en el sector Buenos Aires, Cayumba, para identificar su impacto en la estabilidad del talud y analizar cómo estas características contribuyen a la vulnerabilidad a deslizamientos.

OE2: Identificar los factores climáticos y topográficos que contribuyen a la inestabilidad del talud y la ocurrencia de deslizamientos en la zona.

OE3: Proponer soluciones de diseño de talud, basadas en el análisis de las características geotécnicas, climáticas y topográficas, que sean adecuadas para prevenir deslizamientos en el área específica.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se fundamenta en los siguientes aspectos:

1.4.1. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

La implementación de taludes en el sector Buenos Aires, Centro Poblado Cayumba, fue vital para proteger a la comunidad local de los deslizamientos de tierra, asegurando la seguridad de los habitantes y preservando sus hogares e infraestructura. Esta investigación buscó mejorar la calidad de vida de la población, reduciendo el riesgo de desastres naturales y promoviendo un desarrollo más seguro y sostenible.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La implementación de taludes en el sector Buenos Aires, Centro Poblado Cayumba, fue crucial para proteger a la comunidad local de los deslizamientos de tierra, garantizando la seguridad de los residentes y

la preservación de sus hogares e infraestructura. Los deslizamientos de tierra representaban una amenaza significativa para las vidas y bienes en esta región, especialmente durante la temporada de lluvias. Este proyecto no solo buscaba reducir el riesgo de desastres naturales, sino también mejorar la calidad de vida de la población, promoviendo un entorno más seguro y resiliente para el desarrollo comunitario.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La metodología y los resultados de esta investigación sirvieron como un modelo práctico para otras regiones propensas a deslizamientos en la sierra del Perú. El uso de software avanzado para el diseño y monitoreo de taludes ofreció soluciones replicables y adaptables a distintos contextos geográficos, proporcionando a ingenieros y planificadores urbanos herramientas efectivas para mitigar riesgos y reducir costos asociados a daños y emergencias.

1.4.4. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

El enfoque metodológico de la investigación incluyó el uso de software especializado para análisis geotécnicos, modelado topográfico y climático, y diseño estructural de taludes. Esta metodología avanzada aseguró la validez y confiabilidad de los resultados, mejorando las prácticas en ingeniería civil. La investigación proporcionó una guía detallada y comprobada para la prevención de deslizamientos, basada en tecnología y técnicas modernas.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. ACCESIBILIDAD A DATOS

La obtención de datos geotécnicos y climáticos detallados estuvieron limitadas por la disponibilidad y el acceso a las zonas afectadas, especialmente en áreas remotas o de difícil acceso.

1.5.2. VARIABILIDAD CLIMÁTICA

Las condiciones climáticas variaron significativamente, lo que dificultó la precisión de las predicciones y modelos utilizados en el diseño de taludes.

1.5.3. CONDICIONES DEL TERRENO

Las características geológicas y topográficas del terreno presentaron variabilidad que no se puede captar completamente en los modelos, afectando la precisión del diseño de los taludes.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La viabilidad de esta investigación surgió como una necesidad urgente debido a los frecuentes deslizamientos de tierra en el sector Buenos Aires, Cayumba, del distrito de Chinchao, Huánuco. La propuesta de diseño de taludes para la prevención de estos deslizamientos tuvo una alta aceptación, ya que mejorará significativamente la seguridad y la calidad de vida de los habitantes.

1.6.1. VIABILIDAD TEÓRICA

La investigación estuvo respaldada por antecedentes teóricos sólidos en la ingeniería geotécnica y la prevención de desastres naturales. Se contó con una vasta cantidad de estudios previos, publicaciones académicas y normativa local, nacional e internacional relevante. Fuentes como el Manual de Diseño Geotécnico para Obras de Infraestructura y manuales especializados de países con experiencias similares fueron fundamentales para la investigación.

1.6.2. VIABILIDAD ECONÓMICA

El desarrollo de esta investigación contó con fondos económicos suficientes, provenientes de recursos propios.

1.6.3. VIABILIDAD TEMPORAL

La investigación fue diseñada para abordar un problema actual y urgente en la región. La utilización de software especializado como GeoStudio y Slide permitió una ejecución más rápida y eficiente de la investigación. El cronograma del proyecto aseguró que cada etapa, desde la recolección de datos hasta el diseño de taludes, se realizara de manera ordenada y dentro de los plazos establecidos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Monte (2020) en su tesis titulado: *“Análisis de estabilidad de taludes de roca mediante el método de elementos finitos”*, desarrollado en la Universidad de Concepción, Chile. El estudio tuvo como objetivo replicar las condiciones reales de dos taludes situados en la provincia de Concepción, identificados como Talud A (estable) y Talud B (con colapso de material en forma de cuña), utilizando un modelo numérico para interpretar los resultados y compararlos con las observaciones de campo. Las mediciones topográficas revelaron que el Talud A tenía una altura máxima de 24 metros y una inclinación promedio de 54° , mientras que el Talud B tenía una altura máxima de 9 metros y una inclinación promedio de 55° . La caracterización del macizo rocoso mostró condiciones de baja competencia, con superficies de calidad media a buena y una estructura con alta presencia de bloques. Para el Talud A se identificaron tres sets de discontinuidades, mientras que para el Talud B se identificaron dos sets. Las simulaciones numéricas indicaron condiciones de estabilidad para ambos taludes, con factores de seguridad que oscilaron entre 1.3 y 1.6. Sin embargo, el análisis de deformación mostró diferencias en la geometría, localización y tamaño de una posible superficie de falla para cada caso. El análisis cinemático de las discontinuidades sugirió un posible colapso por cuña en el Talud A y una combinación de cuña y volcamiento para el Talud B. Estas conclusiones proporcionan una comprensión más profunda de los mecanismos de falla en taludes de roca y subrayan la importancia de considerar múltiples factores en el análisis de estabilidad de taludes.

Laire (2021) en su estudio titulado: *“Análisis de Estabilidad de Taludes en Tranques y Embalses de Relaves utilizando el método de equilibrio límite”* fue desarrollado en la Universidad de Santiago de Chile; este estudio abordó la estabilidad de taludes en tranques y embalses de relaves, estructuras fundamentales para la industria minera de Chile, debido a su papel en la contención de desechos mineros. El objetivo fue realizar un análisis de sensibilidad utilizando el método de equilibrio límite, evaluando cuatro parámetros críticos: resistencia al corte de los materiales del relleno del muro, geometría del muro, nivel freático y coeficientes sísmicos. Se desarrollaron 36 casos de estudio por estructura, empleando análisis computacionales para determinar presiones de poros y flujos, así como para evaluar la estabilidad de los taludes ante fallas globales y superficiales. Los resultados incluyeron índices de confiabilidad, probabilidades de falla y factores de seguridad, permitiendo identificar y priorizar los parámetros críticos que influyen la estabilidad de estas estructuras. Las conclusiones destacaron la necesidad de complementar los análisis determinísticos con análisis de confiabilidad para obtener una evaluación más completa de la estabilidad de taludes. El estudio también enfatizó la importancia de una gestión adecuada de estos parámetros para mejorar la seguridad y sostenibilidad en la minería chilena.

Villazhañay y Bucheli (2023) en su trabajo titulado *“Estabilidad de taludes en el puente sobre el río Copueno en Morona Santiago-Ecuador”* desarrollado en la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, abordan la evaluación de la estabilidad de taludes en un entorno desafiante como es el puente sobre el río Copueno, ubicado en la provincia de Morona Santiago, Ecuador. Este estudio tiene como objetivo principal analizar las condiciones geotécnicas del terreno que rodea el puente y proponer soluciones técnicas para garantizar la estabilidad de los taludes que soportan esta infraestructura crucial para la conectividad regional. Durante el desarrollo del estudio, los autores aplicaron una combinación de técnicas analíticas y numéricas avanzadas para modelar el comportamiento de los taludes bajo

diferentes condiciones de carga, incluyendo eventos sísmicos y lluvias intensas, características de la región amazónica. Asimismo, se realizaron estudios de campo detallados, que incluyeron ensayos de penetración estándar (SPT) y pruebas de laboratorio para caracterizar el suelo y su capacidad de carga. Los resultados del estudio revelaron que los taludes presentan una estabilidad marginal bajo condiciones normales, pero que podrían fallar en situaciones de sobrecarga o condiciones climáticas extremas, lo que representa un riesgo significativo para la estructura del puente. Los autores proponen la implementación de refuerzos con muros de contención y la estabilización de los taludes mediante el uso de anclajes y pilotes, así como el mejoramiento del drenaje superficial y subterráneo para reducir la infiltración de agua y prevenir la erosión. En conclusión, Villazhañay Zúñiga y Bucheli García destacan la importancia de una gestión integral de los taludes en la infraestructura de transporte, especialmente en regiones con alta vulnerabilidad sísmica y climática, como es el caso de Morona Santiago. Este antecedente es particularmente relevante para tu proyecto de tesis, ya que proporciona un enfoque detallado y técnicas aplicables para la estabilidad de taludes en proyectos de infraestructura, que son clave en la mitigación de deslizamientos de tierra.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Hospinal y Laurencio (2020) encaminaron el proyecto titulado: *“Estabilización de Taludes utilizando el Sistema de Soil Nailing en Jicamarca, Perú”* llevado a cabo en la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú. En esta investigación, se abordó la estabilización de taludes mediante el sistema de Soil Nailing, con un enfoque particular en el talud del Megacentro Comercial 30 de enero en la región de Jicamarca. El estudio tuvo como objetivo principal analizar la estabilidad del talud y desarrollar soluciones específicas para mejorar su seguridad estructural. La metodología empleada incluyó la evaluación de factores de seguridad y el uso de software especializado, como Slide 6.0, para llevar a cabo análisis probabilísticos y pseudoestáticos. Estos análisis

permitieron modelar el comportamiento del talud bajo diversas condiciones, incluyendo eventos sísmicos, y determinar la efectividad del sistema de Soil Nailing para aumentar la estabilidad. Los resultados de la investigación demostraron que el uso de Soil Nailing, en combinación con pernos autoperforantes, es una técnica eficaz para la estabilización de taludes en esta región, cumpliendo con los factores de seguridad requeridos. La implementación de estas técnicas no solo mejoró la seguridad del talud, sino que también optimizó la ejecución del proyecto, sugiriendo aplicaciones prácticas para otras regiones del Perú con condiciones geológicas similares. Esta investigación proporciona un marco de referencia valioso para futuras iniciativas de estabilización de taludes en el país.

Llaique (2022), en su investigación titulada “Evaluación, análisis y estabilidad de taludes con el Sistema Erdox en la carretera PE-28B del km 152+045 al km 152+195 - Kepashiato – Kiteni.” realizada en la Universidad Continental, ofrece un exhaustivo análisis sobre la aplicación del Sistema Erdox en la estabilización de taludes en un tramo específico de la carretera PE-28B, una vía de vital importancia en la región. El objetivo principal de este estudio fue evaluar la eficiencia y efectividad de este sistema en mejorar la estabilidad de taludes que han demostrado ser altamente vulnerables a deslizamientos, especialmente durante las épocas de lluvias intensas que caracterizan la región. En primer lugar, el estudio realiza una evaluación detallada de las condiciones geotécnicas del terreno, donde se identifican los principales factores de riesgo, como la pendiente pronunciada, la erosión superficial, y la infiltración de agua en los estratos del suelo. A continuación, Llaique Chane utiliza una combinación de técnicas de análisis, que incluyen modelado numérico y pruebas de campo, para determinar cómo estos factores afectan la estabilidad del talud y cómo el Sistema Erdox puede mitigar dichos riesgos. El Sistema Erdox, conocido por su capacidad para estabilizar taludes a través de la oxigenación controlada del suelo, fue implementado en este tramo carretero con resultados altamente satisfactorios. La investigación concluye que la utilización de este

sistema no solo mejoró significativamente la estabilidad del talud, reduciendo la posibilidad de deslizamientos, sino que también contribuyó a la sostenibilidad ambiental al minimizar la necesidad de intervenciones más invasivas. Además, el estudio destaca que la implementación del Sistema Erdox permitió mantener la transitabilidad de la carretera durante las estaciones más críticas, lo que es esencial para la conectividad y el desarrollo económico de las comunidades aledañas. En conclusión, la investigación de Llaique Chane subraya la importancia de aplicar soluciones innovadoras y sostenibles en la estabilización de taludes en regiones geológicamente complejas. Este antecedente resulta altamente relevante para tu proyecto de tesis, ya que ofrece un enfoque técnico y metodológico que podría aplicarse a contextos similares, ayudando a mitigar los riesgos asociados a los deslizamientos de tierra y a garantizar la seguridad vial en tramos carreteros críticos.

Pari (2021) en su investigación titulada: *“Estabilización de Taludes de Corte mediante Anclajes Metálicos en la Carretera Chojata, Moquegua, Perú”*, realizada en la Universidad Nacional de Moquegua, Moquegua, Perú. Este estudio se centró en la estabilización de taludes de corte a lo largo de la carretera Chojata, una vía crítica en la región de Moquegua, que es susceptible a deslizamientos de tierra debido a su geología y condiciones climáticas. La investigación tuvo como objetivo identificar los ángulos de inclinación óptimos para los taludes y determinar los tipos de fallas más comunes que podrían comprometer la estabilidad del terreno. Mediante un detallado análisis de campo y pruebas de laboratorio, el estudio evaluó varias configuraciones de anclajes metálicos, analizando su eficacia en la mejora del factor de seguridad de los taludes. Se realizaron ensayos para determinar la resistencia al corte de los materiales del talud y la capacidad de los anclajes para soportar cargas adicionales. Los resultados demostraron que la implementación de anclajes metálicos aumentó significativamente la estabilidad de los taludes, reduciendo el riesgo de deslizamientos y mejorando la seguridad de la infraestructura vial. Este trabajo no solo contribuyó a la mejora de la seguridad en la carretera Chojata, sino que

también proporcionó una valiosa referencia para la aplicación de técnicas de estabilización de taludes en otras regiones con características geológicas similares en Perú. La investigación destacó la importancia de un enfoque geotécnico integral para la prevención de desastres naturales y la protección de infraestructuras críticas.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Fierro (2023) realizó un estudio titulado: “Evaluación de riesgos de deslizamientos de taludes en el diseño geométrico del camino vecinal Pampahuasi - Huariños - Santa Virginia, ubicado en el distrito de Panao, provincia de Pachitea, Huánuco” La investigación se clasificó como un estudio no experimental con un enfoque cuantitativo y nivel descriptivo. Se aplicó un análisis de riesgo que consideró tanto los factores desencadenantes como los condicionantes, complementado con una valoración de la vulnerabilidad mediante el análisis jerárquico multicriterio del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. El estudio abarcó un tramo de 37.89 km del camino vecinal, evaluando las pendientes del terreno como un factor crítico en los cálculos de peligrosidad. Se determinó que la vulnerabilidad era alta debido a que los principales elementos expuestos eran la vialidad, lo que representaba una amenaza significativa para la población debido a la posible interrupción del servicio de transitabilidad. El análisis reveló que el factor de seguridad frente a deslizamientos era inferior a 1.25, lo cual no cumplía con los criterios normativos establecidos. Como resultado, se propusieron varias medidas de mitigación, incluyendo el control de las pendientes de los taludes y la incorporación de sistemas de drenaje para facilitar la evacuación de aguas pluviales, con el objetivo de mejorar la seguridad y reducir los riesgos asociados a los deslizamientos de taludes.

Magariño (2022) llevó a cabo un estudio titulado: “Eficiencia en costos y plazos para la estabilización de taludes utilizando el método ERDOX en comparación con métodos convencionales, en la carretera

Acomayo - Pillao – Huánuco”. El estudio se enfocó en identificar taludes inestables y evaluar su estabilidad mediante el uso del software GEO5. Los resultados mostraron que los taludes no cumplían con los factores de seguridad mínimos establecidos. Tras la implementación de ambos enfoques, tanto los métodos convencionales como el sistema ERDOX, se concluyó que el sistema ERDOX no solo era más económico, sino que también ofrecía una instalación más rápida. Además, se observó una mejora significativa en la estabilidad de los taludes con el uso del sistema ERDOX en comparación con los métodos convencionales.

Magariño (2023) realizó un estudio titulado “Estabilización de Taludes con Zanjas de Coronación en la Carretera Vecinal Roque Esquina – Pampamarca – Huequia Goñupa, Distrito de Yarumayo, Provincia y Departamento de Huánuco”, llevado a cabo en la Universidad Nacional Hermilio Valdizan, se aborda la problemática de la inestabilidad de taludes en zonas rurales del departamento de Huánuco. Este trabajo tiene como objetivo principal diseñar y evaluar la efectividad de las zanjas de coronación como una medida de estabilización en carreteras vecinales, las cuales son vulnerables a deslizamientos debido a la combinación de factores como la pendiente del terreno, la composición geológica y las condiciones climáticas. El estudio revela que la implementación de zanjas de coronación, al ser una técnica sencilla y de bajo costo, puede reducir significativamente la probabilidad de deslizamientos de tierra en taludes críticos, asegurando así la transitabilidad en épocas de lluvia. Los resultados obtenidos sugieren que, además de mitigar el riesgo de deslizamientos, esta solución contribuye a la protección del entorno natural al minimizar la erosión y la pérdida de suelos fértiles. En resumen, la investigación destaca la relevancia de aplicar soluciones prácticas y contextualizadas en áreas rurales para mejorar la seguridad vial y la resiliencia de las infraestructuras.

2.2. BASES TEÓRICAS

Las bases teóricas del proyecto de diseño de taludes para la prevención de deslizamientos en el sector Buenos Aires, Centro Poblado Cayumba, Huánuco, se fundamentan en una variedad de teorías y modelos en ingeniería geotécnica, mecánica de suelos y bioingeniería aplicada a la estabilización de taludes. Estas bases teóricas son cruciales para abordar de manera efectiva los desafíos relacionados con la estabilidad de los taludes en esta región específica.

2.2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La literatura en ingeniería geotécnica proporciona un marco fundamental para abordar problemas de estabilidad de taludes. Estudios anteriores, como el de Monte(2020) en taludes de roca en la provincia de Concepción, destacan la importancia de utilizar métodos avanzados de análisis para entender las causas de los deslizamientos y diseñar soluciones eficaces.

2.2.2. EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES

La evaluación de la estabilidad de taludes inestables es esencial para el diseño de medidas preventivas, ya que la falla de un talud puede tener graves consecuencias económicas y de seguridad. Un enfoque detallado permite identificar los taludes con factores de seguridad insuficientes y determinar las soluciones de estabilización más adecuadas.

Diversas investigaciones han explorado métodos y herramientas para la evaluación de taludes. Espinoza (2019) ha demostrado la utilidad del software SLIDE v.6.0 en el análisis de estabilidad de taludes. Esta herramienta permite modelar y simular diferentes escenarios para evaluar el factor de seguridad de un talud, facilitando la identificación de zonas críticas propensas a fallas. La integración de datos geotécnicos

precisos con modelos computacionales mejora significativamente la precisión de las evaluaciones, como se observa en la combinación de estudios de campo detallados con simulaciones en SLIDE v.6.0. El software GEO5 también se ha utilizado exitosamente en la propuesta de estabilización de taludes, permitiendo una evaluación integral del comportamiento del suelo y del talud bajo diversas condiciones de carga y escenarios de falla. GEO5 es particularmente eficaz en el diseño de soluciones de estabilización, como la instalación de pilotes, el uso de geotextiles y la construcción de bermas.

2.2.3. MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN

Los métodos de estabilización de taludes varían en complejidad, costo y efectividad, dependiendo de las condiciones específicas del talud y del tipo de suelo involucrado. Entre los métodos destacados se encuentran:

Sistema ERDOX: Este sistema, que implica la inyección de una mezcla de cemento y aditivos estabilizantes, ha mostrado ser una alternativa económica y rápida para mejorar la estabilidad de taludes inestables. La investigación de Magariño (2022) demostró que el sistema ERDOX puede aumentar significativamente el factor de seguridad en suelos cohesivos al mejorar las propiedades mecánicas del suelo y reduciendo su deformabilidad. Este método es especialmente útil en suelos que presentan problemas de cohesión y resistencia al corte.

Muros de Contención: Estas estructuras rígidas previenen deslizamientos al retener el suelo. Los muros de contención pueden ser de concreto armado, mampostería o gaviones, y su elección depende de factores como la altura del talud, las cargas aplicadas y las características del suelo. Los muros de contención actúan al redistribuir las cargas y proporcionar soporte adicional al talud. (Sánchez Pillpa, 2019)

Anclajes al Suelo: Barras de acero instaladas en perforaciones en el talud y ancladas a una estructura superficial refuerzan el talud y previenen deslizamientos profundos, ya que los anclajes proporcionan una resistencia adicional a la fuerza de cizallamiento. (Sánchez Pillpa, 2019)

Drenaje: Sistemas de drenaje, como drenes horizontales o pozos de alivio, reducen la presión del agua en el suelo, crucial para mantener la estabilidad del talud, especialmente en áreas con alta pluviometría. (Laire Seco, 2021)

Geotextiles y Geomallas: Estos materiales sintéticos refuerzan el suelo y previenen la erosión superficial permitiendo el paso del agua mientras retienen las partículas del suelo, y las geomallas proporcionan un refuerzo adicional al suelo, mejorando la estabilidad del talud y reduciendo la posibilidad de deslizamientos. (Sánchez Pillpa, 2019)

Estabilización Vegetativa: La plantación de vegetación adecuada estabiliza la superficie del talud, reduciendo la erosión y mejorando la cohesión del suelo superficial. Las raíces de las plantas ayudan a unir las partículas del suelo y a absorber el exceso de agua, contribuyendo a la estabilidad general del talud (Llague Chane, 2022).

2.2.4. PROPUESTAS DE DISEÑO

Para el proyecto de prevención de deslizamientos en el sector Buenos Aires, Centro Poblado Cayumba, se utilizarán el software Geo 5 y QGIS para el análisis y diseño de medidas preventivas. Estas herramientas ofrecen capacidades avanzadas para la modelización y análisis geotécnico del terreno.

2.2.4.1. Uso de Geo 5:

Modelado de la Geometría del Terreno: Crear un modelo tridimensional del terreno para visualizar la topografía y las características geotécnicas detalladamente (Charro Arévalo y Valencia Armijos, 2007).

Análisis de Estabilidad de Taludes: Evaluar la estabilidad de los taludes existentes y proyectados bajo diferentes condiciones de carga y factores climáticos (Villazhañay Zúñiga y Bucheli García, 2023)

Diseño de Sistemas de Drenaje: Diseñar sistemas de drenaje eficientes para controlar la presión del agua en los taludes (Fernandez Ramirez y Mendoza Arbildo, 2025)

-Simulación de Deslizamientos: Realizar simulaciones para evaluar el comportamiento del terreno ante diferentes escenarios de carga y condiciones climáticas (Sánchez Pillpa, 2019)

2.2.4.2. Integración con QGIS:

Análisis Espacial y Gestión de Datos: Complementar el uso de Geo 5 con capacidades avanzadas de análisis espacial y gestión de datos geográficos para una mejor visualización y análisis (Alonso Sarría, 2006).

2.2.5. TEORÍA DE LA MECÁNICA DE SUELOS

La mecánica de suelos es esencial para comprender el comportamiento de los taludes. A continuación, se detallan algunos conceptos clave y fórmulas utilizadas en la evaluación de la estabilidad de taludes:

Resistencia al Corte: La resistencia al corte de un suelo se describe mediante la ecuación de Mohr-Coulomb: $\tau = c + \sigma \cdot \tan(\phi)$ (Valiente Sanz y otros, 2016)

Donde:

τ = resistencia al corte

c = cohesión del suelo

σ = tensión normal

ϕ = ángulo de fricción interna

Teoría del Equilibrio Límite: Los métodos de equilibrio límite, como los de Bishop y Janbu, se utilizan para calcular el factor de seguridad de un talud. La fórmula general del método de Bishop es: $FS = \frac{\sum \text{Resistencia al corte}}{\sum \text{fuerzas de corte}}$ (Método del Equilibrio Límite, 2008).

2.2.6. MODELOS NUMÉRICOS Y SIMULACIONES

Los modelos numéricos permiten una evaluación detallada del comportamiento de los taludes. El Método de Elementos Finitos (MEF) es ampliamente utilizado:

Modelos Numéricos: El Método de Elementos Finitos (MEF) se utiliza para resolver problemas complejos, con la ecuación general: $[K]\{u\} = \{F\}$ El MEF permite resolver problemas complejos modelando el terreno en pequeños elementos para calcular desplazamientos y tensiones bajo diferentes condiciones (Monte Parra, 2020).

Donde:

$[K]$ = matriz de rigidez del sistema

$\{u\}$ = vector de desplazamientos

$\{F\}$ = vector de fuerzas aplicadas

2.2.7. TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE TALUDES

Revegetación y Bioingeniería: La estabilización vegetativa se basa en la selección de especies adecuadas y su capacidad para formar

una cobertura de raíces que refuerza el suelo. La fórmula de resistencia proporcionada por la vegetación puede ser estimada mediante la fórmula: $R_v = R_{soil} + k \cdot A$ (Llaique Chane, 2022).

Donde:

I = impacto ambiental

P = magnitud del proyecto

E = nivel de efecto ambiental

C = capacidad de carga del entorno

Prácticas Sostenibles: La sostenibilidad en la estabilización de taludes se evalúa mediante criterios de impacto ambiental y social. Se promueven prácticas como el uso de materiales reciclados y técnicas de construcción de bajo impacto, siguiendo directrices para minimizar el impacto ambiental y fomentar la conservación de recursos.

2.2.8. INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS AVANZADAS

Tecnologías de Monitoreo: El uso de tecnologías avanzadas como sensores de inclinación, inclinómetros y sistemas de monitoreo por satélite proporciona datos en tiempo real sobre la estabilidad de los taludes. Estos datos permiten una gestión proactiva y la implementación de medidas preventivas basadas en condiciones actuales (FAO y MADS, 2018).

Modelos de Predicción Climática: La integración de modelos climáticos permite anticipar las condiciones meteorológicas extremas que pueden afectar la estabilidad de los taludes. Estos modelos proporcionan información sobre precipitación, temperatura y eventos extremos que son cruciales para el diseño de sistemas de drenaje y otras medidas preventivas (Houghton y otros, 1997).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Anclajes al Suelo: Elementos estructurales que estabilizan taludes mediante la inserción de barras o cables en el suelo (Sánchez Pillpa, 2019).

Ángulo de Fricción Interna (ϕ): Este ángulo describe la resistencia al deslizamiento entre las partículas del suelo. Es fundamental para determinar la estabilidad de un talud (Avila Silvestre y Sullca Ayuque, 2023).

Bermas: Terrazas construidas en taludes para reducir la velocidad del agua de escorrentía y prevenir erosión (Hernández Chaverra y Tamayo Ruiz, 2019).

Cohesión (c): La cohesión es la fuerza de atracción entre las partículas del suelo que les permite mantenerse unidas. Es un parámetro crucial en el análisis de la estabilidad de taludes (Avila Silvestre y Sullca Ayuque, 2023).

Drenaje: Sistema que controla la acumulación de agua en el suelo para prevenir deslizamientos (Alberti Arroyo y otros, 2006).

Deslizamiento de Taludes: Movimiento descendente de masa de suelo o roca por la pendiente (Ramírez Oyanguren y Alejano Monge, 2004).

Factor de Seguridad (FS): Relación entre las fuerzas que resisten el deslizamiento y las que lo provocan (Quispe Huaman, 2022).

Geo 5: Software especializado en geotecnia para el diseño y análisis de estabilidad de taludes (Charro Arévalo y Valencia Armijos, 2007).

Geomallas: Redes de polímeros utilizadas para reforzar suelos y mejorar la estabilidad de taludes (Sánchez Pillpa, 2019).

Geotextiles: Materiales sintéticos utilizados para estabilizar suelos y prevenir la erosión (Mora García, 2010).

Impacto Ambiental: Efecto de una actividad o proyecto sobre el entorno natural y social (FAO y MADS, 2018).

Mecánica de Suelos: Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, clave para la ingeniería civil (Valiente Sanz y otros, 2016).

Método del Equilibrio Límite: Técnica de análisis para determinar la estabilidad de taludes mediante la comparación de fuerzas resistivas y desestabilizadoras (Método del Equilibrio Límite, 2008).

Modelo Numérico: Representación matemática de un fenómeno físico, utilizado para simulaciones en geotecnia (Lozada López y otros, 2019).

Permeabilidad (k): La permeabilidad mide la capacidad del suelo para permitir el paso del agua a través de él. Afecta significativamente la estabilidad del talud, especialmente en condiciones de lluvia o saturación (Avila Silvestre y Sullca Ayuque, 2023).

Peso Unitario (γ): Es el peso por unidad de volumen del suelo o roca. Este parámetro es importante para calcular la presión que el suelo ejerce sobre las estructuras (Avila Silvestre y Sullca Ayuque, 2023).

QGIS: Sistema de Información Geográfica (SIG) de código abierto utilizado para análisis espacial y visualización de datos geotécnicos (Alonso Sarría, 2006).

Resistencia al Corte: Capacidad de un suelo para resistir deslizamientos, descrita por la ecuación de Mohr-Coulomb (Nij Patzán, 2009).

Revegetación: Uso de plantas para estabilizar suelos y reducir la erosión (Mora García, 2010).

Simulación de Deslizamientos: Uso de modelos computacionales para prever el comportamiento de un talud bajo diferentes condiciones (Sánchez Pillpa, 2019).

Sistema ERDOX: Tecnología de estabilización de taludes que utiliza inyecciones de mezclas cementantes para reforzar el suelo (Magariño Rojas, 2022).

Talud: Inclinação de la superficie del terreno, natural o artificial, susceptible a deslizamientos (Ramírez Oyanguren y Alejano Monge, 2004).

Tecnologías de Monitoreo: Equipos y sistemas utilizados para observar y analizar la estabilidad de taludes (Aviles Valenzuela y Casallo Echegaray, 2022).

2.4. HIPÓTESIS

La propuesta planteada del diseño del talud previene los deslizamientos de tierra en el sector Buenos Aires, Centro Poblado Cayumba, Distrito de Chinchao, Huánuco.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Propuesta de diseño del talud.

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

La prevención de deslizamientos de tierra.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Diseño de taludes	Proceso de planificación y construcción de taludes para prevenir deslizamientos de tierra.	Dependiente	Estabilidad del talud	Factor de seguridad, ángulo de inclinación, tipo de material utilizado.
Incidencia de deslizamientos de tierra	Frecuencia y severidad de los deslizamientos de tierra en la zona de estudio.	Independiente	Eficacia de las técnicas de diseño	Reducción de deslizamientos, durabilidad de las estructuras.
			Factores geotécnicos	Tipo de suelo, cohesión, ángulo de fricción interna.
			Factores climáticos	Precipitación anual, intensidad de lluvias, temperatura.
Características geotécnicas del suelo	Propiedades físicas y mecánicas del suelo que afectan su estabilidad.	Independiente	Factores topográficos	Pendiente del terreno, altitud, orientación del talud.
			Composición del suelo	Tipo de suelo (arcilla, arena, roca), contenido de humedad, densidad.
Factores climáticos	Condiciones meteorológicas que influyen en la estabilidad del talud.	Independiente	Resistencia al corte	Cohesión, ángulo de fricción interna, resistencia a la compresión.
			Precipitación	Cantidad de lluvia, frecuencia de lluvias intensas.
Factores topográficos	Características físicas del terreno que afectan la estabilidad del talud.	Independiente	Temperatura	Variaciones estacionales, temperaturas extremas.
			Pendiente del terreno	Ángulo de inclinación, longitud de la pendiente.
Técnicas de diseño de taludes	Métodos y estrategias utilizadas para estabilizar taludes y prevenir deslizamientos.	Independiente	Altitud	Elevación sobre el nivel del mar.
			Tipos de técnicas	Uso de muros de contención, drenajes, vegetación, geotextiles.
			Eficacia de las técnicas	Reducción de deslizamientos, costo-beneficio, facilidad de implementación.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación que se llevó a cabo fue de tipo aplicada, lo que implicó la utilización de conocimientos previamente adquiridos para desarrollar un nuevo diseño o solución basado en parámetros y condiciones existentes. Este tipo de investigación se orientó hacia la práctica, con el objetivo de proporcionar soluciones concretas a problemas específicos, en este caso, la estabilidad de taludes en el sector Buenos Aires, Centro Poblado Cayumba. Como Espinoza (2019) y Magariño (2022) demostraron en sus estudios sobre la estabilización de taludes, la investigación aplicada se caracterizó por su enfoque en la acción y la implementación de soluciones prácticas que mejoraron las condiciones reales.

3.1.1. ENFOQUE

El enfoque de esta investigación fue cuantitativo. Según Hernández y otros (2014), el enfoque cuantitativo se caracterizó por la recolección y análisis de datos numéricos, lo que permitió una medición precisa y objetiva de las variables de estudio. En el presente trabajo, se utilizaron herramientas como el software GEO5 y QGIS para cuantificar la estabilidad de los taludes y evaluar la efectividad de las técnicas de estabilización propuestas. Este enfoque fue fundamental para obtener resultados medibles y reproducibles, que pudieran ser analizados estadísticamente para identificar patrones y correlaciones entre las variables geotécnicas y climáticas con la estabilidad de los taludes.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El alcance de la investigación fue descriptivo y correlacional. Un estudio descriptivo se enfocó en detallar y caracterizar los aspectos y características de un fenómeno o situación sin manipular las variables. En este caso, se describieron las características geotécnicas y climáticas de los taludes en el sector Buenos Aires, Centro Poblado Cayumba, Huánuco, proporcionando una visión detallada del estado actual de los mismos. Por otro lado, un estudio correlacional examinó las relaciones entre dos o más variables, sin establecer relaciones causales directas (Hernández y otros, 2014). En esta investigación, se analizaron las posibles relaciones entre factores como la composición del suelo, la topografía, las condiciones climáticas, y la estabilidad de los taludes. Este análisis correlacional ayudó a identificar patrones y tendencias que pudieran influir en la propensión a deslizamientos de tierra.

3.1.3. DISEÑO

El diseño de la investigación fue no experimental y de tipo transversal. Según Hernández y otros (2014), un diseño no experimental se caracterizó por la observación y análisis de las variables tal como se presentaron en la realidad, sin manipulación intencional por parte del investigador. Este tipo de diseño fue apropiado cuando se buscaba estudiar fenómenos en su entorno natural, permitiendo una comprensión precisa de las condiciones y relaciones existentes.

El diseño transversal implicó que los datos se recogieron en un solo punto en el tiempo, lo que permitió una fotografía instantánea de las variables de interés (Hernández Sampieri y otros, 2014). Este enfoque fue útil para describir las características de una población o fenómeno en un momento específico y para establecer relaciones entre variables, sin examinar cambios o procesos a lo largo del tiempo.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población del estudio estuvo constituida por todos los sectores y tramos de la carretera que conectaba el distrito de Chinchao con el centro poblado Cayumba, con un enfoque particular en el kilómetro 25, donde se habían registrado incidentes de deslizamientos de tierra. Este enfoque permitió una evaluación integral de las áreas afectadas.

3.2.2. MUESTRA

La muestra estuvo compuesta por la totalidad del kilómetro 25 del Sector Buenos Aires, dado que era necesario evaluar toda la extensión afectada para determinar con precisión el nivel de erosión y el riesgo de deslizamientos de tierra.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1.1. Técnicas

Observación directa: Inspección visual de los taludes y áreas afectadas para identificar signos de inestabilidad y deslizamientos.

Figura 1

Recorrido de la zona de investigación



Se realizó el recorrido de la zona para la identificación y extracción de información de suelo en la zona de interés.

Ensayos geotécnicos: Realización de pruebas de campo y laboratorio para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, como la cohesión, el ángulo de fricción interna y la granulometría.

Figura 2

Ensayo en Laboratorio

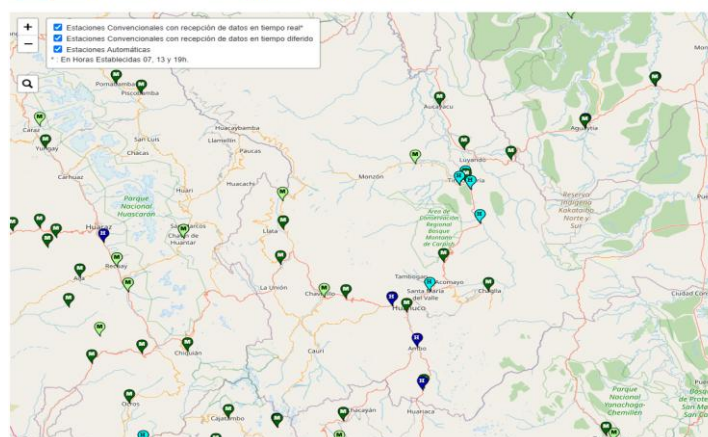


Análisis climático: Recolección de datos meteorológicos históricos y actuales para evaluar la precipitación, temperatura y otros factores climáticos que afectan la estabilidad del talud.

Figura 3

Identificación de estaciones meteorológicas

Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional



Modelado numérico: Uso de software especializado como GEO5 y QGIS para simular diferentes escenarios y evaluar la estabilidad del talud bajo diversas condiciones de carga y factores climáticos.

Figura 4

Interfaz de software de GEO5



3.3.1.2. Instrumentos

Calicatas y perforaciones: Para extraer muestras de suelo y realizar ensayos geotécnicos.

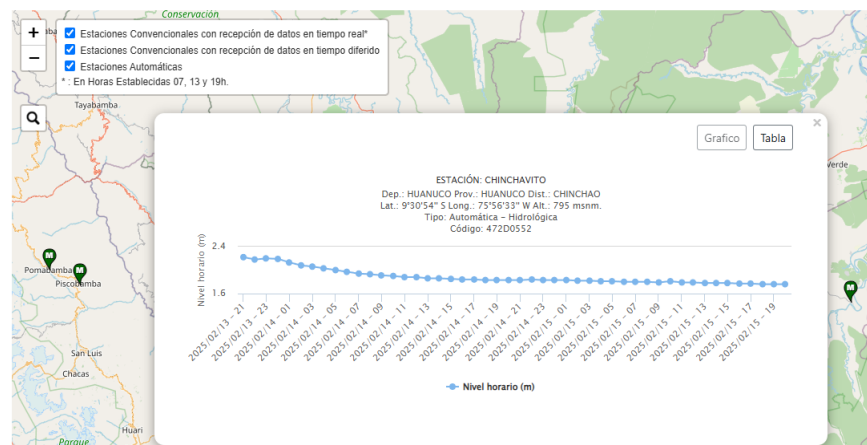
Tamices y equipo de laboratorio: Para realizar análisis granulométricos y determinar la composición del suelo.

Estaciones meteorológicas: Para recolectar datos climáticos como precipitación, temperatura y humedad.

Figura 5

Datos de estaciones meteorológicas

Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional



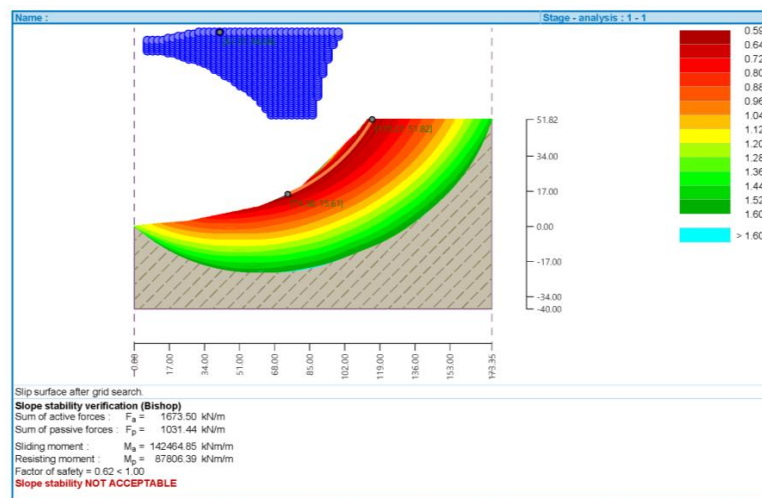
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.3.2.1. Técnicas

Modelado y simulación: Presentación de modelos numéricos y simulaciones realizadas con software especializado para mostrar el comportamiento del talud bajo diferentes condiciones.

Figura 6

Determinación de estabilidad de talud 0+190 km

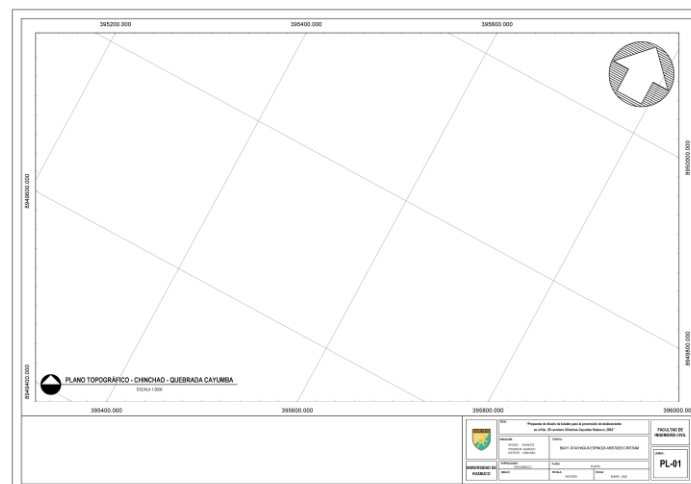


Nota. Estimación de estabilidad de talud software GEO5.

Mapas y planos: Uso de mapas y planos topográficos para mostrar la ubicación y características geográficas de la zona de estudio, así como las áreas críticas identificadas.

Figura 7

Modelo de presentación cartográfica



3.3.2.2. Instrumentos

Software de análisis estadístico: Excel para realizar análisis descriptivos y generar tablas y gráficos.

Tabla 2

Plantilla de tamizado Excel

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA	TAMICES		Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa
	Denominación	Abertura (mm)			
	ASTM				
	3 pulg	75.00			
	2 pulg	50.00			
	1 1/2 pulg	37.50			
	1 pulg	25.00			
	3/4 pulg	19.00			
	3/8 pulg	9.50			
	No. 4	4.75			
	No. 10	2.00			
	No. 20	0.85			
	No. 40	0.43			
	No. 60	0.25			
	No. 140	0.11			
	No. 200	0.08			
	Cazoleta				

Nota. Tamizado de muestras de suelo de la calicata C-1.

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

3.3.3.1. Técnicas

Modelado numérico: Interpretación de los resultados de las simulaciones realizadas con software especializado para comprender el comportamiento del talud bajo diferentes condiciones.

Figura 8

Verificación de estabilidad talud 0+190 km

Slip surface after grid search.

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 840.73 \text{ kN/m}$

Sum of passive forces : $F_p = 971.67 \text{ kN/m}$

Sliding moment : $M_a = 69889.54 \text{ kNm/m}$

Resisting moment : $M_p = 80774.88 \text{ kNm/m}$

Factor of safety = $1.16 > 1.00$

Slope stability ACCEPTABLE

Nota. Talud estabilizado por banquetas.

3.3.3.2. Instrumentos

Documentación normativa: Normativas y manuales técnicos relevantes para comparar y validar los resultados obtenidos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Para la elaboración de la presente investigación se identificaron las áreas más propensas frente a deslizamientos frente a la inestabilidad de los taludes en la localidad de Chinchao.

Tabla 3

Ubicación de la zona de interés

Ubicación de la zona de interés	
Región	Huánuco
Provincia	Huánuco
Distrito	Chinchao
Centro Poblado	Cayumba

Nota. Ubicación general de zona de interés.

Para la identificación de los puntos de interés en la investigación se identificaron de manera general la localidad que será sujeto de la presente investigación.

Figura 9

Mapa de ubicación



Nota. Para la realización del modelo topográfico y la identificación de las zonas de calicatas se identificó el área de estudio para su caracterización.

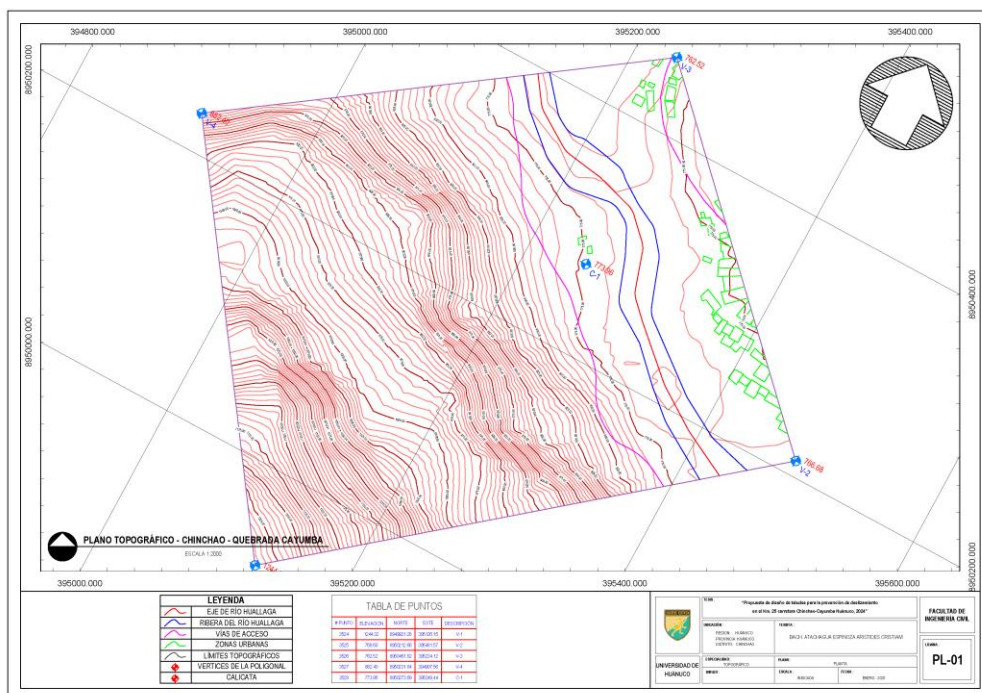
Identificado el área de interés de la investigación se pudo determinar que aproximadamente el área a analizar es de 15.70 ha.

4.1.1. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

Para caracterizar geotécnicamente el talud, se realizó una calicata para identificar las características del suelo.

Figura 10

Modelo topográfico e identificación del punto de calicata



Nota. Identificación de poligonal y punto de calicata en el talud.

Con la ejecución de un levantamiento topográfico se logró determinar la morfología del área de interés con ello también se identificó un punto de calicata en la parte baja del talud con la finalidad de identificar las características específicas del talud. En la obtención de la calicata se pudo determinar que el punto de extracción se encuentra en las coordenadas 8950273.69 N, 395249.14 E y 773.96 msnm ubicado en la falda del talud que presenta un rastro de deslizamiento.

Tabla 4*Análisis granulométrico de partículas*

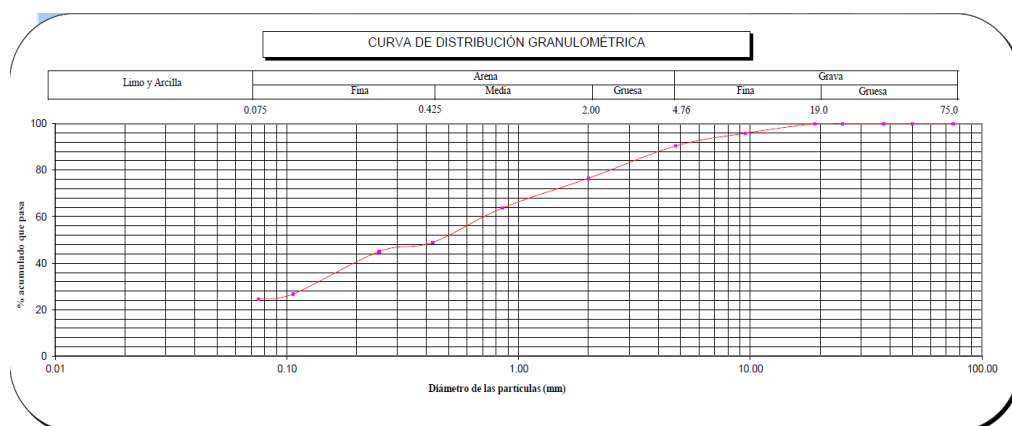
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA	TAMICES		Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa
	Denominación ASTM	Abertura (mm)			
	3 pulg	75.00	-	-	100.00
	2 pulg	50.00	-	-	100.00
	1 1/2 pulg	37.50	-	-	100.00
	1 pulg	25.00	-	-	100.00
	3/4 pulg	19.00	-	-	100.00
	3/8 pulg	9.50	4.10	4.10	95.90
	No. 4	4.75	5.50	9.60	90.40
	No. 10	2.00	13.90	23.50	76.50
	No. 20	0.85	12.80	36.30	63.70
	No. 40	0.43	14.80	51.10	48.90
	No. 60	0.25	3.90	55.00	45.00
	No. 140	0.11	18.30	73.30	26.70
	No. 200	0.08	2.10	75.40	24.60
	Cazoleta		24.60	100.00	-

Nota. Tamizado de muestras de suelo de la calicata C-1.

Con la extracción de la muestra de suelo se pudo determinar el porcentaje de muestra que pasa por los diferentes tamices tomados en cuenta como se muestra en la tabla anterior, se pudo evidenciar que alrededor de un 9.60% de muestra corresponde a una muestra de 3/8" de tamaño siendo este el que presenta características de suelo con gravas, el 65.80% corresponde a un suelo de tipo arena y el 24.60% de la muestra corresponde a suelos de tipo blando.

Figura 11

Curva granulométrica para la calicata C-1



Nota. Obtención de la curva granulométrica.

Se mostró la curva granulométrica de la calicata C-1, la cual ilustró la distribución de tamaños de partículas en la muestra de suelo extraída. En esta gráfica, se pudo observar que el suelo estuvo compuesto por un 9.60% de partículas de tamaño 3/8", identificadas como gravas. La mayor parte del suelo, un 65.80%, correspondió a partículas de arena, mientras que el 24.60% restante estuvo constituido por suelos de tipo blando. Esta curva granulométrica fue útil para entender la composición del suelo y su comportamiento mecánico.

Tabla 5

Caracterización específica del suelo

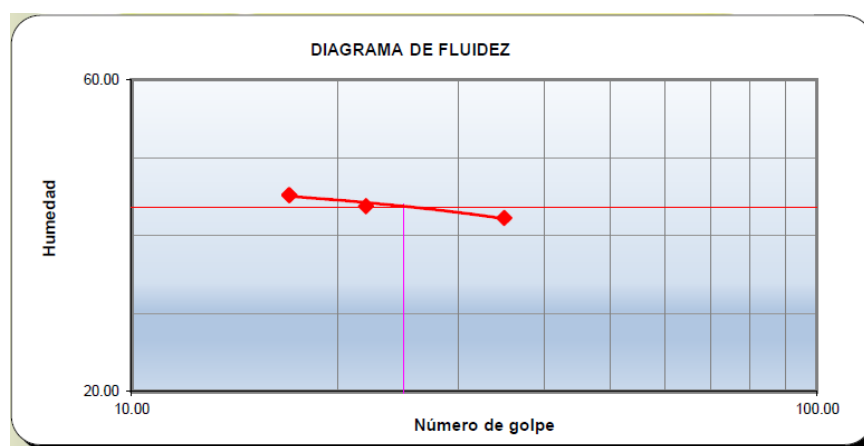
Distribución Granulométrica			
% Grava	Grava Gruesa	0.00%	
	Grava Fina	9.60%	
	AG%	13.90%	
% Arena	AM%	27.60%	
	AF%	24.30%	
% Finos		24.60%	
Tamaño Máximo de la Grava (pulg)			3/4
Forma del suelo grueso			Redondeada
Porcentaje retenido en la 3 pulg			0
Método de lavado Malla No. 200 Según NTP 400.018 (2018)			A
Coeficiente de Curvatura			-
Coeficiente de Uniformidad			-

Nota. Clasificación de la muestra C-1.

La tabla presentada proporcionó información sobre las propiedades físicas de un suelo grueso. La forma del suelo observado fue redondeada, lo que pudo indicar una mayor resistencia al desgaste y una posible mejor compactación. El porcentaje retenido en la malla de 3 pulgadas fue del 0%, lo que sugirió que las partículas del suelo eran suficientemente pequeñas para pasar a través de esta malla. Con relación a la composición de gravas se pudo identificar que en su totalidad el 9.60% de gravas es de tipo fina, mientras que para la arena se pudo identificar un 13.90% de arena gruesa, un 27.60% de arena media y un 24.30% de arena fina y finalmente se pudo identificar que la muestra presenta un 24.60% de finos o suelo blando en su composición.

Figura 12

Determinación del límite plástico de la muestra



Nota. Identificación de curva de fluidez.

Con la aplicación de la metodología del multipunto con una preparación de la muestra de tipo húmeda y con la identificación del porcentaje retenido por el tamiz N°40 de 51.10%, se pudo determinar que el límite líquido de la muestra es de 44.00, el límite plástico es de 30.00 con ello se obtuvo el índice plástico de 14, el cual evidencia que el suelo puede deformarse sin llegar a romperse caracterizando así a la compactación y estabilidad del suelo.

Tabla 6

Clasificación granulométrica de muestra

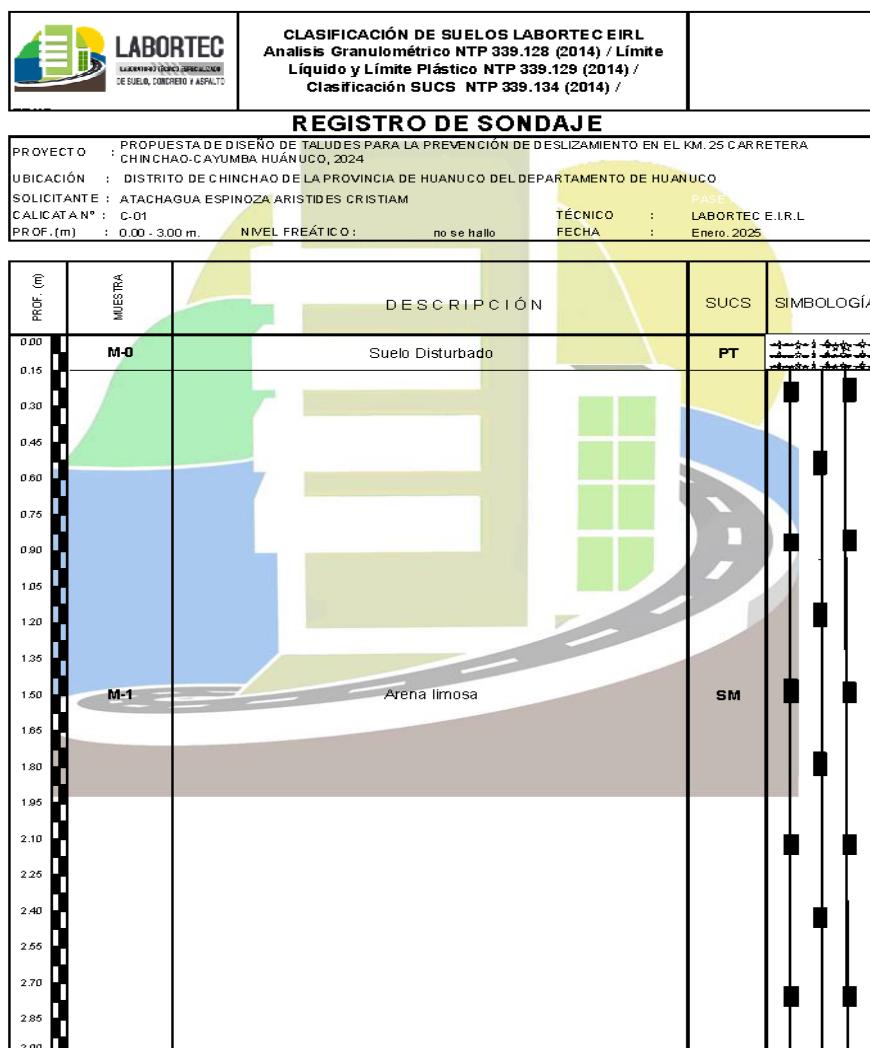
Clasificación (S.U.C.S.)			
SM	Arena limosa		
Clasificación (AASHTO)			
A-2-7	Índice de Grupo:	0	
Descripción	(AASHTO):	REGULAR	
Nota. Descripción de las características del suelo.			

Nota. Descripción de las características del suelo.

Según la graduación de las partículas que componen la muestra se pudo identificar que según la clasificación SUCS es de tipo SM caracterizado como arena limosa, de acuerdo con la clasificación AASHTO es de tipo A-2-7 caracterizado como un suelo Regular.

Figura 13

Perfil estratigráfico de calicata



Nota. Clasificación estratigráfica del suelo analizado.

En la realización de la caracterización estratigráfica se pudo identificar que en los primeros 0.15 m el suelo presenta una característica de suelo disturbado con una clasificación SUCS de PT y en los posteriores metros de profundidad predominantemente se identificó un suelo de tipo Arena Limosa con una clasificación SM llegando así a los 3.00 m de profundidad.

Tabla 7

Ensayo de corte directo

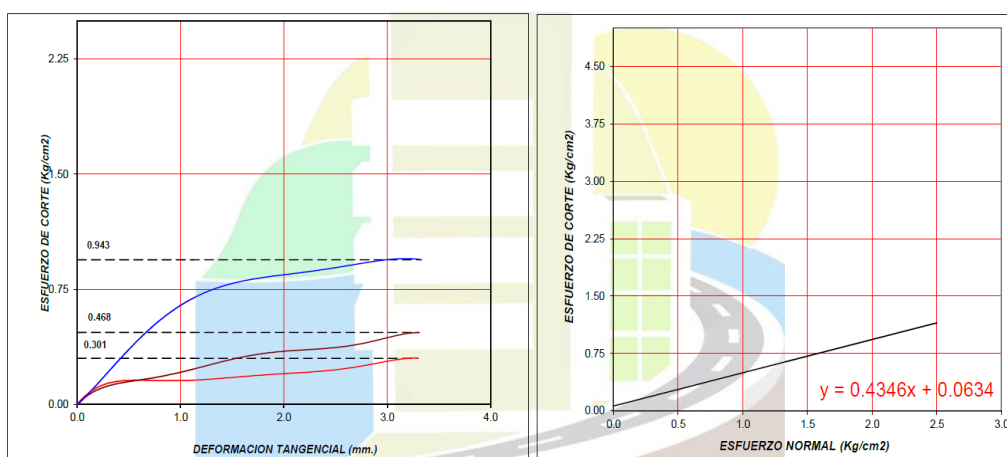
CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES					
MUESTRA N°	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	CONT. HUM. (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	ESFUERZO NORMAL
1	6	28.27	13.4	1.883	0.5
2	6	28.27	13.4	1.863	1.0
3	6	28.27	13.4	1.936	2
CLASIF. SUCS:	SM	LL : 44	I.P : 14	% MENOR QUE MALLA N° 200	24.6

Nota. Resultados de los ensayos de corte directo.

La muestra extraída de la parte baja del talud analizado fue sometido a un ensayo de resistencia al corte directo, para lo cual se tomaron 3 submuestras, de ella se pudo determinar que los esfuerzos normales obtenidos en los ensayos fueron de 0.5, 1.0, 2.0 kg/cm².

Figura 14

Gráficas de deformaciones y esfuerzos de la muestra



Nota. Representación de la curvas características del ensayo de corte directo.

De la aplicación del ensayo de corte directo para la muestra se pudo obtener que para cada uno de los ensayos aplicados los límites de

esfuerzo de corte se estimaron en 0.943, 0.468 y 0.301 kg/cm², obteniendo así la recta característica de esfuerzo de corte.

Tabla 8

Resultado de ensayo de corte

RESULTADOS DE ENSAYOS			
COHESIÓN (Kg/cm ²)	0.06	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	23.5

Nota. Obtención de los valores de cohesión y ángulo de fricción.

Con la determinación de las curvas características en el ensayo de corte dieron paso a la estimación de los valores de cohesión de suelo el cual fue de 0.06 kg/cm² y un ángulo de fricción interna de 23.5°, caracterizando así al suelo como uno de baja cohesión característico de materiales sueltos en su composición, así mismo el ángulo de fricción interna representa una moderada resistencia al deslizamiento la cual se puede ver comprometida frente a cargas críticas o a deslizamientos por factores ambientales o humanos.

Tabla 9

Análisis de composición química del suelo

REPORTE DE RESULTADOS	LIMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNIDADES
Sulfatos como ion SO ₄	0.06	0.0975	%
Cloruros como ion Cl	0.10	0.0856	%
pH a 15.9 0 C	>4	6.7000	

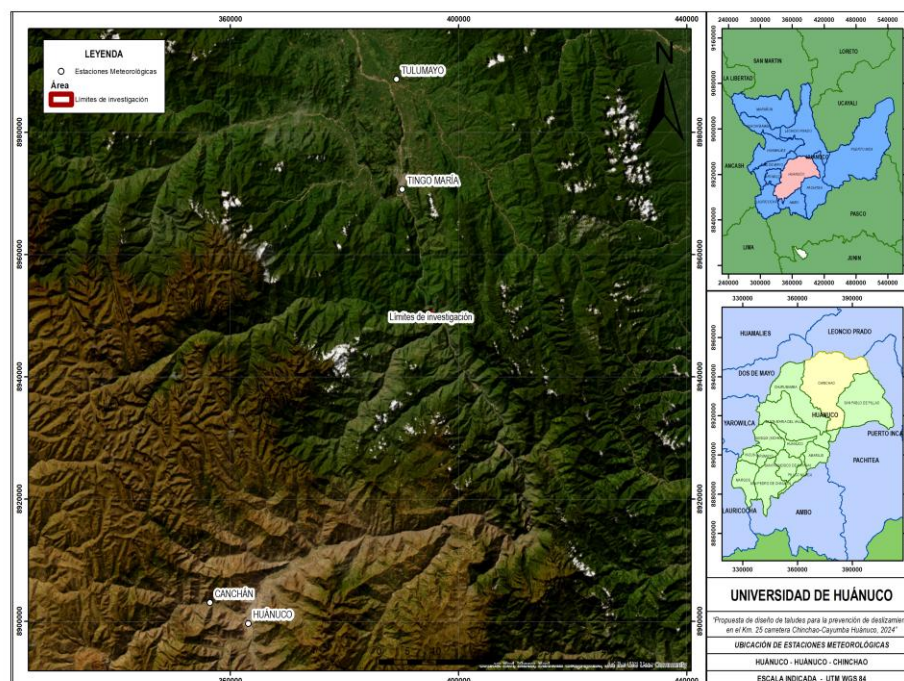
Nota. Valores obtenidos del análisis de composición química.

De las muestras recolectadas de la zona de interés se pudo determinar que el suelo analizado presenta una concentración de sulfatos de 0.0975% siendo mayor al límite permisible establecido de 0.06%, la concentración de cloruros en la muestra es de 0.0856% estando dentro de los límites aceptables y el pH del suelo es de 6.7 estando en un rango adecuado. Se caracteriza entonces que el suelo analizado presenta una salinidad leve el cual se tuvo en consideración para el planteamiento de la estabilidad de los taludes.

4.1.2. EVALUACIÓN DE FACTORES CLIMÁTICOS Y TOPOGRÁFICA

Figura 15

Identificación de estaciones meteorológicas cercanas



Nota. Identificación de las estaciones cercanas.

A partir de la ubicación del punto de interés se procedió a la identificación de las estaciones meteorológicas más cercanas con la finalidad de obtener las isoyetas y el promedio de precipitaciones para la zona de interés, de ella se identificaron que 4 estaciones se encuentran cercanas, las cuales fueron las de Tulumayo, Tingo María, Canchán y Huánuco.

Tabla 10

Ubicación coordenada de estaciones meteorológicas

UBICACIÓN DE ESTACIONES			
NOMBRE	NORTE	ESTE	ALTITUD
TINGO MARÍA	8970701.20	390121.00	657.00
TULUMAYO	8988734.40	389088.50	612.00
CANCHÁN	8903044.50	356425.50	1986.00

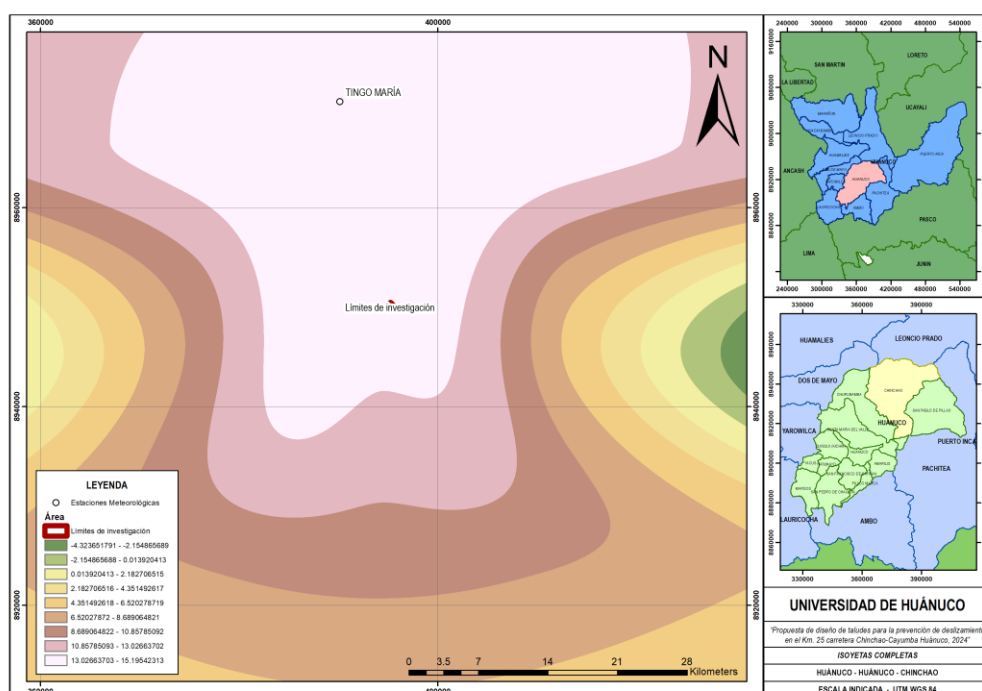
HUÁNUCO	8899635.60	363133.60	1919.00
---------	------------	-----------	---------

Nota. Ubicación de estaciones.

Las estaciones cercanas al área de interés fueron analizadas a partir de su ubicación geográfica con la finalidad de determinar el valor promedio que afecta al área de interés, este procedimiento se realizó a partir de la aplicación de las isoyetas que conforman las precipitaciones.

Figura 16

Isoyetas formadas por las estaciones meteorológicas

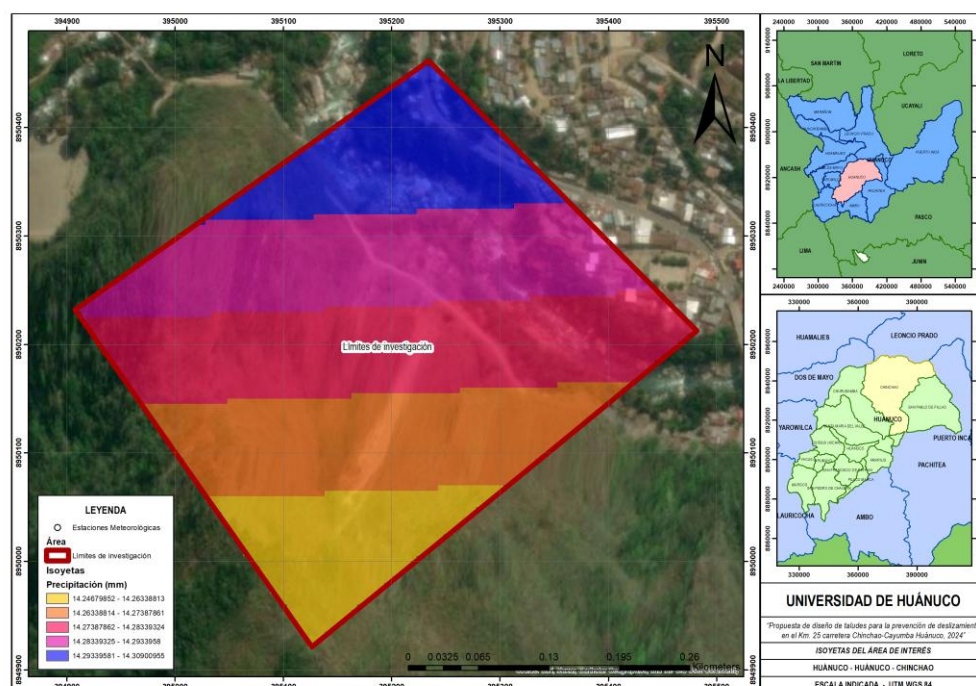


Nota. Identificación de las isoyetas identificadas de las estaciones.

Para el área de interés se pudo calcular que la precipitación promedio en la zona de interés es de 14.75 mm, de las isoyetas se realizó un recorte en el área de interés con lo cual se obtengan valores de precipitación más precisos.

Figura 17

Modelo específico de isoyetas



Nota. Zonas de precipitación en la zona de interés.

Se obtuvo que para el área de interés el promedio de precipitación efectiva en la zona es de 14.28 mm.

Tabla 11

Valores de precipitación promedio Estación Tingo María

REGISTRO HISTÓRICO DE LLUVIAS												
SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ (SENAMHI)												
NORTE	1029298.80			ESTE	390121.00			ALTITUD	657.00			
LLUVIAS MAXIMAS EN 24 HRS - ESTACIÓN TINGO MARIA												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	16.42	13.31	8.43	14.60	8.64	5.09	1.47	4.00	7.31	8.62	9.24	6.37
2	12.78	8.83	9.55	7.29	10.01	5.77	4.91	2.94	8.02	6.70	11.97	23.93
3	10.73	11.29	16.22	15.03	9.61	5.22	1.91	3.07	5.42	7.12	13.89	9.11
4	18.33	17.37	17.56	7.24	10.46	6.16	6.35	2.18	3.61	2.38	11.93	11.41
5	13.30	14.48	16.45	5.91	4.76	10.53	6.16	1.99	5.71	5.53	6.20	11.85
6	14.26	11.19	19.16	5.86	7.02	4.30	6.01	1.34	6.01	6.52	15.18	9.72
7	9.83	21.08	13.10	10.28	13.40	4.98	6.13	4.67	4.57	8.46	16.67	15.61
8	7.73	16.46	11.09	10.23	11.14	7.62	3.23	8.05	7.23	8.79	11.03	19.29

9	9.71	10.31	13.79	5.89	4.57	2.78	7.61	2.29	6.46	9.46	15.64	10.43
10	7.91	11.24	17.72	3.91	4.81	6.26	1.80	2.67	6.81	8.36	6.97	18.44
11	9.19	18.89	12.58	9.14	3.22	4.08	2.27	3.79	6.74	12.64	16.19	18.43
12	16.99	9.19	14.86	9.96	6.04	0.41	5.47	3.07	3.95	8.63	9.24	15.89
13	13.83	18.44	9.70	6.55	3.88	3.54	7.24	1.78	5.49	10.81	4.24	11.73
14	15.52	14.29	9.75	9.43	10.88	5.49	5.31	4.84	5.85	4.35	13.35	16.02
15	9.74	21.15	11.81	8.75	6.20	3.57	4.13	1.78	3.16	5.81	15.44	9.58
16	14.78	19.39	18.02	12.66	6.37	4.26	3.59	2.14	9.33	5.54	12.56	10.35
17	12.15	15.40	14.97	11.88	3.89	5.06	1.70	1.21	3.10	12.39	9.95	13.35
18	14.14	17.28	13.09	14.22	6.57	5.74	3.28	8.04	6.46	15.98	9.02	13.58

Nota. Valores de precipitación promedio.

Los valores de precipitación fueron recolectados de la base de datos del SENAMHI con dichos valores y con la información de cada una de las estaciones se estimaron a partir de la aplicación de la metodología de las isoyetas los valores promedio de precipitación mensual del área de investigación.

Tabla 12

Estimación de valores promedio de precipitación

REGISTRO HISTÓRICO DE LLUVIAS												
ESTIMACIÓN POR ISOYETAS												
NORTE	8950217.22			ESTE	395192.21			ALTITUD		-		
LLUVIAS MÁXIMAS EN 24 HRS - ESTACIÓN HUÁNUCO												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	13.07	10.33	7.52	11.68	6.99	4.39	1.06	3.02	5.45	7.55	8.27	6.07
2	11.18	8.78	8.56	7.20	7.78	5.21	3.49	2.84	6.42	5.51	9.90	18.26
3	10.38	10.64	13.48	11.95	7.45	4.37	1.48	2.84	4.40	5.68	10.41	7.57
4	16.13	14.52	14.75	5.44	8.29	4.87	4.56	1.62	3.43	2.29	9.13	9.06
5	10.94	12.14	14.52	5.37	3.87	8.70	4.77	2.24	4.24	4.54	4.88	9.97
6	11.97	9.42	14.38	4.62	6.64	3.42	5.68	1.35	4.83	5.70	12.70	9.13
7	8.81	17.13	10.82	8.56	10.30	3.75	5.85	3.91	3.42	7.11	13.34	12.36
8	6.98	13.59	9.52	9.49	8.17	6.41	2.56	6.40	6.24	7.04	9.26	15.48
9	8.43	8.08	11.29	4.69	3.99	2.47	7.39	2.02	5.09	7.54	13.29	8.76
10	7.06	9.84	14.40	3.73	3.56	5.80	1.31	2.22	5.51	7.34	5.58	14.99
11	8.04	15.53	10.25	7.14	3.04	4.19	1.97	3.52	5.16	10.19	13.56	15.47
12	13.72	7.26	11.42	8.04	5.19	0.52	4.35	2.38	2.95	7.49	7.84	13.51
13	10.59	14.27	8.70	5.77	3.27	3.24	6.37	1.60	4.50	8.72	3.73	9.73
14	12.52	12.55	8.51	7.79	9.33	4.71	4.43	3.94	4.65	3.89	10.84	14.10

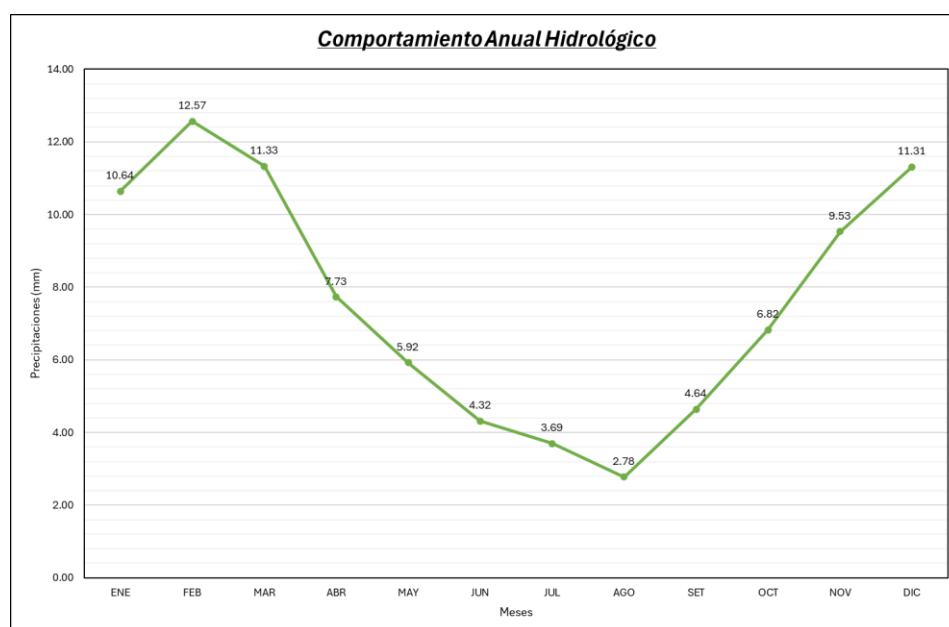
15	7.64	18.13	9.71	7.35	4.68	2.64	3.45	1.38	2.35	4.62	12.17	8.24
16	12.41	16.48	13.60	9.55	5.08	3.51	3.32	1.60	7.40	5.51	9.68	9.18
17	10.56	13.27	11.48	9.91	3.54	4.65	1.39	1.16	2.55	9.46	8.99	11.16
18	11.17	14.25	11.01	10.92	5.42	4.84	3.02	5.93	5.02	12.65	7.95	10.55

Nota. Precipitación promedio en el área de interés.

Con la estimación de los valores promedio de precipitación se pudo identificar que la zona para los meses de febrero presenta sus valores de precipitación crítica de acuerdo con el comportamiento hidrológico de la zona.

Figura 18

Comportamiento anual hidrológico

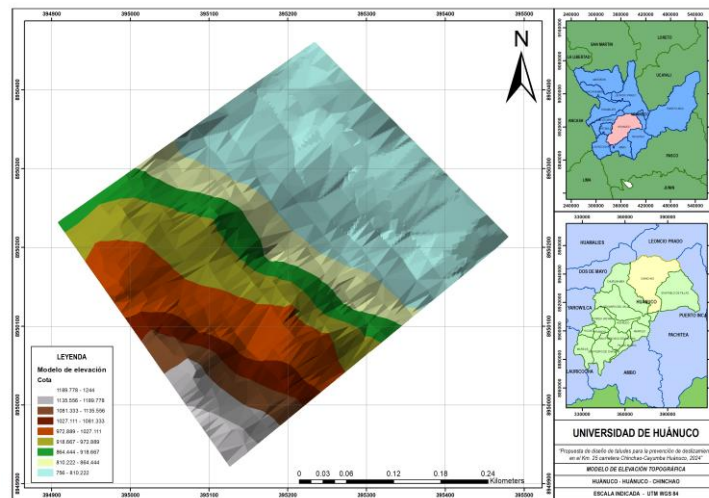


Nota. Comportamiento hidrológico en la zona.

La figura mostró el comportamiento anual hidrológico de la zona evaluada, destacando las variaciones mensuales de precipitación. El valor más alto de precipitación ocurrió en febrero con 12.57 mm en promedio, mientras que el valor más bajo se presentó en agosto con 2.76 mm. Este patrón sugirió que febrero es el periodo más crítico de precipitaciones intensas en la zona.

Figura 19

Modelo topográfico de la zona de investigación

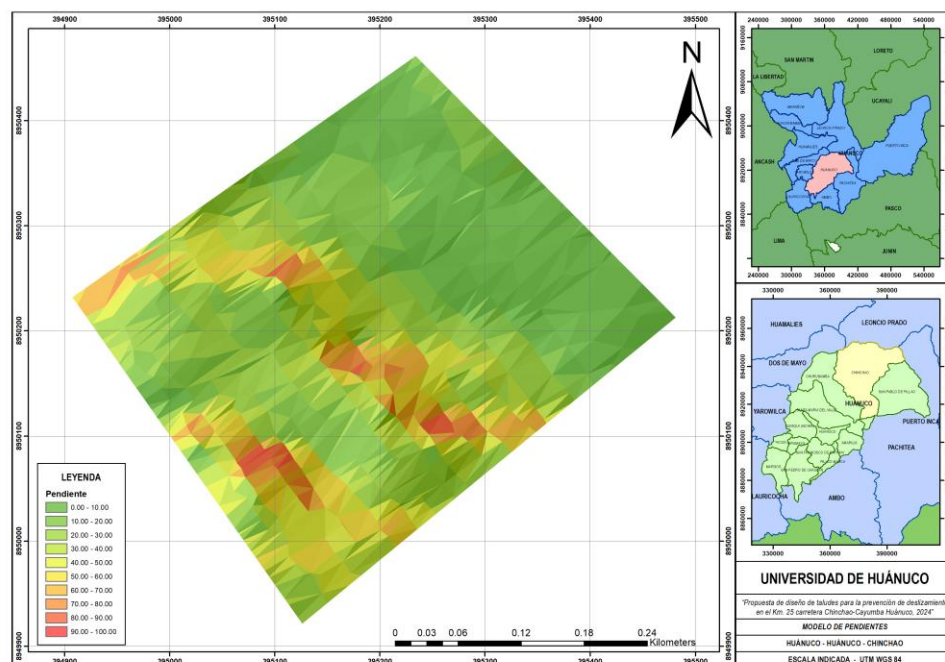


Nota. Modelo digital de elevación aplicado a la topografía.

Con la realización de la topografía de la zona se pudo generar un modelo de elevación con la finalidad de estimar los valores de pendiente, del modelo de elevación se pudo determinar que el área de interés presenta altitudes que van desde los 810 msnm a 1244 msnm.

Figura 20

Modelo de pendientes

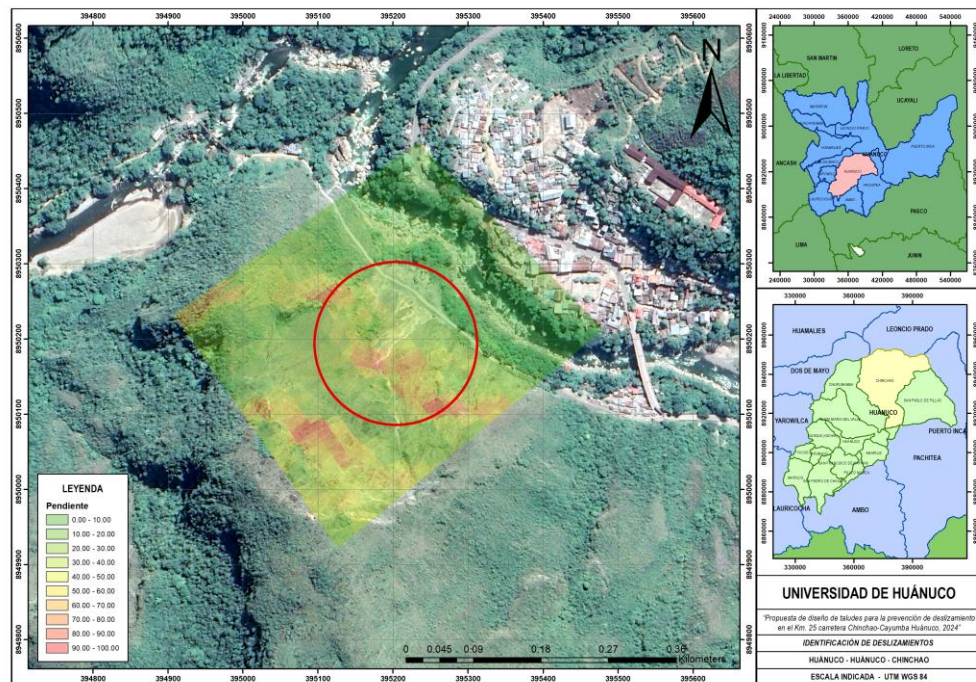


Nota. Modelo de pendientes en la zona de interés.

Con la elaboración de la topografía y la identificación de la variación de las pendientes se pudo determinar que en la parte noreste del modelo la pendiente no es muy pronunciada, en la parte central se pudo verificar la variación de pendientes los cuales se encuentran en un rango del 70% al 90%.

Figura 21

Modelo de deslizamientos



Nota. Identificación de deslizamientos por imágenes satelitales.

La identificación de los deslizamientos se vio evidenciado a partir de la comparación de las imágenes satelitales disponibles, con ello y con la intersección de los modelos de pendientes se verifica que el talud en la parte donde hay rastros de deslizamientos presenta un pendiente promedio del 65% caracterizándola como alta.

4.1.3. PLANTEAMIENTO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD

Con la caracterización del modelo de geotecnia obtenido del suelo fue concluyente que el material que compone al talud es de tipo suelto en gran parte de su composición, adicionalmente a ello la

caracterización climatológica de la zona de interés se pudo determinar que es una zona con una alta actividad de precipitaciones para el mes de febrero lo cual podría facilitar eventos de deslizamientos debido a que en la zona de acuerdo al análisis topográfico las pendientes en esa zona del talud es del 60% aproximadamente, con ello se pudo identificar que la zona requiere de un diseño de estabilidad del talud analizado.

Figura 22

Identificación de secciones de diseño

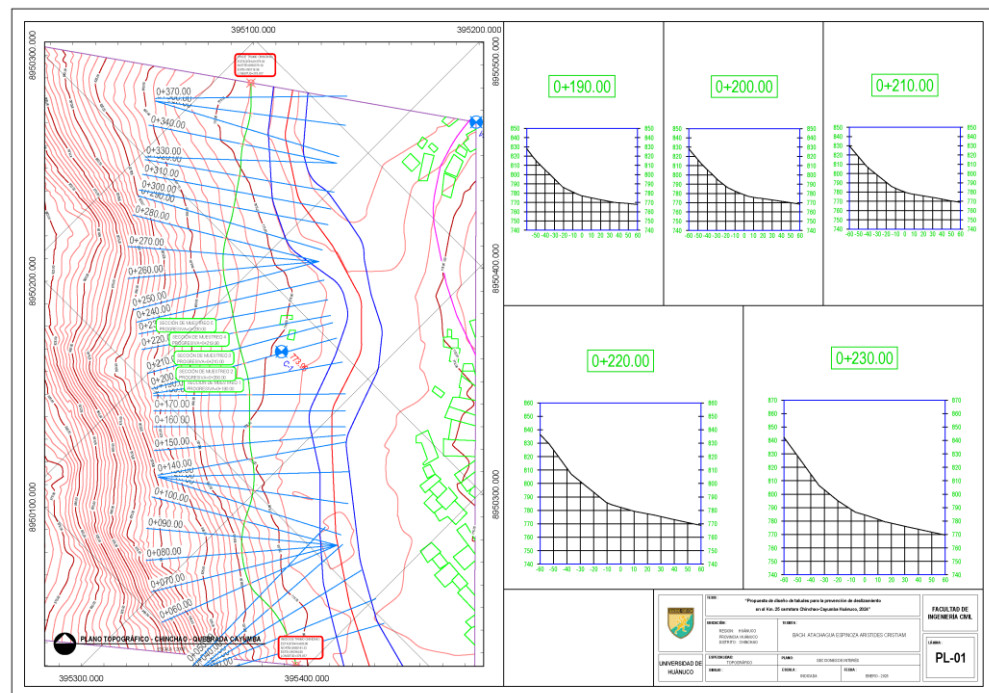
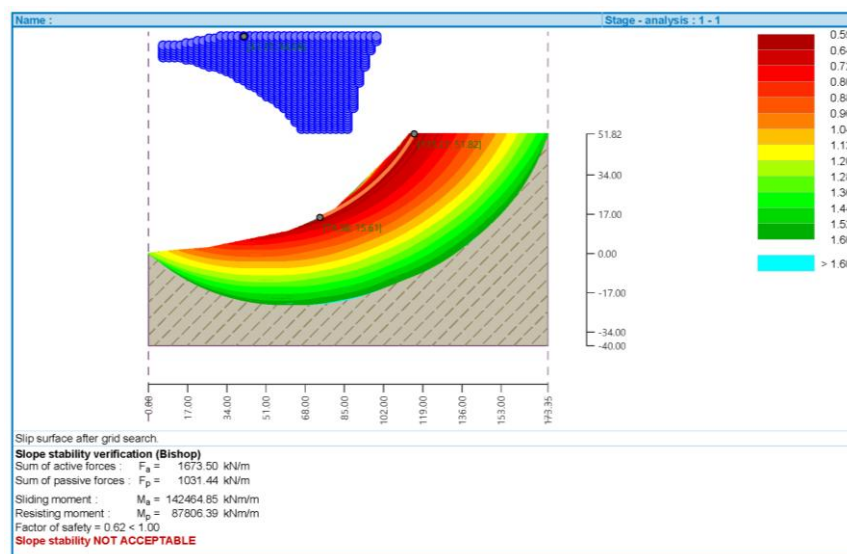


Figura 23

Determinación de estabilidad de talud 0+190 km

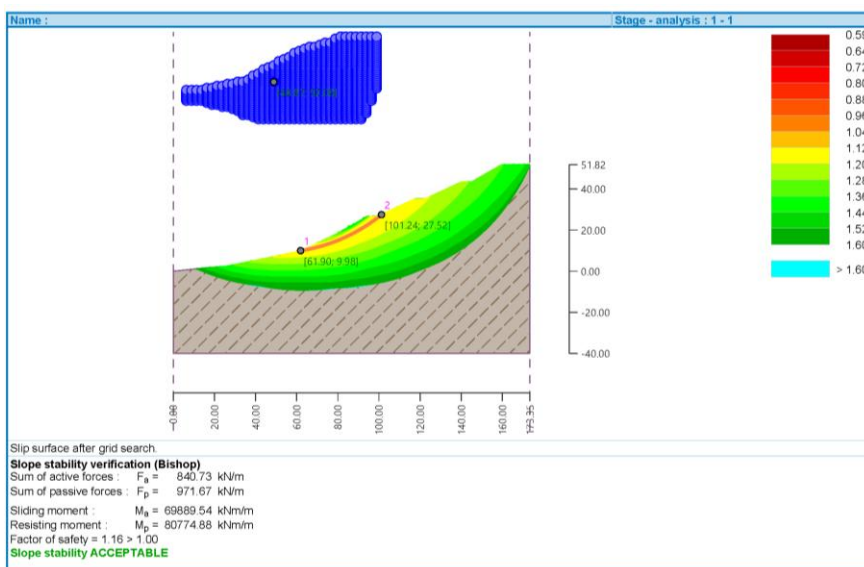


Nota. Estimación de estabilidad de talud software GEO5.

Del modelo aplicado con la metodología de Bishop se pudo determinar que para el talud de la progresiva 0+190 km el factor de seguridad mínimo estimado es de 0.62 en un arco que se conforma a 15.61 m del pie de talud. El valor de seguridad mínimo aceptable es de 1.00 según la norma E020 con lo cual se evidencia la inestabilidad del talud.

Figura 24

Verificación de estabilidad talud 0+190 km

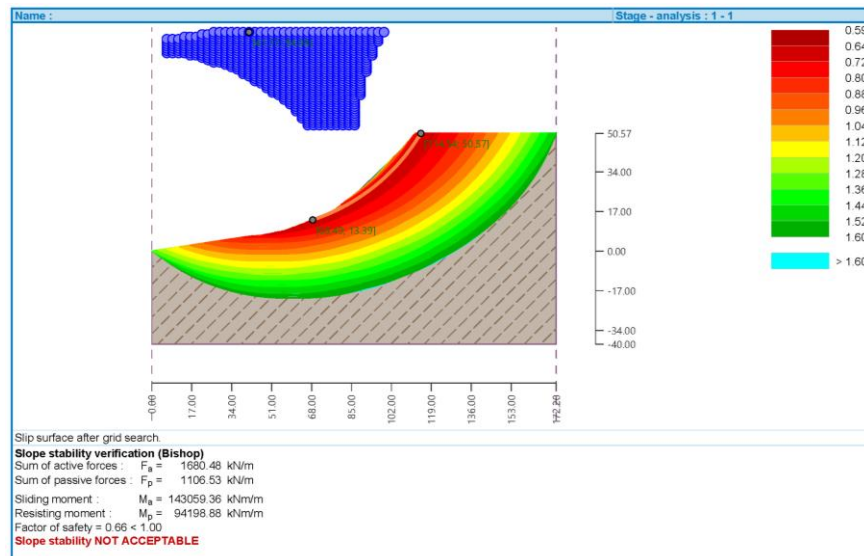


Nota. Talud estabilizado por banquetas.

Para la estabilización del talud se planteó la realización de banquetas con un ancho de 3.00 m en la conformación de los taludes se aplicaron ángulos de 25° a 30° en la parte superior del talud. Con ello se pudo verificar que mínimo factor de seguridad de 1.16 validando su estabilidad.

Figura 25

Determinación de estabilidad de talud 0+200 km

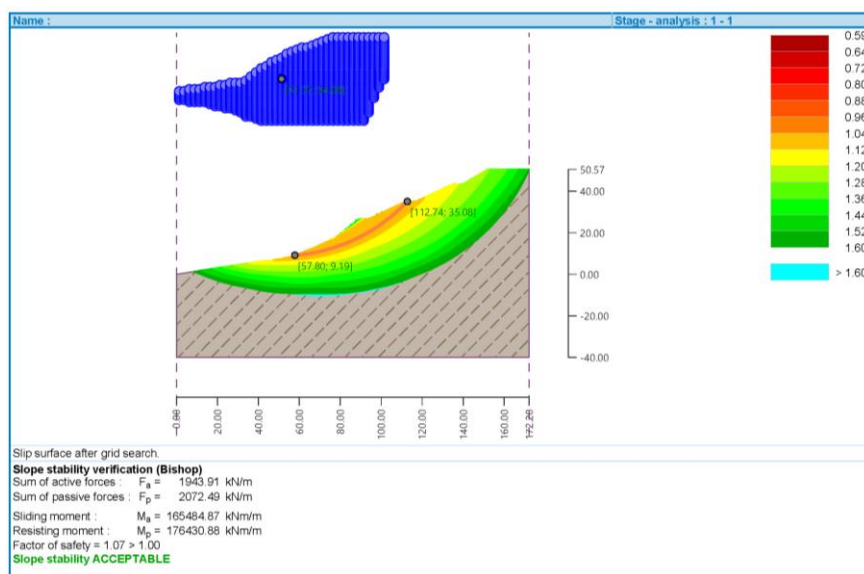


Nota. Estimación de estabilidad de talud software GEO5.

Del modelo aplicado con la metodología de Bishop se pudo determinar que para el talud de la progresiva 0+200 km el factor de seguridad mínimo estimado es de 0.66 en un arco que se conforma a 13.39 m del pie de talud. El valor de seguridad mínimo aceptable es de 1.00 según la norma E020 con lo cual se evidencia la inestabilidad del talud.

Figura 26

Verificación de estabilidad talud 0+200 km

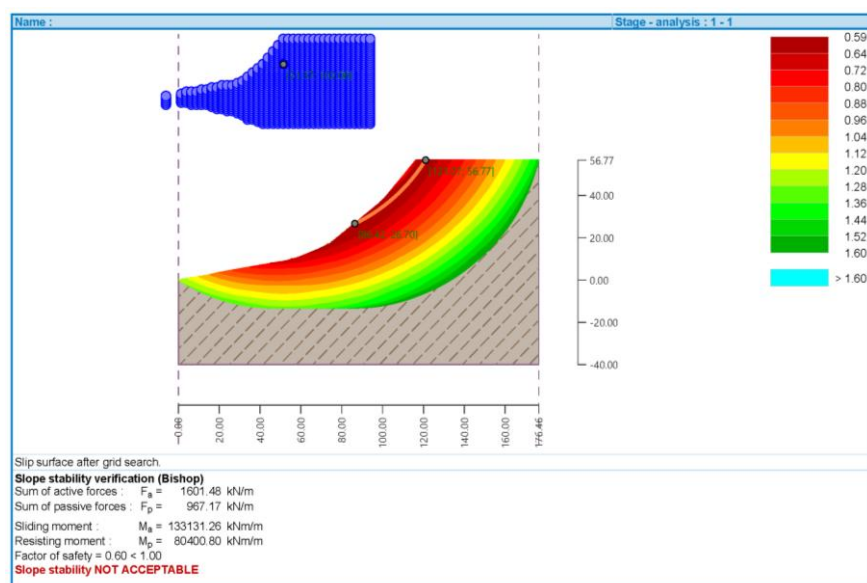


Nota. Talud estabilizado por banquetas.

Para la estabilización del talud se planteó la realización de banquetas con un ancho de 3.00 m en la conformación de los taludes se aplicaron ángulos de 25° a 30° en la parte superior del talud. Con ello se pudo verificar que mínimo factor de seguridad de 1.07 validando su estabilidad.

Figura 27

Determinación de estabilidad de talud 0+210 km

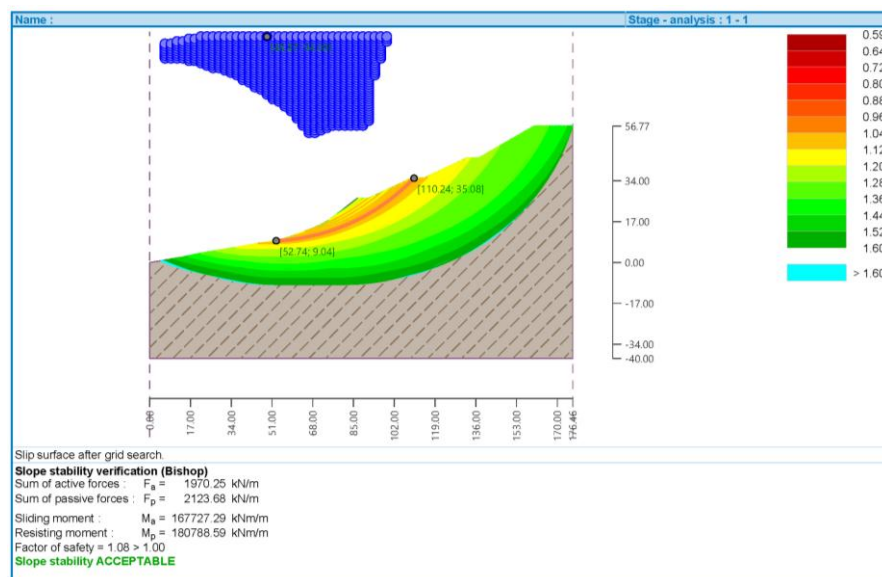


Nota. Estimación de estabilidad de talud software GEO5.

Del modelo aplicado con la metodología de Bishop se pudo determinar que para el talud de la progresiva 0+210 km el factor de seguridad mínimo estimado es de 0.60 en un arco que se conforma a 26.70 m del pie de talud. El valor de seguridad mínimo aceptable es de 1.00 según la norma E020 con lo cual se evidencia la inestabilidad del talud.

Figura 28

Verificación de estabilidad talud 0+210 km

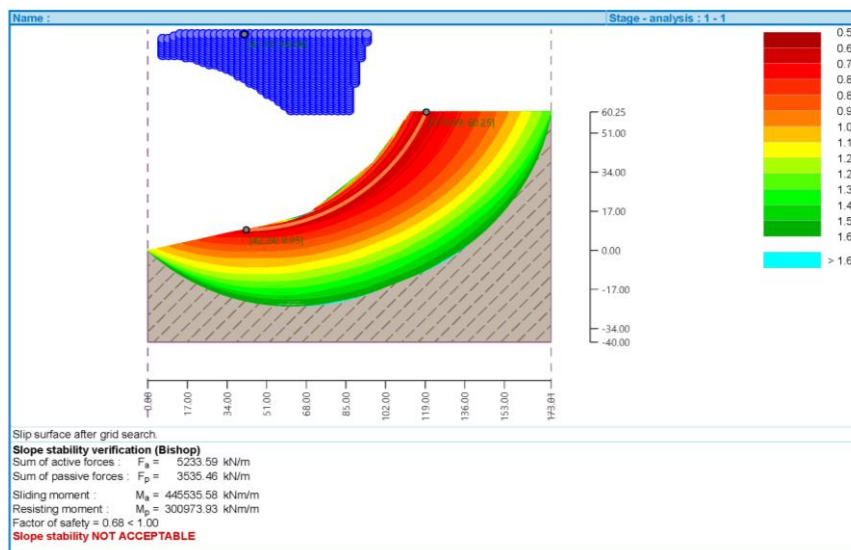


Nota. Talud estabilizado por banquetas.

Para la estabilización del talud se planteó la realización de banquetas con un ancho de 3.00 m en la conformación de los taludes se aplicaron ángulos de 25° a 30° en la parte superior del talud. Con ello se pudo verificar que mínimo factor de seguridad de 1.08 validando su estabilidad.

Figura 29

Determinación de estabilidad de talud 0+220 km

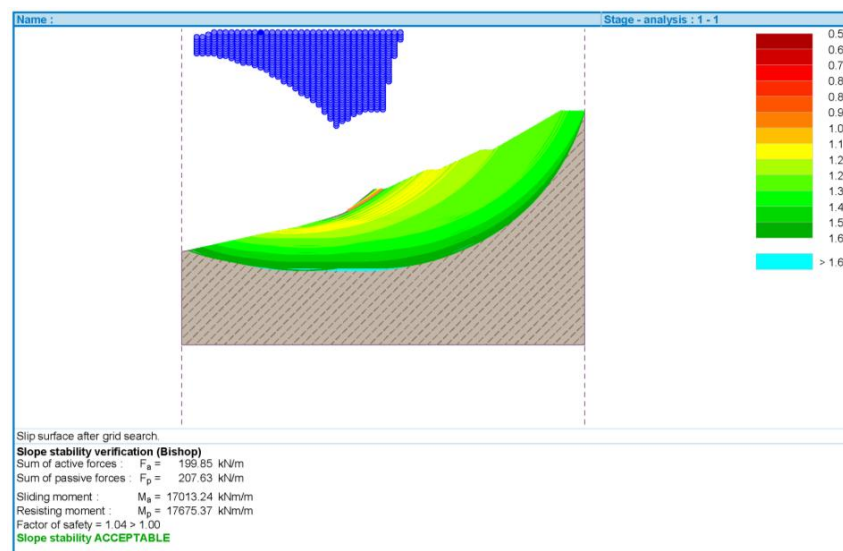


Nota. Estimación de estabilidad de talud software GEO5.

Del modelo aplicado con la metodología de Bishop se pudo determinar que para el talud de la progresiva 0+220 km el factor de seguridad mínimo estimado es de 0.68 en un arco que se conforma a 8.95 m del pie de talud. El valor de seguridad mínimo aceptable es de 1.00 según la norma E020 con lo cual se evidencia la inestabilidad del talud.

Figura 30

Verificación de estabilidad talud 0+220 km

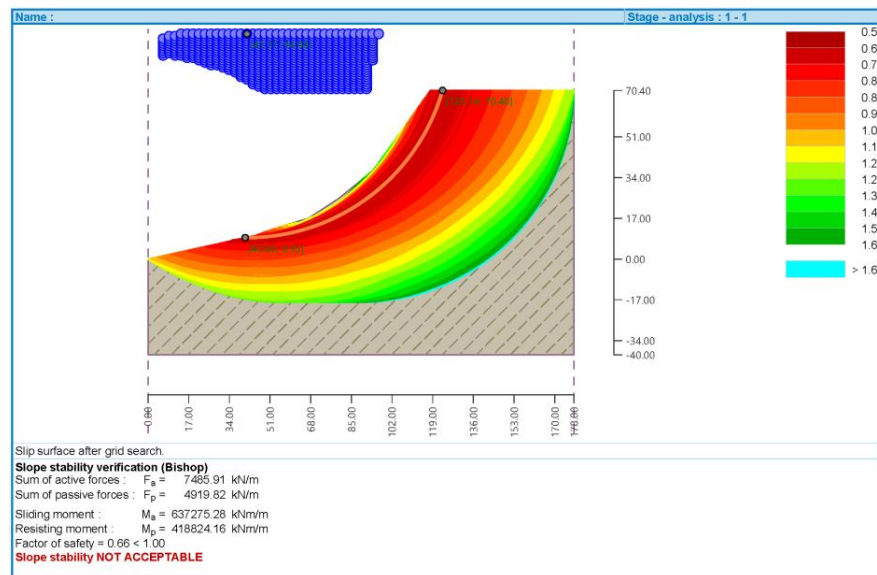


Nota. Talud estabilizado por banquetas.

Para la estabilización del talud se planteó la realización de banquetas con un ancho de 3.00 m en la conformación de los taludes se aplicaron ángulos de 25° a 30° en la parte superior del talud. Con ello se pudo verificar que mínimo factor de seguridad de 1.04 validando su estabilidad.

Figura 31

Determinación de estabilidad de talud 0+230 km

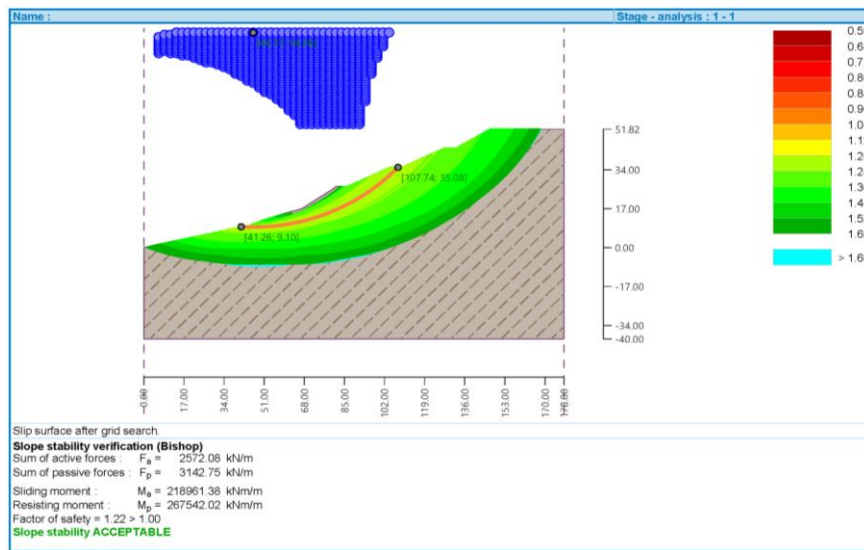


Nota. Estimación de estabilidad de talud software GEO5.

Del modelo aplicado con la metodología de Bishop se pudo determinar que para el talud de la progresiva 0+230 km el factor de seguridad mínimo estimado es de 0.66 en un arco que se conforma a 8.95 m del pie de talud. El valor de seguridad mínimo aceptable es de 1.00 según la norma E020 con lo cual se evidencia la inestabilidad del talud.

Figura 32

Verificación de estabilidad talud 0+230 km

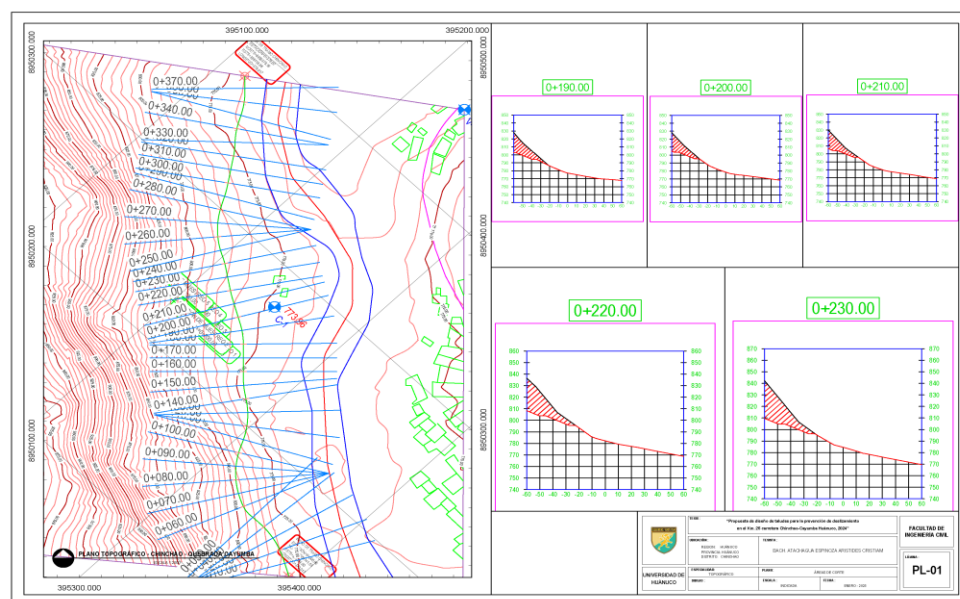


Nota. Talud estabilizado por banquetas.

Para la estabilización del talud se planteó la realización de banquetas con un ancho de 3.00 m en la conformación de los taludes se aplicaron ángulos de 25° a 30° en la parte superior del talud. Con ello se pudo verificar que mínimo factor de seguridad de 1.22 validando su estabilidad.

Figura 33

Planos de corte de talud



Nota. Secciones de corte de estabilidad.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Figura 34

PLANO TOPOGRÁFICO - CHINCHAO - QUEBRADA CATUMBÉ

Escala 1:2000

LEYENDA

- RÍO DE RIO HUALALAGA
- VÍAS DE ACCESO
- ZONAS URBANAS
- LÍMITES TOPOGRÁFICOS
- VÉRTICES DE LA POLIGONA
- CALDERA

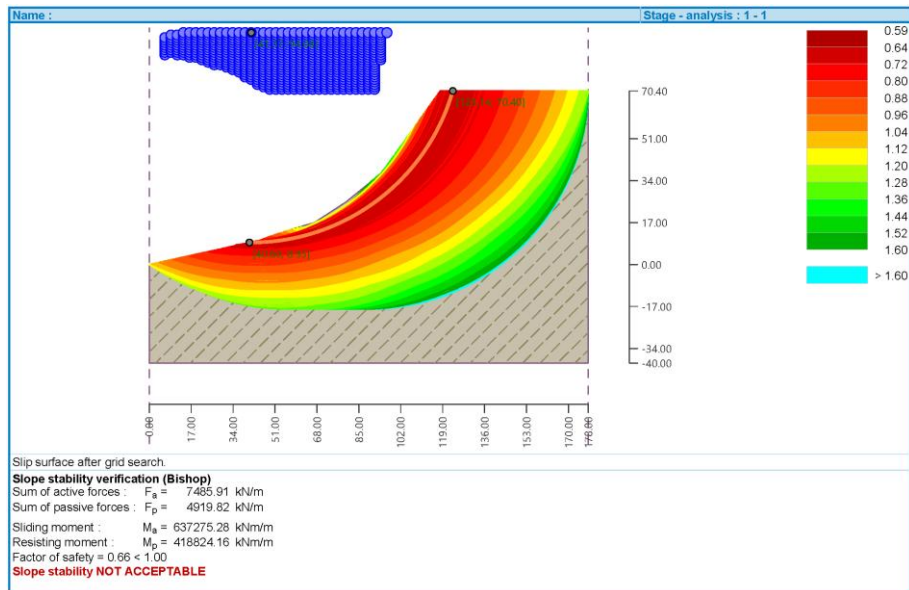
TABLA DE PUNTOS

PUNTO	ELEVACION	COORDENADAS
101	101.0	101.0
102	102.0	102.0
103	103.0	103.0
104	104.0	104.0
105	105.0	105.0
106	106.0	106.0
107	107.0	107.0
108	108.0	108.0
109	109.0	109.0
110	110.0	110.0
111	111.0	111.0
112	112.0	112.0
113	113.0	113.0
114	114.0	114.0
115	115.0	115.0
116	116.0	116.0
117	117.0	117.0
118	118.0	118.0
119	119.0	119.0
120	120.0	120.0
121	121.0	121.0
122	122.0	122.0
123	123.0	123.0
124	124.0	124.0
125	125.0	125.0
126	126.0	126.0
127	127.0	127.0
128	128.0	128.0
129	129.0	129.0
130	130.0	130.0
131	131.0	131.0
132	132.0	132.0
133	133.0	133.0
134	134.0	134.0
135	135.0	135.0
136	136.0	136.0
137	137.0	137.0
138	138.0	138.0
139	139.0	139.0
140	140.0	140.0
141	141.0	141.0
142	142.0	142.0
143	143.0	143.0
144	144.0	144.0
145	145.0	145.0
146	146.0	146.0
147	147.0	147.0
148	148.0	148.0
149	149.0	149.0
150	150.0	150.0
151	151.0	151.0
152	152.0	152.0
153	153.0	153.0
154	154.0	154.0
155	155.0	155.0
156	156.0	156.0
157	157.0	157.0
158	158.0	158.0
159	159.0	159.0
160	160.0	160.0
161	161.0	161.0
162	162.0	162.0
163	163.0	163.0
164	164.0	164.0
165	165.0	165.0
166	166.0	166.0
167	167.0	167.0
168	168.0	168.0
169	169.0	169.0
170	170.0	170.0
171	171.0	171.0
172	172.0	172.0
173	173.0	173.0
174	174.0	174.0
175	175.0	175.0
176	176.0	176.0
177	177.0	177.0
178	178.0	178.0
179	179.0	179.0
180	180.0	180.0
181	181.0	181.0
182	182.0	182.0
183	183.0	183.0
184	184.0	184.0
185	185.0	185.0
186	186.0	186.0
187	187.0	187.0
188	188.0	188.0
189	189.0	189.0
190	190.0	190.0
191	191.0	191.0
192	192.0	192.0
193	193.0	193.0
194	194.0	194.0
195	195.0	195.0
196	196.0	196.0
197	197.0	197.0
198	198.0	198.0
199	199.0	199.0
200	200.0	200.0

69

Figura 35

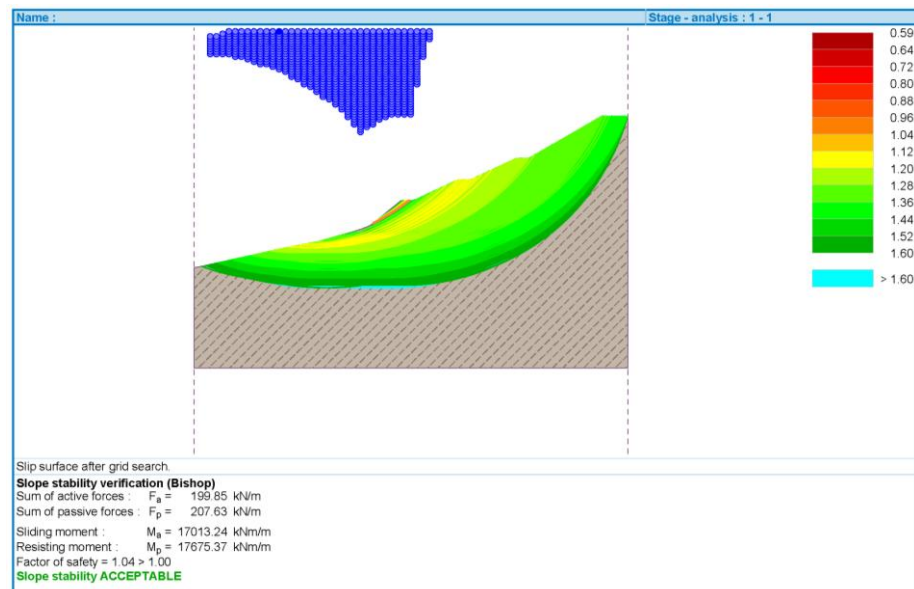
Determinación de estabilidad de talud 0+230 km



Con la identificación de las pendientes de los taludes se pudo analizar a partir de la metodología de Bishop la estabilidad del terreno teniendo que para cada una de las secciones tomadas en cuenta se evidencia la inestabilidad.

Figura 36

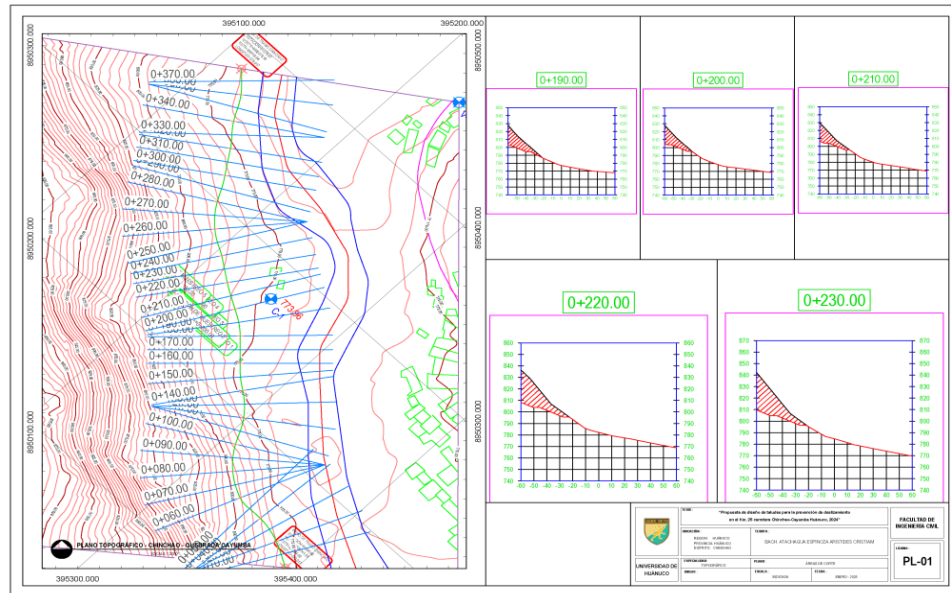
Verificación de estabilidad talud 0+220 km



La estabilización de los taludes se aplicó a partir del diseño de banquetas y cortes del terreno estabilizando así su comportamiento teniendo valores de factor de seguridad mayores a 1 ratificando la estabilidad de estos.

Figura 37

Planos de corte de talud



Con la verificación de la estabilización en el corte del talud se pudo evidenciar su estabilidad y sus perfiles de corte para el modelo topográfico, en ella se pudo determinar que los ángulos de corte de talud son de 25° a 30° de inclinación y las banquetas fueron establecidas con un ancho de 3.00 m con ello se verificó y estableció el diseño adecuado del talud.

Con ello finalmente se pudo verificar que la propuesta planteada del diseño del talud previene los deslizamientos de tierra en los taludes verificando así la hipótesis planteada en la investigación.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El estudio de Llaique (2022) realiza una evaluación detallada de las condiciones geotécnicas del terreno, identificando factores de riesgo como la pendiente pronunciada, la erosión superficial y la infiltración de agua en los estratos del suelo. Utiliza una combinación de técnicas de análisis, incluyendo modelado numérico y pruebas de campo, para determinar cómo estos factores afectan la estabilidad del talud y cómo el Sistema Erdox puede mitigar dichos riesgos. Este sistema, conocido por su capacidad para estabilizar taludes a través de la oxigenación controlada del suelo, fue implementado en el tramo carretero con resultados altamente satisfactorios. La investigación concluye que la utilización del Sistema Erdox mejoró significativamente la estabilidad del talud, reduciendo la posibilidad de deslizamientos y contribuyendo a la sostenibilidad ambiental al minimizar la necesidad de intervenciones más invasivas. Además, permitió mantener la transitabilidad de la carretera durante las estaciones más críticas, lo cual es esencial para la conectividad y el desarrollo económico de las comunidades aledañas. La investigación subraya la importancia de aplicar soluciones innovadoras y sostenibles en la estabilización de taludes en regiones geológicamente complejas. En la presente investigación para la estabilización de los taludes se aplicó la metodología del movimiento de tierras como metodología más económica en su aplicación, al igual que en el estudio del antecedente se tomaron en cuenta los factores ambientales y topográficos identificando así que la zona de interés es propensa a generar deslizamientos en épocas de alta lluvia, debido a la pendiente pronunciada del terreno y al material no cohesivo en el suelo del área de investigación.

Fierro (2023) realizó un estudio titulado “Evaluación de riesgos de deslizamientos de taludes en el diseño geométrico del camino vecinal Pampahuasi - Huariños - Santa Virginia, ubicado en el distrito de Panao, provincia de Pachitea, Huánuco.” La investigación, clasificada como un

estudio no experimental con un enfoque cuantitativo y nivel descriptivo, aplicó un análisis de riesgo que consideró tanto los factores desencadenantes como los condicionantes, complementado con una valoración de la vulnerabilidad mediante el análisis jerárquico multicriterio del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. El estudio abarcó un tramo de 37.89 km del camino vecinal, evaluando las pendientes del terreno como un factor crítico en los cálculos de peligrosidad. Se determinó que la vulnerabilidad era alta debido a que los principales elementos expuestos eran la vialidad, lo que representaba una amenaza significativa para la población debido a la posible interrupción del servicio de transitabilidad. El análisis reveló que el factor de seguridad frente a deslizamientos era inferior a 1.00, lo cual no cumplía con los criterios normativos establecidos. Como resultado, se propusieron varias medidas de mitigación, incluyendo el control de las pendientes de los taludes y la incorporación de sistemas de drenaje para facilitar la evacuación de aguas pluviales, con el objetivo de mejorar la seguridad y reducir los riesgos asociados a los deslizamientos de taludes. En la presente investigación a partir de la aplicación de la metodología de Bishop se pudo determinar que el menor factor de riesgo estimado es de 1.06 cumpliendo el límite establecido de 1.00 para la verificación de la estabilidad de los taludes, con relación al análisis de vulnerabilidad en la presente investigación no se tomó en cuenta debido a que en la zona no hay zonas urbanas cercanas sin embargo el riesgo presente es el bloqueo de la vía de acceso ubicado en el pie del talud analizado.

CONCLUSIONES

En el desarrollo del diseño del talud para la prevención de deslizamientos se pudo determinar que los ángulos de corte de talud son de 25° a 30° de inclinación y las banquetas fueron establecidas con un ancho de 3.00 m con ello se verificó y estableció el diseño adecuado del talud.

De la evaluación de las propiedades geotécnicas se pudo concluir que la mayor parte del suelo, un 65.80%, correspondió a partículas de arena, mientras que el 24.60% restante estuvo constituido por suelos de tipo blando, el límite líquido de la muestra es de 44.00, el límite plástico es de 30.00 con ello se obtuvo el índice plástico de 14, clasificación SUCS es de tipo SM caracterizado como arena limosa, de acuerdo con la clasificación AASHTO es de tipo A-2-7 caracterizado como un suelo Regular, valores de cohesión de suelo el cual fue de 0.06 kg/cm² y un ángulo de fricción interna de 23.5° .

Con relación a la estimación de los factores climáticos se pudo determinar que precipitación efectiva en la zona es de 14.28 mm, el valor más alto de precipitación ocurrió en febrero con 12.57 mm en promedio, mientras que el valor más bajo se presentó en agosto con 2.76 mm. De la evaluación topográfica se pudo determinar que la variación de pendientes los cuales se encuentran en un rango del 70% al 90%.

Como propuesta de solución al diseño de talud se planteó el diseño de banquetas y taludes que fueron validadas con la metodología de Bishop, verificando así que el factor de seguridad es mayor a 1.00 verificando la seguridad en el diseño de taludes.

RECOMENDACIONES

Se recomienda mantener y revisar periódicamente los ángulos de corte de talud entre 25° y 30° y el ancho de las banquetas de 3.00 m. Además, es importante implementar un programa de monitoreo, con inclinómetros, continuo para detectar cualquier cambio en la estabilidad del talud y realizar ajustes necesarios.

Dado que el suelo está compuesto en su mayoría por partículas de arena y suelos de tipo blando, se recomienda mejorar la cohesión del suelo mediante técnicas de estabilización como el uso de geotextiles. También es aconsejable realizar estudios geotécnicos adicionales para evaluar la efectividad de estas técnicas.

Debido a la alta precipitación en la zona, especialmente en febrero, se recomienda implementar sistemas de drenaje eficientes para controlar la acumulación de agua en el suelo. Esto incluye la instalación de drenes horizontales y pozos de alivio para reducir la presión del agua y prevenir deslizamientos.

Se recomienda complementar este análisis con otras metodologías de equilibrio límite para obtener una evaluación más completa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberti Arroyo, J. R., Canales Bernal, R. E., & Sandoval, B. H. (2006). *Técnicas de mitigación para el control de deslizamientos en taludes y su aplicación a un caso específico*. Ciudad universitaria: Universidad del Salvador. <https://doi.org/Técnicas de mitigación para el control de deslizamientos en taludes>
- Alonso Sarria, F. (2006). *Sistemas de Información Geográfica*. <https://doi.org/temario.pdf>
- Arba Minch, E. (2019). *An Investigation into Some of the Engineering and Index Properties of Soils Found Nearby Lake Abaya of Ethiopia*. <https://doi.org/10.12691/ajcea-7-3-4>
- Avila Silvestre , M. A., & Sullca Ayuque, J. R. (2023). *Estabilidad de talud mediante el uso de los parámetros geosísmicos en av. los chancas - km 1+160 salida Lircay*. Huancavelica, Huancavelica, Perú: Universidad Nacional de Huancavelica. <https://doi.org/AVILA SILVESTRE Y SULLCA AYUQUE.pdf>
- Aviles Valenzuela, D., & Casallo Echegaray, G. (2022). *Comparación multitemporal de imágenes de alta resolución para el monitoreo de estabilidad de taludes en el valle de Sigwas – Arequipa*. Lima, Arequipa, Perú: Universidad Ricardo Palma. https://doi.org/T030_71386147_T DANIEL EDUARDO AVILES VALENZUELA.pdf
- Begoña Fernández. (2014). *Dos Ejemplos de Deslizamientos: Oso (Washington. E.E.U.U.) y Ab Barak (Afganistán)*. <https://diarium.usal.es/begom/2014/07/21/dos-ejemplos-de-deslizamientos-oso-washington-e-e-u-u-y-ab-barak-afganistan/>
- Bianchini , S., Cigna , F., Del Ventisette , C., Moretti , S., & Casagli , N. (2013). *Monitoring Landslide-Induced Displacements with TerraSAR-X Persistent Scatterer Interferometry (PSI): Gimigliano Case Study in Calabria Region (Italy)*. <https://doi.org/https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1056273>
- CENEPRED. (2022). *Evaluación del riesgo de deslizamientos en regiones andinas*. Lima, Lima, Lima. <https://www.gob.pe/cenepred>

- Charro Arévalo, C., & Valencia Armijos, V. (2007). *Modelo Tridimensional de la historia Geológica del Volcán Cotopaxi*. Quito, Quito, Quito: Escuela Politécnica Nacional. [https://doi.org/TESIS MODELAMIENTO 3D V21](https://doi.org/TESIS%20MODELAMIENTO%203D%20V21)
- FAO, & MADS. (2018). *Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales*. Bogotá, Bogotá, Colombia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://doi.org/content>
- Fernandez Ramirez, E. L., & Mendoza Arbildo, M. C. (2025). *Diseño del sistema de drenaje de aguas de no contacto para la estabilidad del depósito de material excedente (DEM) en Mollepata región de La Libertad – Perú* (214 ed.). Lima, Lima, Perú: Universidad Peruana de ciencias aplicadas. https://doi.org/Fernandez_RE.pdf
- Fierro Leon, F. (2023). *Evaluación de riesgos ante deslizamiento de taludes en el diseño geométrico del camino vecinal Pampahuasi - Huariños - Santa Virginia distrito de Panao, provincia de Pachitea - Huánuco, 2021*. Pachitea, Pampahuasi - Huariños - Santa Virginia, Huánuco: Universidad Continental. https://doi.org/IV_FIN_105_TE_Fierro_Leon_2023.pdf
- García, C. (2014). *La catástrofe en el Estado de Washington deja decenas de víctimas bajo el fango*. EL PAÍS. https://elpais.com/internacional/2014/03/28/actualidad/1396040086_048028.html
- Guillermo D. , O. (2019). *Cómo fue la tragedia de Vargas, el peor desastre de la historia reciente de Venezuela: Creíamos que era el fin del mundo*. BBC News Mundo en Venezuela. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-50695328>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación*. [https://doi.org/Metodología de la investigación](https://doi.org/Metodología%20de%20la%20investigaci%C3%B3n) - Sexta Edición
- Hernández Sánchez, J. M., Fernández Reynoso, D., Martínez Menez, M., Figueroa Sandoval, B., Rubio Granados, E., & García Rodríguez, J. (2019). *Evaluación de la estabilidad de taludes en cárcavas, Huasca de Ocampo, Hidalgo, México*. México, México, México: Terra

Latinoamericana.

<https://doi.org/https://doi.org/10.28940/terra.v37i3.468>

Hospinal Vilchez, M. A., & Laurencio Vislao, D. M. (2020). *Propuesta de estabilidad de taludes en tramos sinuosos en la carretera Mollepata - Pallasca*. Lima, Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma.
https://doi.org/T030_70833862_T

Houghton, J., Meira Filho, L., Griggs, D., & Maskell, K. (1997). *Introducción a los modelos climáticos simples utilizados en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC*. Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. [https://doi.org/IPCC/INFORME II](https://doi.org/IPCC/INFORME%20II)

Instituto Geofísico del Perú. (2025). *IGP reitera que actividad sísmica en el Perú tiene su origen en el proceso de colisión de placas tectónicas frente a nuestras costas*. Unidad Funcional de Comunicaciones.
<https://www.gob.pe/institucion/igp/noticias/955564-igp-reitera-que-actividad-sismica-en-el-peru-tiene-su-origen-en-el-proceso-de-colision-de-placas-tectonicas-frente-a-nuestras-costas>

IPCC. (2022). *Informe del IPCC: 1,5 grados como tope*.
<https://www.fundacionaquae.org/poemario-la-raiz-del-agua-montserrat-abello/amp/>

Laire Seco, R. A. (2021). *Análisis de sensibilidad de la estabilidad de taludes para tranques y embalses de relave utilizando el método de equilibrio límite*. Chile, Santiago de Chile, Chile: Universidad de Chile.
<file:///C:/Users/usuario/Downloads/Analisis-de-sensibilidad-de-la-estabilidad-de-taludes-para-tranques-y-embalses-de-relave-utilizando-el-metodo-de-equilibrio-limite.pdf>

Laudares, S., Bosco Laudares, J., & Pereira Libório, M. (2015). *Geographic Information Systems Used as a Practical Way of Teaching Mathematics*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4236/jgis.2016.85050>

Llaique Chane, N. R. (2022). *Evaluación, análisis y estabilidad de taludes con el Sistema Erdox en la carretera PE-28B del km 152+045 al km 152+195 - Kepashiato - Kiteni*. Huancayo, Huancayo, Perú: Universidad Continental.
https://doi.org/IV_FIN_105_TE_Llaique_Chane_2022.pdf

- Lozada López, C., Campagnoli Martinez, S., & Carvajal Cárdenas, D. (2019). Modelos a escala reducida de flujo bidimensional para la enseñanza de la mecánica de suelos. 6. <https://doi.org/https://doi.org/10.26507/rei.v14n27.962>
- Magariño Castañeda, E. H. (2023). *Estabilización de Taludes con Zanjales de Coronación en la Carretera Vecinal Roque Esquina – Pampamarca – Huequia Goñupa, Distrito de Yarumayo, Provincia y Departamento de Huánuco*. Huánuco, Huánuco, Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizan. https://doi.org/T023_22527228_T.pdf
- Magariño Rojas, H. (2022). *Eficiencia en costos y plazos para estabilización de taludes con el método erdox y los metodos convencionales en el tramo de la carretera Acomayo- Pillao, progresiva 2+250 al 6+6500, Distrito de Chinchao, Provincia-Region Huánuco-2022*. Huánuco, Chinchao, Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizán. <https://doi.org/TIC00326M16.pdf>
- Método del Equilibrio Límite*. (2008). <https://doi.org/Microsoft Word - 2. Metodología.doc>
- Monte Parra, I. A. (2020). *Análisis de estabilidad de taludes de roca mediante el método de elementos finitos*. Chile, Edmundo Larenas 219, Chile: Universidad De Concepción. https://doi.org/Tesis_Analisis_
- Montgomery , D., Peck, E., & Vining, G. (2021). *Introduction to Linear Regression Analysis, 6th Edition*. <https://www.wiley.com/en-br/Introduction+to+Linear+Regression+Analysis%2C+6th+Edition-p-9781119578727>
- Mora García, Y. (2010). *Geotextiles, subdrenaje y bioingeniería*. Mérida, Mérida, Mérida: Universidad de los Andes. <https://doi.org/Geotextiles-libre.pdf>
- Nij Patzán , J. E. (2009). *Guía práctica paara el cálculo de capacidad de carga en cimentaciones superficiales, losas de cimentación, pilotes y pilas perforadas*. Guatemala, Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. https://doi.org/cimentaciones_en_taludes20191008-60565-1oul0e1-libre.pdf

- Noriega, N. (15 de 12 de 2019). *#Vargas20Años | La tragedia que transformó al Litoral Central*. <https://www.elpitazo.net/gran-caracas/vargas20anos-la-tragedia-que-transformo-al-litoral-central/>
- Pari Eugenio, Y. C. (2021). *Sistema de estabilización de taludes de corte mediante anclajes metálicos, carretera Chojata Moquegua, Moquegua 2021*. Moquegua, Huancayo, Perú: Universidad Continental. https://doi.org/IV_FIN_105_TE_Pari_Eugenio_2021.pdf
- Peirano, G., De La Flor Sáenz, L. E., Vélchez Astucuri, J., Sobrino Vidal, E., Del Águila Patroni, F., & Francisco Torres, M. (2023). *Analisis de la deforestación y pérdida de vegetación a nivel nacional y el impacto a nivel regionales*. CEPLAN. https://doi.org/Analisis_deforestacion.pdf
- Popescu, M. (2002). *Landslide causal factors*. <https://doi.org/Microsoft Word - Singapore 2002.doc>
- Quiroz Miranda, S. E., Arancibia García, J. J., & Alvarado Cueto, E. A. (2023). *Plan de Monitoreo, Seguimiento y Evaluación a la implementación de la Gestión Reactiva en el marco de la Política Nacional – PNGRD y el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres - PLANAGERD 2022-2030*. INDECI. https://doi.org/5714655-rj_157-plan-de-seguimiento-y-evaluacion-gestion-reactiva-junio-2023-finalffff-f-1.pdf
- Quispe Huaman, W. (2022). *Evaluación del factor de seguridad en taludes para la determinación del sistemas de sostenimiento, carretera Huaypo Grande – Chinchero – Urubamba, Cusco 2021*. Lima, Lima, Perú: Universidad César Vallejo. https://doi.org/Quispe_HW-SD.pdf
- Ramírez Oyanguren, P., & Alejano Monge, L. (2004). *Mecánica de rocas : fundamentos e ingeniería de taludes*. Madrid: Mecánica de rocas : fundamentos e ingeniería de taludes. Red DESIR, Madrid. https://doi.org/MECANICA_DE_ROCAS_1.pdf
- Sánchez Pillpa, J. N. (2019). *Estabilización de taludes mediante la técnica de bioingeniería con cultivo de pastos vetiver en zonas tropicales, año 2019*. Huancayo, Huancayo, Perú: Universidad Continental. https://doi.org/IV_FIN_105_TE_Sanchez_Pillpa_2019.pdf
- Sobhan , K., & Braja M. Das, D. E. (2012). *Principles of Geotechnical Engineering*. <https://doi.org/Principles of Geotechnical Engineering, SI Version>

- Tello Mego, C. (2015). *Gestión de riesgo de la Municipalidad y nivel de coincidencia poblacional en prevención de desastres naturales, distrito de Mbo 2014*. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. https://doi.org/TM_Tello_Mego_Camila.pdf
- Unidad de Gestión de Riesgo de Desastres. (2022). *Plan de prevención y reducción del riesgo de desastres ante inundaciones y movimiento en masa en la provincia de Huánuco - 2022 - 2026*. Municipalidad provincial de Huánuco. <https://doi.org/RESOLUCION>
- Valderrama Murillo , P., & Roa Calumani, J. (2021). *Evaluación de peligros geológicos en el Valle Sagrado de los Incas, Río Vilcanota*. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. <https://doi.org/Evaluación de peligros geológicos en el Valle Sagrado de los Incas, río>
- Valiente Sanz, R., Sobrecases Martí, S., & Díaz Orrego, A. (2016). *Estabilidad de Taludes: Conceptos*. <https://doi.org/taludes.pdf>
- Villazhañay Zúñiga, J. X., & Bucheli García, J. A. (2023). *Estabilidad de taludes en el puente sobre el río Copueno en Morona Santiago-Ecuador*. Santiago, Santiago, Ecuador: Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría. <https://riha.cujae.edu.cu/index.php/riha/article/view/639/538>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Atachagua Espinoza, A. C. (2026). Propuesta de diseño de taludes para la prevención de deslizamientos en el sector Buenos Aires km. 25 de la carretera de Cayumba- Chinchao -Huánuco, 2024. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. url: <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DE PROYECTO

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 2441-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 05 de noviembre de 2024

Visto, el Oficio N° 1639-2024-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 TALUDES PARA LA PREVENCIÓN DE DESLIZAMIENTOS EN EL SECTOR BUENOS AIRES KM. 25 DE LA CARRETERA DE CAYUMBA-CHINCHAO - HUÁNUCO, 2024"**, presentado por el (la) Bach. **Aristides Cristiam ATACHAGUA ESPINOZA**.

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° 1901-2024-D-FI-UDH, de fecha 04 de setiembre de 2024, perteneciente al Bach. **Aristides Cristiam ATACHAGUA ESPINOZA**, 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° 1639-2024-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"PROPUESTA DE DISEÑO DE TALUDES PARA LA PREVENCIÓN DE DESLIZAMIENTOS EN EL SECTOR BUENOS AIRES KM. 25 DE LA CARRETERA DE CAYUMBA- CHINCHAO - HUÁNUCO, 2024"**, presentado por el (la) Bach. **Aristides Cristiam ATACHAGUA ESPINOZA**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Leonel Marlo Aguilar Alcantara (Presidente), Mg. Jose Wicley Tuanama Lavi (Secretario) y Mg. Elbio Fernando Felipe Matias (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 TALUDES PARA LA PREVENCIÓN DE DESLIZAMIENTOS EN EL SECTOR BUENOS AIRES KM. 25 DE LA CARRETERA DE CAYUMBA- CHINCHAO - HUÁNUCO, 2024"**, presentado por el (la) Bach. **Aristides Cristiam ATACHAGUA ESPINOZA** 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



Distribución:

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

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

RESOLUCIÓN Nº 1901-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 04 de setiembre de 2024

Visto, el Oficio Nº 1303-2024-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente Nº 507192-0000008330, del Bach. **Aristides Cristiam ATACHAGUA ESPINOZA**, 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 Nº 507192-0000008330, presentado por el (la) Bach. **Aristides Cristiam ATACHAGUA ESPINOZA**, 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. **Aristides Cristiam ATACHAGUA ESPINOZA** 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



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Iberruti Manzano Lozano
SECRETARÍA DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIC – Asesor – Mat. y Reg.Acad. – Interesado – Archivo.
BLCR/EJML/ma.

ANEXO 3

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: “PROPUESTA DE DISEÑO DE TALUD PARA LA PREVENCIÓN DE DESLIZAMIENTOS EN EL SECTOR BUENOS AIRES KM. 25 DE LA CARRETERA QUE CONECTA EL DISTRITO DE CHINCHAO CON EL CENTRO POBLADO CAYUMBA - HUÁNUCO, 2024”

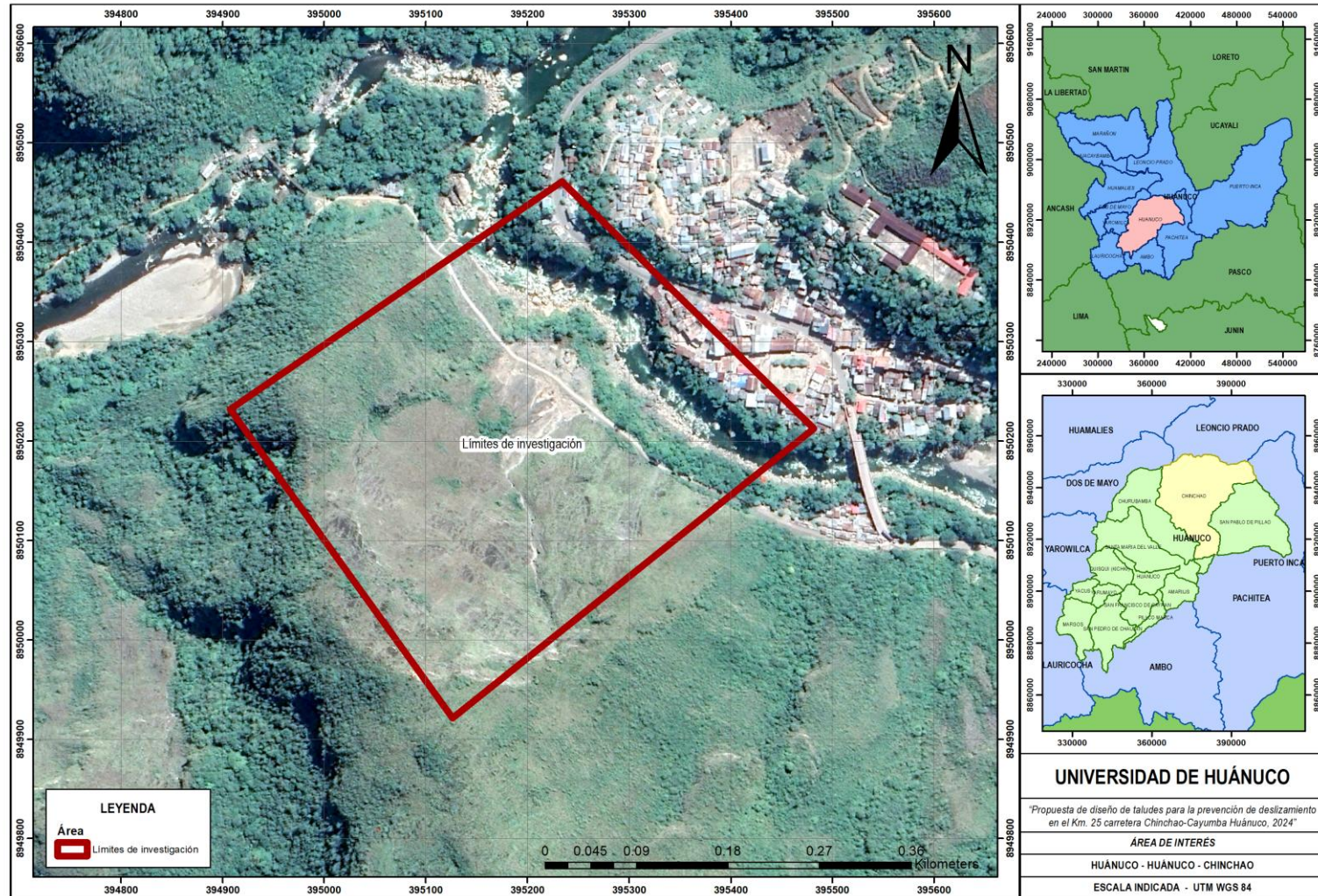
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es el diseño adecuado de talud que prevenga los deslizamientos de tierra en el sector Buenos Aires, Centro Poblado Cayumba, Distrito de Chinchao, ¿Huánuco?</p> <p>Problemas Específicos:</p> <p>¿Qué propiedades geotécnicas del suelo en el sector Buenos Aires, Cayumba, influyen en la estabilidad del talud?</p> <p>¿Qué factores climáticos y topográficos están contribuyendo a la ocurrencia de deslizamientos en el área de estudio?</p> <p>¿Qué técnicas de diseño de talud pueden implementarse para mitigar el riesgo de deslizamientos en esta zona específica,</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Desarrollar un diseño de talud que prevenga los deslizamientos de tierra en el sector Buenos Aires, Centro Poblado Cayumba, Distrito de Chinchao, Huánuco.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>Evaluar las propiedades geotécnicas del suelo en el sector Buenos Aires, Cayumba, para identificar su impacto en la estabilidad del talud y analizar cómo estas características contribuyen a la vulnerabilidad a deslizamientos.</p> <p>Identificar los factores climáticos y topográficos que contribuyen a la inestabilidad de los taludes y la ocurrencia de deslizamientos en la zona.</p>	<p>La propuesta planteada del diseño del talud previene los deslizamientos de tierra en el sector Buenos Aires, Centro Poblado Cayumba, Distrito de Chinchao, Huánuco.</p>	<p>Técnicas de Investigación</p> <p>Análisis geotécnico del suelo.</p> <p>Modelado topográfico y climático.</p> <p>Selección de tecnologías y materiales.</p> <p>Diseño de taludes.</p> <p>Instrumentos</p> <p>Software de análisis Geotécnico.</p> <p>Software de modelado y simulación.</p> <p>Software de diseño de taludes.</p>

considerando sus características particulares?	Proponer soluciones de diseño de talud, basadas en el análisis de las características geotécnicas, climáticas y topográficas, que sean adecuadas para prevenir deslizamientos en el área específica.
--	--


DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA	VARIABLES
Enfoque Enfoque Cuantitativo	Población La población del estudio está constituida por todos los sectores y tramos de la carretera que conecta el distrito de Chinchao con el centro poblado Cayumba, con un enfoque particular en el kilómetro 25, donde se han registrado incidentes de deslizamientos de tierra.	Variable independiente Propuesta del diseño del talud.
Alcance o Nivel Descriptivo y correlacional		Variable dependiente La prevención de deslizamientos de tierra.
Diseño No experimental, de tipo transversal	Muestra La muestra estará compuesta por la totalidad del kilómetro 25 del sector Buenos Aires, dado que es necesario evaluar toda la extensión afectada para determinar con precisión el nivel de erosión y el riesgo de deslizamientos de tierra.	

ANEXO 4

ÁREA DE INVESTIGACIÓN



ANEXO 5
INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

INFORME TECNICO Y ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"><div style="text-align: center;">LABORTEC <small>LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO</small></div></div>	
PROYECTO: “PROPUESTA DE DISEÑO DE TALUDES PARA LA PREVENCIÓN DE DESLIZAMIENTO EN EL KM. 25 CARRETERA CHINCHAO-CAYUMBA HUÁNUCO, 2024”	
SOLICITA: ATACHAGUA ESPINOZA ARISTIDES CRISTIAN	
UBICACIÓN:	
DISTRITO	: CHINCHAO
PROVINCIA	: HUANUCO
REGIÓN	: HUANUCO
EJECUTADO: LABORTEC E.I.R.L.	
INGENIERO ESPECIALISTA: ELIO AUGUSTO SAAVEDRA CABRERA	
ENERO DEL 2025	



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



GRANULOMETRIA

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




LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



GRANULOMETRIA C-01

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

 LABORTEC <small>LABORATORIO TECNICO DE SUELOS</small> <small>INGENIERIA, QUIMICA Y AMBIENTE</small>	CLASIFICACIÓN DE SUELOS LABORTEC EIRL Analisis Granulométrico NTP 339.128 (2014) / Límite Líquido y Límite Plástico NTP 339.129 (2014) / Clasificación SUCS NTP 339.134 (2014) / Clasificación AASHTO NTP 339.135 (2014)	

N° de Servicio: **LAB-00023 - 2025**

SOLICITANTE : ATACHAGUA ESPINOZA ARISTIDES CRISTIAN	
PROYECTO : PROPUESTA DE DISEÑO DE DETALDES PARA LA PREVENCIÓN DE DESLIZAMIENTO EN EL KM. 25 CARRETERA CHINCHAO-CAYUMBA HUÁNUCO, 2024	
UBICACIÓN : DISTRITO DE CHINCHAO DE LA PROVINCIA DE HUÁNUCO DEL DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO	FECHA: Enero, 2025

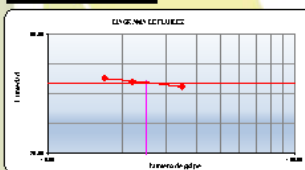
Sondeo : C-01	Tipo de Material: Arena limosa
Muestra : M-1	Condición de la muestra: HUMEDA
Profundidad : 0.00 - 3.00 m.	Código de Informe y ensayo : LAB200125885
	Fecha de muestreo: Enero, 2025

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PORTAMEZADO		
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA	TABLA	
	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	Grava Gruesa	0.0 %
	Grava Fina	9.6 %
% Arena	AG%	13.9 %
	AM%	27.6 %
	AF%	24.3 %
% Fines		24.6 %
Tamaño Máximo de la Grava (pulg)		3/4
Forma de los elipsoides		Redondeada
Porcentaje retenido en la 3 pulg		0
Método de lavado: Malla No. 200		A
Según NTP 400.018 (2018)		
Coefficiente de Curvatura		—
Coefficiente de Uniformidad		—

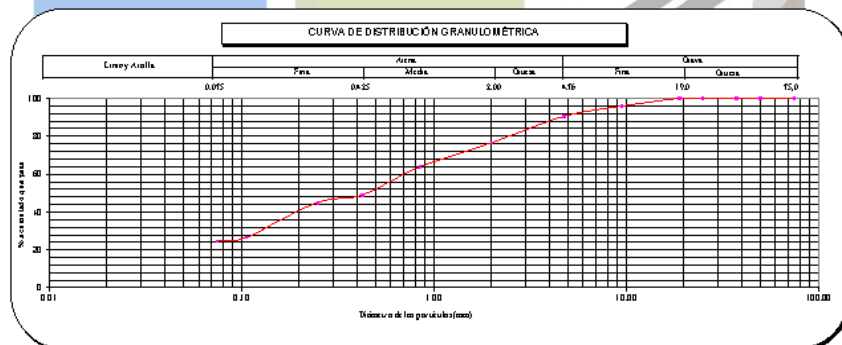
RESULTADOS DEL ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA

Límite Líquido:	44
Límite Plástico:	30
Índice Plástico:	14



Método de ensayo	Multipunto
Preparación de la muestra	Húmeda
Porcentaje retenido aproximado en tamiz No. 40	51.1
Parámetro utilizado en el Límite Líquido	Plano
Equipo de Rotado en el Límite Plástico	Manual

Clasificación (S.U.C.S.)		
SM	Arena limosa	
Clasificación (AASHTO)		
A-2-7	Índice de Grupo:	0
De variación (AASHTO):	REGULAR	




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 Laboratorios 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 "otorgado de interés público", su autenticidad o su integridad constituye del todo contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Sin perjuicio de lo señalado, dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección al consumidor y las que regulan la libre competencia.

Dirección de la laboratoria

 LABORTEC <small>LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</small>	CLASIFICACIÓN DE SUELOS LABORTEC E.I.R.L Análisis Granulométrico NTP 339.128 (2014) / Límite Líquido y Límite Plástico NTP 339.129 (2014) / Clasificación SUCS NTP 339.134 (2014) /	
---	--	--

REGISTRO DE SONDAJE

PROYECTO	PROPUESTA DE DISEÑO DE TALUDES PARA LA PREVENCIÓN DE DESLIZAMIENTO EN EL KM. 25 CARRETERA CHINCHAO-CAYUMBA HUÁNUCO, 2024		
UBICACIÓN	DISTRITO DE CHINCHAO DE LA PROVINCIA DE HUÁNUCO DEL DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO		
SOLICITANTE	ATACHAGUA ESPINOZA ARISTIDES CRISTIAN	PASE	
CALICATA N°	C-01	TÉCNICO	LABORTEC E.I.R.L
PROF. (m)	0.00 - 3.00 m.	NIVEL FREÁTICO	no se halló
		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				
0.90				
1.05				
1.20				
1.35				
1.50	M-1	Arena limosa	SM	
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.)	174.70	ÁREA (cm ²)	28.27
PESO DEL ANILLO+SUELO SECO (gr.)	161.16	VOLUMEN (cm ³)	53.71
PESO DEL AGUA (gr.)	13.54	DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	2.135
PESO DEL ANILLO (gr.)	60.00	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.883
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	101.16	CLASIFICACIÓN SUCS	SM
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	13.4	FACTOR ANILLO	0.273 + 0.000

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

[illegible]



ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

PROF (m) : 0.00 - 3.00

PROF (m) : 0.00 - 3.00

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

96



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.)	177.90	ÁREA (cm ²)	28.27
PESO DEL ANILLO+SUELO SECO (gr.)	163.98	VOLUMEN (cm ³)	53.71
PESO DEL AGUA (gr.)	13.92	DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	2.195
PESO DEL ANILLO (gr.)	60.00	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.936
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	103.98	CLASIFICACIÓN SUCS	SM
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	13.4	FACTOR ANILLO	0.273 + 0.000

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

[illegible]



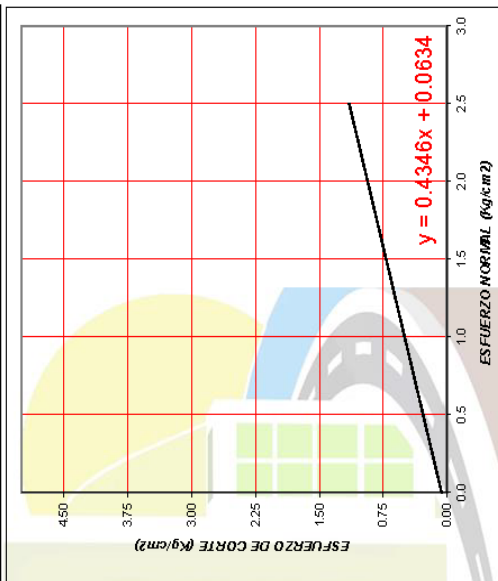
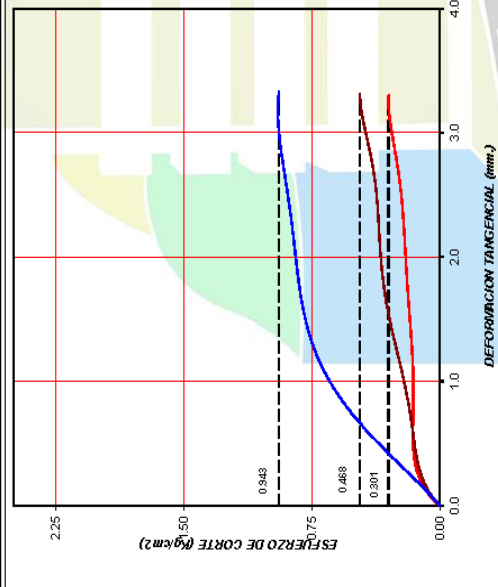
NTP 339.171:2002 (revisada el 2017)

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)	ESFUERZO NORMAL (kg/cm²)
01	6.0	28.27	13.4	1.863	0.5
02	6.0	28.27	13.4	1.863	1.0
03	6.0	28.27	13.4	1.936	2.0
CLASIF. SUCS.: SM LL: 44 IP: 14 % MENOR QUE MALLA N°200: 246					

PROYECTO : PROYECTO DE DISEÑO DE TALUDES PARA LA PREVENCIÓN DE DESLIZAMIENTO EN EL KM. 25 CARRETERA CHINCHAO-CAYUMBA HUÁNUCO, 2024	
UBICACIÓN : DISTRITO DE CHINCHAO DE LA PROVINCIA DE HUÁNUCO DEL DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO	
SOLICITADO : ATACHAGUA ESPINOZA ARISTIDES CRISTIAN	
EJECUTADO : LABORTEC E.I.R.L.	
PROF (m) : 0.00 - 3.00	FECHA : ENERO DEL 2025



RESULTADOS DE ENSAYOS		
COHESIÓN (kg/cm²)	0.06	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)
		23.5



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



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 <small>LABORATORIO TECNICO DE INVESTIGACIONES EN SUELOS, AGUAS Y AMBIENTE</small>	CONTENIDO DE SULFATOS EXPRESADOS COMO ION SO_4 Y CONTENIDO DE CLORUROS EXPRESADOS COMO ION Cl-(NORMA NTP 400.042, AASHTO T 290, AASHTO T 291)
PROYECTO : PROPUESTA DE DISEÑO DE TALUDES PARA LA PREVENCIÓN DE DESLIZAMIENTO EN EL KM. 25 CARRETERA CHINCHAO-CAYUMBA HUÁNUCO, 2024		
SOLICITA : ATACHAGUA ESPINOZA ARISTIDES CRISTIAN		
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	0.0975	%
Cloruros como ión Cl	0.10	0.0856	%
pH a 15.9°C	>4		6.7

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

ANEXO 6

REGISTRO DE PRECIPITACION

Registro de precipitación Estación Tulumayo

REGISTRO HISTÓRICO DE LLUVIAS												
SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ (SENAMHI)												
NORTE	1011265.60		ESTE		389088.50		ALTITUD		612.00			
LLUVIAS MÁXIMAS EN 24 HRS - ESTACIÓN TULUMAYO												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	11.05	7.86	9.55	9.45	6.69	5.56	0.52	2.09	3.50	9.58	10.31	9.51
2	13.11	14.56	11.54	12.41	6.35	7.45	1.56	4.53	6.06	5.21	10.10	12.73
3	15.30	15.33	13.61	11.20	6.21	5.04	1.28	4.39	4.38	4.88	5.42	7.50
4	19.84	14.18	14.15	3.21	7.42	4.24	2.05	1.02	4.54	3.36	6.06	6.78
5	10.01	11.80	16.55	7.38	3.84	9.23	3.85	4.44	2.42	4.44	3.15	9.69
6	11.95	10.01	7.60	3.02	10.55	3.17	8.94	2.31	4.53	6.41	12.59	13.04
7	12.03	16.22	9.52	8.39	7.73	2.59	9.25	4.41	2.06	6.04	12.02	10.76
8	8.94	14.06	9.99	14.07	4.45	7.62	2.40	5.84	7.60	6.11	8.95	13.06
9	10.23	5.85	10.21	3.79	4.53	3.26	12.60	2.32	4.15	6.18	15.51	7.73
10	8.60	11.53	12.41	5.84	2.25	9.08	0.61	2.10	5.41	8.63	4.70	12.27
11	8.09	15.40	8.00	5.26	4.87	7.82	2.51	5.45	3.66	8.59	13.96	15.85
12	12.91	6.56	7.17	7.37	6.21	1.27	4.01	1.92	1.84	8.13	8.32	14.78
13	6.93	9.26	10.24	6.74	3.79	4.80	8.69	2.25	3.95	7.82	3.76	9.07
14	10.32	14.55	8.94	6.88	11.52	5.62	4.79	4.06	4.12	4.39	10.03	17.20
15	6.18	19.93	8.30	8.00	3.24	1.61	3.94	0.98	1.05	3.52	9.41	8.52
16	12.57	18.34	6.49	5.82	4.25	3.81	5.11	1.00	6.49	7.92	6.41	9.51
17	11.80	15.08	8.32	9.58	4.94	7.05	1.30	1.85	2.70	5.43	10.71	8.79
18	8.98	12.97	10.15	7.55	5.81	5.25	4.32	3.00	4.11	10.72	9.16	6.93

Registro de precipitación Estación Canchan

REGISTRO HISTÓRICO DE LLUVIAS												
SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ (SENAMHI)												
NORTE	1096955.50		ESTE	356425.50		ALTITUD		1986.00				
LLUVIAS MÁXIMAS EN 24 HRS - ESTACIÓN CANCHAN												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1.65	1.07	1.37	2.47	0.43	0.21	0.05	0.05	0.24	0.59	1.69	0.88
2	2.86	1.79	0.97	0.57	0.40	0.35	0.00	0.51	0.30	0.94	0.92	1.79
3	3.05	2.40	2.05	0.36	0.11	0.04	0.00	0.02	0.37	0.53	2.15	1.64
4	2.68	3.36	4.40	0.70	0.27	0.15	0.17	0.05	0.79	0.53	1.50	2.44
5	2.56	2.82	4.29	0.47	0.15	0.59	0.29	0.71	0.41	0.85	1.03	2.70
6	3.72	1.55	3.06	1.27	0.37	0.10	0.46	0.16	0.42	1.70	2.92	2.27
7	0.60	2.09	3.35	1.55	0.65	0.06	0.79	0.23	0.40	2.11	1.18	1.26
8	1.62	1.51	2.78	1.06	0.42	0.00	0.00	0.31	0.69	1.41	2.09	2.85
9	0.95	2.09	2.90	0.61	1.02	0.38	0.28	0.57	0.66	1.67	0.74	2.83
10	2.50	2.50	3.39	0.47	0.03	0.00	0.21	0.66	0.37	1.53	0.96	4.77
11	3.95	2.07	3.21	1.13	0.18	0.34	0.03	0.05	0.57	2.67	2.30	2.87
12	1.45	0.16	2.06	0.75	0.65	0.00	0.15	0.10	0.19	2.17	1.65	2.16
13	2.39	3.26	2.54	1.61	0.19	0.06	0.07	0.12	1.07	1.22	1.46	2.38
14	3.58	3.46	2.91	2.37	0.19	0.54	0.39	0.05	0.34	1.32	1.67	3.09
15	0.85	4.16	2.71	1.00	0.26	0.00	0.08	0.17	0.69	1.26	2.32	2.12
16	2.60	2.35	3.46	1.05	0.81	0.00	0.08	0.11	0.31	2.86	1.60	3.65
17	2.54	2.89	0.90	1.96	0.33	0.11	0.20	0.15	0.13	2.14	2.82	5.13
18	2.07	3.53	4.12	1.65	0.18	0.90	0.43	0.89	0.15	1.35	1.87	2.47

Registro de precipitación Estación Huánuco

REGISTRO HISTÓRICO DE LLUVIAS												
SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ (SENAMHI)												
NORTE	1100364.40		ESTE	363133.60		ALTITUD		1919.00				
LLUVIAS MÁXIMAS EN 24 HRS - ESTACIÓN HUÁNUCO												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1.92	1.14	1.35	2.31	0.74	0.00	0.00	0.17	0.08	0.76	1.93	0.51
2	1.76	1.49	0.85	0.50	0.31	0.07	0.00	0.31	0.25	0.96	1.38	1.53
3	3.02	2.25	2.16	0.10	0.09	0.07	0.00	0.09	0.13	0.95	2.15	1.10
4	2.64	3.16	3.53	0.74	0.59	0.50	0.28	0.02	1.92	0.67	1.13	1.88
5	2.20	3.09	4.04	1.01	0.33	0.53	0.12	0.55	0.40	0.31	2.03	2.49
6	1.46	1.29	2.75	1.54	0.34	0.11	0.27	0.33	0.25	1.19	2.42	1.80
7	0.95	2.01	2.68	1.88	0.59	0.10	0.41	0.13	0.28	3.54	1.36	0.65
8	1.44	0.96	2.27	0.82	0.46	0.01	0.00	0.30	0.42	0.55	2.58	2.68
9	1.08	1.09	1.84	1.04	0.80	0.17	0.18	0.54	0.54	0.92	1.16	3.37
10	1.05	1.61	2.99	0.41	0.05	0.00	0.07	0.28	0.19	1.66	0.88	3.45
11	2.64	1.73	3.64	1.29	0.06	0.21	0.11	0.09	0.38	1.48	2.22	2.87
12	1.09	0.25	2.68	1.19	0.25	0.06	0.22	0.13	0.15	1.91	1.35	2.27
13	0.96	3.13	2.95	1.21	0.12	0.18	0.00	0.06	1.11	1.23	1.70	2.20
14	2.17	2.59	2.84	1.91	0.44	0.34	0.38	0.14	0.37	1.44	1.34	1.92
15	0.70	3.07	2.86	0.63	0.11	0.09	0.16	0.23	0.46	0.86	1.84	2.64
16	2.40	2.29	4.57	1.46	0.68	0.06	0.06	0.12	0.75	2.18	1.89	4.27
17	2.54	1.92	0.97	2.53	0.44	0.13	0.25	0.11	0.16	2.42	3.15	4.99
18	1.17	3.21	2.97	1.12	0.18	0.36	0.40	0.71	0.22	1.22	2.38	2.45

ANEXO 7

INFORME DE ESTABILIDAD INICIAL Y MEJORADO

Informe de estabilidad inicial de talud progresiva 0+190 km

Slope stability analysis

Input data


Settings

(input for current task)

Stability analysis

Safety factors		
Permanent design situation		
Safety factor :	SF _s =	1.00 [-]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	11.39	1.24	23.55	2.16
		25.24	2.22	43.97	6.02	60.00	9.35
		60.72	9.50	67.11	12.08	79.98	18.33
		80.85	18.78	82.58	20.56	85.82	23.77
		107.94	45.35	113.35	51.82	173.35	51.82

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	φ _{ef} [°]	c _{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	Suelo Chinchao		23.50	4.18	18.94

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ _{sat} [kN/m ³]	γ _s [kN/m ³]	n [-]
1	Suelo Chinchao		18.94		

Soil parameters

Suelo Chinchao

Unit weight : $\gamma = 18.94 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\phi_{\text{ef}} = 23.50^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{\text{ef}} = 4.18 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{\text{sat}} = 18.94 \text{ kN/m}^3$

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters			
Center :	x =	41.37 [m]	Angles :
	z =	94.08 [m]	
			$\alpha_1 = 22.82 [^\circ]$
			$\alpha_2 = 60.24 [^\circ]$

Slip surface after grid search.

Slip surface parameters	
Radius :	R = 85.13 [m]

Slip surface after grid search.

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 1673.50 \text{ kN/m}$
 Sum of passive forces : $F_p = 1031.44 \text{ kN/m}$
 Sliding moment : $M_a = 142464.85 \text{ kNm/m}$
 Resisting moment : $M_p = 87806.39 \text{ kNm/m}$
 Factor of safety = 0.62 < 1.00

Slope stability NOT ACCEPTABLE

Informe de estabilidad mejorado de talud progresiva 0+190 km

Slope stability analysis

Input data

Settings

(input for current task)


Stability analysis

Earthquake analysis : Standard

Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors		
Permanent design situation		
Safety factor :	$SF_s =$	1.00 [-]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	11.39	1.24	23.55	2.16
		25.24	2.22	43.97	6.02	60.00	9.35
		60.72	9.50	67.11	12.08	79.98	18.33
		94.48	26.70	99.48	26.70	117.43	35.08
		122.43	35.08	140.38	43.45	145.38	43.45
		159.88	51.82	173.35	51.82		

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
1	Suelo Chinchao		23.50	4.18	18.94

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [-]
1	Suelo Chinchao		18.94		

Soil parameters

Suelo Chinchao

Unit weight : $\gamma = 18.94 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 23.50^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 4.18 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 18.94 \text{ kN/m}^3$

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center :	x =	48.87 [m]	Angles :	$\alpha_1 =$	9.02 [°]
	z =	92.08 [m]		$\alpha_2 =$	39.05 [°]
Radius :	R =	83.13 [m]			
Slip surface after grid search.					

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 840.73 \text{ kN/m}$
 Sum of passive forces : $F_p = 971.67 \text{ kN/m}$
 Sliding moment : $M_a = 69889.54 \text{ kNm/m}$
 Resisting moment : $M_p = 80774.88 \text{ kNm/m}$
 Factor of safety = $1.16 > 1.00$

Slope stability ACCEPTABLE

Informe de estabilidad inicial de talud progresiva 0+200 km

Slope stability analysis

Input data

Settings

(input for current task)

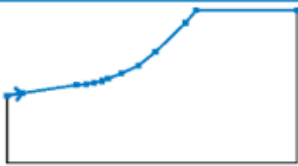
Stability analysis

Earthquake analysis : Standard

Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors		
Permanent design situation		
Safety factor :	$SF_s =$	1.00 [-]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	8.86	1.40	41.29	6.30
		46.93	6.76	51.81	7.73	56.42	8.66
		60.00	10.04	67.80	13.06	78.13	17.93
		88.08	25.80	105.96	43.20	112.20	50.57
		172.20	50.57				

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	ϕ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
1	Suelo Chinchao		23.50	4.18	18.94

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [-]
1	Suelo Chinchao		18.94		

Soil parameters

Suelo Chinchao

Unit weight : $\gamma = 18.94 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\phi_{ef} = 23.50^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 4.18 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 18.94 \text{ kN/m}^3$

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center :	x =	41.37 [m]	Angles :	$\alpha_1 =$	18.58 [°]
	z =	94.08 [m]		$\alpha_2 =$	59.26 [°]
Radius :	R =	85.13 [m]			

Slip surface after grid search.

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 1680.48 \text{ kN/m}$

Sum of passive forces : $F_p = 1106.53 \text{ kN/m}$

Sliding moment : $M_a = 143059.36 \text{ kNm/m}$

Resisting moment : $M_p = 94198.88 \text{ kNm/m}$

Factor of safety = $0.66 < 1.00$

Slope stability NOT ACCEPTABLE

Informe de estabilidad mejorado de talud progresiva 0+200 km

Slope stability analysis

Input data

Settings

(input for current task)


Stability analysis

Earthquake analysis : Standard

Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors		
Permanent design situation		
Safety factor :	$SF_s =$	1.00 [-]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	8.86	1.40	41.29	6.30
		46.93	6.76	51.81	7.73	56.42	8.66
		60.00	10.04	67.80	13.06	78.13	17.93
		89.23	26.70	94.01	26.70	111.96	35.08
		116.96	35.08	134.91	43.45	139.91	43.45
		152.26	50.57	172.20	50.57		

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
1	Suelo Chinchao		23.50	4.18	18.94

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [-]
1	Suelo Chinchao		18.94		

Soil parameters

Suelo Chinchao

Unit weight : $\gamma = 18.94 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 23.50^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 4.18 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 18.94 \text{ kN/m}^3$

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center :	x =	51.37 [m]	Angles :	$\alpha_1 =$	4.33 [°]
	z =	94.08 [m]		$\alpha_2 =$	46.13 [°]
Radius :	R =	85.13 [m]			
Slip surface after grid search.					

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 1943.91 \text{ kN/m}$

Sum of passive forces : $F_p = 2072.49 \text{ kN/m}$

Sliding moment : $M_a = 165484.87 \text{ kNm/m}$

Resisting moment : $M_p = 176430.88 \text{ kNm/m}$

Factor of safety = 1.07 > 1.00

Slope stability ACCEPTABLE

Informe de estabilidad inicial de talud progresiva 0+210 km

Slope stability analysis

Input data

Settings

(input for current task)

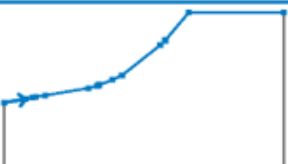
Stability analysis

Earthquake analysis : Standard

Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors		
Permanent design situation		
Safety factor :	$SF_s =$	1.00 [-]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	13.45	2.11	17.92	3.05
		20.16	3.54	25.94	4.54	53.35	9.14
		58.74	10.64	60.00	11.12	68.33	14.35
		74.44	17.23	98.58	36.31	101.71	39.36
		116.46	56.77	176.46	56.77		

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
1	Suelo Chinchao		23.50	4.18	18.94

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [-]
1	Suelo Chinchao		18.94		

Soil parameters

Suelo Chinchao

Unit weight : $\gamma = 18.94 \text{ kN/m}^3$

Stress-state : effective

Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 23.50^\circ$

Cohesion of soil : $c_{ef} = 4.18 \text{ kPa}$

Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 18.94 \text{ kN/m}^3$

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center :	x =	51.37 [m]	Angles :	$\alpha_1 =$	24.94 [°]
	z =	102.08 [m]		$\alpha_2 =$	56.97 [°]
Radius :	R =	83.13 [m]			
Slip surface after grid search.					

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 1601.48 \text{ kN/m}$

Sum of passive forces : $F_p = 967.17 \text{ kN/m}$

Sliding moment : $M_a = 133131.26 \text{ kNm/m}$

Resisting moment : $M_p = 80400.80 \text{ kNm/m}$

Factor of safety = 0.60 < 1.00

Slope stability NOT ACCEPTABLE

Informe de estabilidad mejorado de talud progresiva 0+210 km

Slope stability analysis

Input data

Settings

(input for current task)

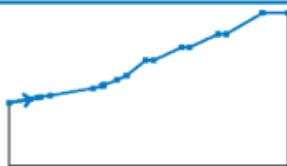
Stability analysis

Earthquake analysis : Standard

Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors		
Permanent design situation		
Safety factor :	$SF_s =$	1.00 [-]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	13.45	2.11	17.92	3.05
		20.16	3.54	25.94	4.54	53.35	9.14
		58.74	10.64	60.00	11.12	68.33	14.35
		74.44	17.23	86.43	26.70	91.43	26.70
		109.38	35.08	114.38	35.08	132.33	43.45
		137.33	43.45	160.41	56.77	176.46	56.77

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
1	Suelo Chinchao		23.50	4.18	18.94

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [-]
1	Suelo Chinchao		18.94		

Soil parameters

Suelo Chinchao

Unit weight : $\gamma = 18.94 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 23.50^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 4.18 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 18.94 \text{ kN/m}^3$

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center :	x =	48.87 [m]	Angles :	$\alpha_1 =$	2.61 [°]
	z =	94.08 [m]		$\alpha_2 =$	46.13 [°]
Radius :	R =	85.13 [m]			
Slip surface after grid search.					

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 1970.25 \text{ kN/m}$

Sum of passive forces : $F_p = 2123.68 \text{ kN/m}$

Sliding moment : $M_a = 167727.29 \text{ kNm/m}$

Resisting moment : $M_p = 180788.59 \text{ kNm/m}$

Factor of safety = $1.08 > 1.00$

Slope stability ACCEPTABLE

Informe de estabilidad inicial de talud progresiva 0+220 km

Slope stability analysis

Input data

Settings

(input for current task)

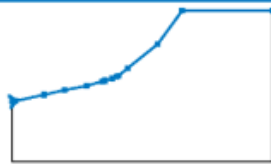
Stability analysis

Earthquake analysis : Standard

Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors		
Permanent design situation		
Safety factor :	SF _s =	1.00 [-]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	2.61	0.41	21.45	4.49
		34.94	7.57	49.49	10.33	60.00	13.35
		61.81	13.87	66.58	15.29	69.19	16.33
		70.69	17.06	77.05	22.22	96.76	38.08
		113.01	60.25	173.01	60.25		

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	φ _{ef} [°]	c _{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
1	Suelo Chinchao		23.50	4.18	18.94

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ _{sat} [kN/m³]	γ _s [kN/m³]	n [-]
1	Suelo Chinchao		18.94		

Soil parameters

Suelo Chinchao

Unit weight : γ = 18.94 kN/m³
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : φ_{ef} = 23.50 °
 Cohesion of soil : c_{ef} = 4.18 kPa
 Saturated unit weight : γ_{sat} = 18.94 kN/m³

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center :	x =	41.37 [m]	Angles :	α_1 =	0.58 [°]
	z =	94.08 [m]		α_2 =	66.58 [°]
Radius :	R =	85.13 [m]			
Slip surface after grid search.					

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : F_a = 5233.59 kN/m

Sum of passive forces : F_p = 3535.46 kN/m

Sliding moment : M_a = 445535.58 kNm/m

Resisting moment : M_p = 300973.93 kNm/m

Factor of safety = 0.68 < 1.00

Slope stability NOT ACCEPTABLE

Informe de estabilidad mejorado de talud progresiva 0+220 km

Slope stability analysis

Input data

Settings

(input for current task)


Stability analysis

Earthquake analysis : Standard

Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors		
Permanent design situation		
Safety factor :	$SF_s =$	1.00 [-]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	2.61	0.41	21.45	4.49
		34.94	7.57	49.49	10.33	60.00	13.35
		61.81	13.87	66.58	15.29	69.19	16.33
		70.69	17.06	77.05	22.22	82.62	26.70
		87.62	26.70	105.57	35.08	110.57	35.08
		128.53	43.45	133.53	43.45	162.64	60.25
		173.01	60.25				

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
1	Suelo Chinchao		23.50	4.18	18.94

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [-]
1	Suelo Chinchao		18.94		

Soil parameters

Suelo Chinchao

Unit weight : $\gamma = 18.94 \text{ kN/m}^3$

Stress-state : effective

Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 23.50^\circ$

Cohesion of soil : $c_{ef} = 4.18 \text{ kPa}$

Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 18.94 \text{ kN/m}^3$

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center :	x =	33.87 [m]	Angles :	$\alpha_1 =$	26.24 [°]
	z =	94.08 [m]		$\alpha_2 =$	37.67 [°]
Radius :	R =	85.13 [m]			
Slip surface after grid search.					

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 199.85 \text{ kN/m}$

Sum of passive forces : $F_p = 207.63 \text{ kN/m}$

Sliding moment : $M_a = 17013.24 \text{ kNm/m}$

Resisting moment : $M_p = 17675.37 \text{ kNm/m}$

Factor of safety = 1.04 > 1.00

Slope stability ACCEPTABLE

Informe de estabilidad inicial de talud progresiva 0+230 km

Slope stability analysis

Input data

Settings

(input for current task)

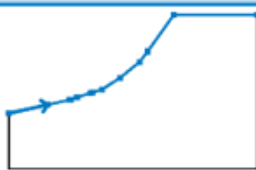
Stability analysis

Earthquake analysis : Standard

Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors		
Permanent design situation		
Safety factor :	$SF_s =$	1.00 [-]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of Interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	27.84	6.04	43.65	9.65
		44.27	9.57	48.89	11.37	58.44	14.57
		60.00	15.02	66.91	17.01	79.73	25.34
		93.89	36.82	99.42	44.29	118.00	70.40
		178.00	70.40				

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
1	Suelo Chinchao		23.50	4.18	18.94

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [-]
1	Suelo Chinchao		18.94		

Soil parameters

Suelo Chinchao

Unit weight : $\gamma = 18.94 \text{ kN/m}^3$

Stress-state : effective

Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 23.50^\circ$

Cohesion of soil : $c_{ef} = 4.18 \text{ kPa}$

Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 18.94 \text{ kN/m}^3$

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center :	x =	41.37 [m]	Angles :	$\alpha_1 =$	-0.52 [°]
	z =	94.08 [m]		$\alpha_2 =$	73.85 [°]
Radius :	R =	85.13 [m]			
Slip surface after grid search.					

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 7485.91 \text{ kN/m}$

Sum of passive forces : $F_p = 4919.82 \text{ kN/m}$

Sliding moment : $M_a = 637275.28 \text{ kNm/m}$

Resisting moment : $M_p = 418824.16 \text{ kNm/m}$

Factor of safety = $0.66 < 1.00$

Slope stability NOT ACCEPTABLE

Informe de estabilidad mejorado de talud progresiva 0+230 km

Slope stability analysis

Input data

Settings

(input for current task)


Stability analysis

Earthquake analysis : Standard

Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors		
Permanent design situation		
Safety factor :	SF _s =	1.00 [-]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	27.84	6.04	43.65	9.65
		44.27	9.57	48.89	11.37	58.44	14.57
		60.00	15.02	66.91	17.01	79.73	25.34
		81.41	26.70	86.41	26.70	104.36	35.08
		109.36	35.08	127.31	43.45	132.31	43.45
		146.81	51.82	178.00	51.82		

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	φ _{ef} [°]	c _{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	Suelo Chinchao		23.50	4.18	18.94

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ _{sat} [kN/m ³]	γ _s [kN/m ³]	n [-]
1	Suelo Chinchao		18.94		

Soil parameters

Suelo Chinchao

Unit weight : γ = 18.94 kN/m³
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : φ_{ef} = 23.50 °
 Cohesion of soil : c_{ef} = 4.18 kPa
 Saturated unit weight : γ_{sat} = 18.94 kN/m³

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center :	x =	46.37 [m]	Angles :	α_1 =	-3.44 [°]
	z =	94.08 [m]		α_2 =	46.13 [°]
Radius :	R =	85.13 [m]			
Slip surface after grid search.					

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : F_a = 2572.08 kN/m

Sum of passive forces : F_p = 3142.75 kN/m

Sliding moment : M_a = 218961.38 kNm/m

Resisting moment : M_p = 267542.02 kNm/m

Factor of safety = 1.22 > 1.00

Slope stability ACCEPTABLE