

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“Medidas estructurales y estabilización de taludes en las faldas
del cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Soto Alvarado, Gustavo Niceas

ASESOR: Felipe Matías, Elbio Fernando

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): 46643893

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 80037356

Grado/Título: Master en ingeniería civil con mención en ingeniería vial

Código ORCID: 0009-0006-3387-9498

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda	Máster en dirección de proyectos	73645168	0009-0001-0745-5433
2	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745
3	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:00 horas del día **viernes 06 de junio 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. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA	PRESIDENTE
❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA	SECRETARIA
❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 1060-2025-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "MEDIDAS ESTRUCTURALES Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LAS FALDAS DEL CERRO SAN CRISTÓBAL DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO, 2024", presentado por el (la) Bachiller. Bach. Gustavo Niceas SOTO ALVARADO, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

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

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) Aprobado por Unanimidad con el calificativo cuantitativo de 11 y cualitativo de Supiente (Art. 47).

Siendo las 16:10 horas del día 06 del mes de junio del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA
DNI: 73645168
ORCID: 0009-0001-0745-5433
PRESIDENTE

MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA
DNI: 70502371
ORCID: 0000-0002-5650-3745
SECRETARIO (A)

MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO
DNI: 41891649
ORCID: 0000-0001-8392-1769
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: GUSTAVO NICEAS SOTO ALVARADO, de la investigación titulada "Medidas estructurales y estabilización de taludes en las faldas del cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024", con asesor(a) ELBIO FERNANDO FELIPE MATIAS, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2249-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 21 % 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, 24 de abril 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

141. Soto Alvarado, Gustavo Niceas.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

5%

2

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

5%

3

repositorio.unac.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

DESSAU S&Z S.A.. "EIA de la Línea de Transmisión 138 kV. L-120/121 Paragsha II - Huánuco - Tingo María-IGA0002824", R.D. N° 213-2002-EM/DGAA, 2021

Publicación

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

Esta tesis está dedicada a Dios, ya que gracias a él he conseguido finalizar mi carrera; a mis padres, que siempre han estado a mi lado ofreciéndome su respaldo y sus recomendaciones para transformarme en una persona más apta para el mundo; a mis hermanos y sobrinos, por sus palabras y su presencia; a mis amigos, colegas; y a todos aquellos que han contribuido a alcanzar mis metas.

AGRADECIMIENTO

Al finalizar un periodo espectacular de mi vida, deseo manifestar mi más profundo agradecimiento a quienes hicieron realidad este sueño; aquellos que siempre acompañaron mi camino y fueron inspiración, respaldo y valentía. Esta cita es particularmente a Dios y a mis progenitores. Agradezco que demuestren que el amor auténtico es el anhelo persistente de asistir al otro para vencer las dificultades.

INDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
INDICE	IV
INDICE DE TABLAS.....	VII
INDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIII
CAPÍTULO I	15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	15
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	16
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	16
1.3. 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 PRACTICA	17
1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	17
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	18
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.6.1. VIABILIDAD TÉCNICA.....	18
1.6.2. VIABILIDAD ECONÓMICA.....	18
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	19
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	20
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	25

2.2. BASES TEÓRICAS	25
2.2.1. GEOMETRÍA DE UN TALUD	25
2.2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES GEOLÓGICOS	27
2.2.3. CRITERIOS DE ROTURA	33
2.2.4. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	38
2.3. DEFINICIONES DE TÉRMINOS BÁSICOS	44
2.4. HIPÓTESIS	45
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	45
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	45
2.5. VARIABLES	45
2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	45
2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE	45
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	46
CAPÍTULO III	47
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	47
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	47
3.1.1. ENFOQUE	47
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	47
3.1.3. DISEÑO	47
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	48
3.2.1. POBLACIÓN	48
3.2.2. MUESTRA	48
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	48
3.3.1. PROCEDIMIENTOS	48
3.3.2. INSTRUMENTOS Y MATERIALES	49
3.3.3. SOFTWARES	49
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	49
3.4.1. PARA RECOLECCIÓN DE DATOS	49
3.4.2. PARA PRESENTACIÓN DE DATOS	49
3.4.3. PARA ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	50
CAPÍTULO IV	51
RESULTADOS	51

4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS	51
4.1.1. PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO EN CAMPO.....	51
4.1.2. RECOLECCIÓN DE DATOS EN CAMPO.....	51
4.1.3. TRATAMIENTO DE DATOS.....	53
4.1.4. PROPIEDADES GEOMECÁNICAS	66
4.1.5. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS.....	69
4.1.6. ANÁLISIS ESTEREOGRÁFICO - CINEMÁTICO	72
4.1.7. ANÁLISIS DE EQUILIBRIO LÍMITE (DESLIZAMIENTOS PLANARES)	73
4.1.8. ANÁLISIS DE EQUILIBRIO LÍMITE (DESLIZAMIENTOS ROTACIONALES)	74
4.2 PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES	77
4.3 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	80
CAPÍTULO V	81
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	81
5.1 CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS	81
CONCLUSIONES.....	83
RECOMENDACIONES	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
ANEXOS	92

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Categorización de suelos basada en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS	27
Tabla 2 Valor representativo del estado estructural del macizo rocoso en función al RQD	29
Tabla 3 Indicadores y sus respectivos intervalos utilizados en el proceso de clasificación	29
Tabla 4 Condición estructural del macizo rocoso determinada según la metodología del RMR	30
Tabla 5 Determinación del parámetro de mi en función del tipo de litología analizada.....	37
Tabla 6 Referencias técnicas utilizadas para evaluar el coeficiente de alteración aplicado al modelo de rotura.....	38
Tabla 7 Métodos de análisis de estabilidad de taludes	42
Tabla 8 Operacionalización de Variables	46
Tabla 9 Clasificación de las inclinaciones del terreno dentro de la zona de estudio.....	51
Tabla 10 Organización espacial de las distintas formaciones geológicas presentes en el cerro San Cristóbal	52
Tabla 11 Puntos de observación registrados en las faldas del cerro San Cristóbal	53
Tabla 12 Estación N°01.....	54
Tabla 13 Estación N°02.....	55
Tabla 14 Estación N°03.....	55
Tabla 15 Estación N°04.....	56
Tabla 16 Estación N°05.....	56
Tabla 17 Estación N°06.....	57
Tabla 18 Estación N°07.....	57
Tabla 19 Estación N°08.....	58
Tabla 20 Estación N°09.....	58
Tabla 21 Estación N°10.....	59
Tabla 22 Estación N°11.....	59
Tabla 23 Estación N°12.....	60

Tabla 24 Estación N°13.....	60
Tabla 25 Estación N°14.....	61
Tabla 26 Estación N°15.....	61
Tabla 27 Estación N°16.....	62
Tabla 28 Estación N°17.....	62
Tabla 29 Estación N°18.....	63
Tabla 30 Estación N°19.....	63
Tabla 31 Estación N°20.....	64
Tabla 32 Estación N°21.....	64
Tabla 33 Estación N°22.....	65
Tabla 34 Estación N°23.....	65
Tabla 35 Localización geográfica y características técnicas de los perfiles generados en los puntos de evaluación	66
Tabla 36 Aplicación del criterio de Hoek-Brown en la caracterización de macizos rocosos.....	67
Tabla 37 Criterio de Mohr-Coulomb aplicado a la clasificación de suelos	68
Tabla 38 En el caso de las discontinuidades, se adoptó el enfoque de Barton-Bandis.....	68
Tabla 39 Análisis de muros de contención se aplicó la teoría de resistencia infinita.....	69
Tabla 40 Tipología de los análisis en función del comportamiento estructural del macizo o del terreno evaluado	69
Tabla 41 Descripción de escenarios para el análisis de taludes	70
Tabla 42 Límites relativos al nivel de estabilidad estructural evaluado mediante el factor de seguridad de Hoek (2007).....	72
Tabla 43 Evaluación estructural mediante proyección estereográfica orientada al análisis cinemático.....	72
Tabla 44 Evaluación de estabilidad mediante el enfoque del equilibrio límite aplicado a fallas planas.....	73
Tabla 45 Evaluación de estabilidad mediante el enfoque del equilibrio límite aplicado a posibles fallas rotacionales.....	74
Tabla 46 Evaluación de estabilidad en perfiles con composición mixta de suelos y formaciones rocosas	76

Tabla 47 Evaluación de estabilidad realizada sobre perfiles compuestos principalmente	77
Tabla 48 Recomendaciones técnicas de intervención para taludes cuya condición de estabilidad es crítica (FS menor a 1.0)	78

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama representativo de las partes que conforman un talud	26
Figura 2 Índice GSI aplicado a macizos conformados por roca de composición uniforme.....	31
Figura 3 GSI correspondiente a formaciones rocosas con variabilidad litológica o estructural.....	32
Figura 4 Gráficas de Mohr-Coulomb representadas en función de los esfuerzos tangenciales y normales (a), así como de las tensiones principales que actúan sobre el material (b). Si una condición de esfuerzos internos se encuentra inferior al umbral de estas curva.....	34
Figura 5 Curvas límite que definen el umbral de resistencia del material, representadas basadas en los valores de los esfuerzos principales (σ_1 y σ_3) y en las tensiones tangenciales y normales (b), mostrando las distintas bajo escenarios de carga en las que ocurre la fractura correspondiente a la estructura interna de la roca intacta	36
Figura 6 Técnicas empleadas para evaluar la estabilidad de taludes ..	39
Figura 7 Representación gráfica del enfoque basado en el equilibrio límite.....	41
Figura 8 Rocas calizas con marcada estratificación, pertenecientes a la unidad geológica denominada Huánuco	52
Figura 9 Depósitos cuaternarios coluviales	53

RESUMEN

El estudio realizado en las faldas del cerro San Cristóbal tuvo como objetivo analizar la estabilidad de las laderas inclinadas, identificando los factores geotécnicos que afectan su equilibrio y proponiendo medidas para reforzar la estructura del terreno. Se comprobó que la estabilidad depende de las propiedades geotécnicas de los materiales presentes, como la formación Huánuco y sedimentos recientes del Cuaternario, que incluyen materiales coluviales, deluviales y fluviales. Estos materiales son frágiles debido a su comportamiento geomecánico, particularmente los suelos deluviales, que presentan un comportamiento dúctil. El análisis del factor de seguridad se realizó utilizando los programas RocData, RocPlane y Slide, considerando condiciones críticas como la saturación del terreno y la acción sísmica; Se observó que los taludes formados por grandes bloques rocosos son estables, mientras que aquellos con mezcla de suelo y roca evidencian inestabilidad. El análisis de zonificación identificó sectores relativamente estables y otros con estabilidad prolongada; sin embargo, en condiciones de saturación y sismos, se clasificaron en cuatro niveles: inestables, relativamente estables, estables temporalmente y estables a largo plazo. Para reforzar la estabilidad del terreno, se propuso la instalación de zanjas de coronación y muros de gaviones. Además, el cálculo del factor de seguridad en diferentes estaciones a lo largo de las laderas mostró que algunas áreas presentaban un factor de seguridad inferior a 1, lo que llevó a plantear propuestas de estabilización específicas, dirigidas a mejorar la seguridad estructural y evitar fallas en el terreno.

Palabras claves: Análisis, factor de seguridad, inestabilidad, estabilización, talud.

ABSTRACT

The study conducted on the slopes of Cerro San Cristóbal aimed to analyze the stability of the inclined slopes, identifying the geotechnical factors that affect their equilibrium and proposing measures to reinforce the structure of the terrain. It was found that stability depends on the geotechnical properties of the materials present, such as the Huánuco formation and recent Quaternary sediments, which include colluvial, alluvial, and fluvial materials. These materials are fragile due to their geomechanical behavior, particularly the alluvial soils, which exhibit ductile behavior. The safety factor analysis was performed using RocData, RocPlane, and Slide programs, considering critical conditions such as soil saturation and seismic action. It was observed that slopes formed by large rock blocks are stable, while those with a mixture of soil and rock show instability. The zoning analysis identified areas that were relatively stable and others with prolonged stability; however, under conditions of saturation and seismic activity, they were classified into four levels: unstable, relatively stable, temporarily stable, and stable in the long term. To reinforce the stability of the terrain, the installation of crown trenches and gabion walls was proposed. Additionally, the calculation of the safety factor at different stations along the slopes showed that some areas had a safety factor lower than 1, which led to the formulation of specific stabilization proposals aimed at improving structural safety and preventing failures in the terrain.

Keywords: Analysis, safety factor, instability, stabilization, slope.

INTRODUCCIÓN

Los taludes diseñados seccionan las formaciones rocosas pertenecientes a la Formación Huánuco junto con los depósitos asociados cuaternarios; se nota la caída de bloques de roca en pendientes pronunciadas acompañadas de deslizamientos significativos de terreno. Se plantea desarrollar una evaluación de la estabilidad de los taludes a lo largo del trazado de la ladera, considerando variables geométricas, geológicas y geomecánicas, con el propósito de diagnosticar su comportamiento y proponer alternativas para mejorar su estabilidad.

Hoy en día, las pendientes del cerro San Cristóbal son un área que carece de investigaciones geocientíficas exhaustivas. Por lo tanto, se presenta la necesidad de entender la estabilidad de los taludes mediante la descripción de las condiciones geométricas, geológicas y mecánicas del terreno, contribuyendo con información relevante para proyectar taludes que combinen eficiencia estructural y viabilidad económica.

La investigación tiene como objetivo general realizar propuestas de estabilización en cada estación de evaluación a lo largo de la falda del cerro San Cristóbal; y analizar las variables vinculadas a la forma del terreno, su composición litológica y sus propiedades mecánicas; dimensionar medidas estructurales con el objetivo de mejorar la estabilidad del talud y plantear soluciones técnicas adecuadas para su control estructural.

Se plantea que el equilibrio de los taludes localizados en las pendientes del cerro San Cristóbal se ve afectada está condicionado por las características físicas, estructurales y mecánicas del terreno involucrado.

La primera sección del trabajo expone la descripción del problema, su formulación, justificación, delimitación, alcances, limitaciones y objetivos.

La segunda parte del documento desarrolla antecedentes teóricos a nivel local, nacional e internacional, además de abordar fundamentos conceptuales vinculados a la geometría de los taludes, los criterios de falla, el estudio de su estabilidad, así como las definiciones esenciales y la formulación de hipótesis.

La tercera sección del estudio abarca la metodología empleada, las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos, así como la explicación del método aplicado.

En la cuarta parte del informe se detallan el análisis e interpretación de los resultados obtenidos al culminar el trabajo desarrollado.

Detallando los datos iniciales considerados para el análisis, el enfoque metodológico aplicado, los resultados obtenidos, las alternativas propuestas para estabilizar los taludes, así como la verificación de la hipótesis formulada.

La última sección del estudio presenta los hallazgos finales vinculadas a cada uno de los objetivos formulados, además de incluir recomendaciones para futuras investigaciones.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los taludes, naturales o artificiales que se encuentran habitualmente en carreteras, terrenos urbanos o en montaña, siempre se han enfrentado a retos en términos de estabilidad. El colapso de la pendiente no sólo causará importantes pérdidas materiales, sino que también representará un factor de riesgo que compromete la seguridad de las personas que viven cerca o de paso. Sin embargo, si se toman medidas estructurales apropiadas, estos cimientos pueden fortalecerse y mitigarse los riesgos asociados. Una de las soluciones más comunes y efectivas para prevenir la caída o colapso de una pendiente, es un muro de contención; estas estructuras habitualmente son construidas con materiales resistentes de concreto como o mampostería, resistiendo la presión del suelo y manteniendo la estabilidad de la pendiente, las medidas estructurales, como muros de contención actúan como barrera física, para evitar el colapso de las pendientes y protegiendo la infraestructura y poblaciones contiguas o cercanas.

Para abordar el problema de medidas estructurales y la estabilización de taludes, se tiene que identificar las zonas vulnerables, para que a partir de ello y desarrollar propuestas de medidas estructurales para la estabilización de taludes del sector 4, de Amarilis, Huánuco, para mitigar y o eliminar el riesgo que estas zonas representan para salvaguardar la seguridad y la vida de los habitantes.

Las medidas estructurales son intervenciones físicas o cambios en la infraestructura diseñados para mejorar la estabilidad, resistencia y funcionalidad de la estructura. Estas medidas se pueden aplicar en una variedad de entornos, desde la construcción de edificios hasta la ingeniería civil y la gestión de desastres naturales. Las medidas estructurales pueden fortalecer las estructuras existentes o garantizar que las nuevas edificaciones haciéndolos más resistentes a fuerzas externas como fuertes vientos,

terremotos o cargas pesadas. Al implementar medidas estructurales apropiadas, se puede extender la vida útil de una estructura, reduciendo así la necesidad de reparaciones costosas o reconstrucción completa en el futuro. Las medidas estructurales, la utilización de algunos materiales de construcción o la alteración del entorno natural, pueden ocasionar impactos negativos al ambiente o entorno ecológico, es por ello la necesidad de una adecuada planificación técnica e implementación de modo sostenible.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿De qué manera las medidas estructurales estabilizan los taludes en las Faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿De qué manera se eligen las estaciones geomecánicas en las faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024?

¿De qué manera se realiza el análisis de estabilización de taludes considerando el factor de seguridad en las faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024?

¿De qué manera se dimensiona las medidas estructurales para la estabilización de taludes considerando el factor de seguridad en las faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar medidas estructurales para la estabilización de taludes considerando el factor de seguridad en las faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Elegir las estaciones geomecánicas en las faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024.

Analizar la estabilización de taludes considerando el factor de seguridad en las faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024.

Dimensionar las medidas estructurales para la estabilización de taludes considerando el factor de seguridad en las faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRACTICA

En la presente investigación, se realizó los estudios de medidas estructurales y estabilización de taludes considerando el factor de seguridad de la parte alta del sector 4 de Amarilis, Huánuco, y determinar cómo influyen el uno del otro, con la finalidad de mitigar la vulnerabilidad para resguardar la salud y la vida de los habitantes de dichas zonas. Esta investigación deja procedimientos claros de tratamiento de datos para poder realizar análisis guiados con la misma metodología empleada y así determinar las medidas estructurales para distintas ubicaciones geográficas.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La investigación, de acuerdo a los hallazgos aporta de manera positiva y significativa a futuras investigaciones, relacionadas a las medidas estructurales y estabilización de taludes, asimismo sirve como antecedente para realizar estudios comparativos y relacionados que sirvan como bases para proyectos de similares características. Considerando al factor de seguridad como parámetro clave para determinar las medidas estructurales más eficientes para estabilizar los taludes.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Para poder lograr los objetivos del estudio, se realizó un proceso, de manera sistematizada, donde se emplearon las técnicas de investigación cuantitativas entre otras, relacionadas a las medidas estructurales y la estabilización de taludes, que afectan negativamente a esta zona.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

De acuerdo a los aspectos metodológicos, teóricos, de antecedentes bibliográficos o económicos, no se evidencia limitación alguna durante el proceso del estudio.

La única limitación y muy importante es que la Municipalidad no cuenta con la información acerca de la cantidad de viviendas que se encuentran en zonas vulnerables de riesgo y alto riesgo de la parte alta del sector 4, en el Asentamiento Humano de San Luis de Amarilis, Provincia y Región Huánuco.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. VIABILIDAD TÉCNICA

La presente investigación consideramos viable, porque se dispone de acceso a la información primaria y secundaria entre ellos antecedentes bibliográficos, libros, artículos, notas de prensa, entre otras; asimismo la realización de la presente investigación no es onerosa y que se tiene acceso a los equipos y medios necesarios para la obtención, registro y procesamiento de la información.

1.6.2. VIABILIDAD ECONÓMICA

Como parte del estudio se ejecutó el levantamiento topográfico correspondiente al área de intervención del sector 4 en la parte alta del cerro San Cristóbal conjuntamente con el estudio de suelos, estudios necesarios para determinar y dimensionar las medidas estructurales para la estabilidad de taludes. Por lo que para los objetivos del presente trabajo académico compensan los estudios realizados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

González et al. (2020). realizaron la investigación denominada “Análisis comparativo de diversos métodos para la determinación del Factor de Seguridad en el talud localizado en la vía Tamarindo”, presentada como tesis de grado en la Universidad Cooperativa de Colombia, tuvo como propósito principal evaluar los resultados obtenidos mediante distintas estrategias empleadas con el propósito de determinar el Factor de Seguridad (FS) en el talud situado en el kilómetro 3.3 de dicho tramo vial. Dentro de dicho sector cuanto, a la metodología, se utilizaron datos obtenidos de evaluaciones realizadas tanto en el terreno como en ambientes controlados de laboratorio, los cuales, debido a la contingencia sanitaria por la pandemia, no pudieron ser recolectados de manera presencial. Se tomó como referencia y se consideraron variables geotécnicas, características geométricas del talud, datos topográficos y otros elementos derivados del análisis efectuado en el tramo ubicado en el kilómetro 3.3 de la carretera Tamarindo Salado, en Ibagué, Tolima. Asimismo, se llevaron a cabo cálculos aplicando métodos manuales como Fellenius, Janbu y Bishop, para determinar el FS del talud, para ello se dividieron el perfil del talud en 50 dovelas, para obtener alto grado de precisión; además se aplican métodos como los ábacos de Janbu y los ábacos de Hoek & Bray y comparar, entre ellos; los cálculos se realizaron con software Slide. Resultados: Se tiene que los FS, así como ecuaciones específicas para cada enfoque. Los resultados obtenidos mostraron valores inferiores a uno, lo que evidencia que el factor de seguridad no cumple con el umbral requerido. Se identificó que los cálculos manuales presentan variaciones en comparación con los obtenidos mediante el software Slide, con diferencias del 37% en Janbu,

32% en Fellenius y 31% en Bishop respecto al promedio de los valores calculados digitalmente. Además, se determinó que el método de Bishop resultó el más adecuado para el análisis del talud, dado que su estimación fue la más aproximada a la obtenida con Slide.

En cuanto a las conclusiones, los métodos que emplean dovelas destacaron por su mayor precisión, debido a la inclusión de parámetros geométricos detallados. La técnica basada en el análisis del equilibrio límite con mayor grado que mostró mayor precisión fue la formulada por Bishop, ya que, al presentar la variación más reducida frente a los valores generados por el software, razón por la cual se seleccionó como el más apropiado para calcular el factor de seguridad (FS) en el talud analizado. Es importante enfatizar que el resultado obtenido fue considerablemente bajo, lo que indica que el talud presenta fallas estructurales.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Graos et al. (2022). en la ciudad de Satipo, realizaron la tesis de grado en la Universidad Nacional del Callao, la investigación titulada "Evaluación del riesgo y análisis de vulnerabilidad por inundación fluvial mediante herramientas de sistemas de información geográfica en la zona urbana del distrito de Satipo, provincia de Satipo, región Junín, periodo 2000-2020" tuvo como objetivo analizar las áreas y niveles de riesgo ante posibles desbordes del río Satipo, específicamente en el tramo que limita con la ciudad del mismo nombre. Para ello, se requirió la identificación de los niveles de peligro asociados al fenómeno y la evaluación del grado de vulnerabilidad de la población potencialmente afectada. En cuanto a la metodología, se llevó a cabo la obtención de datos de precipitaciones, los cuales fueron posteriormente analizados a través de herramientas de simulación hidrológica e hidráulica, permitiendo así la identificación precisa del nivel de amenaza y la evaluación de múltiples contextos posibles de riesgo. Para el estudio de la vulnerabilidad se empleó el enfoque propuesto por el CENEPRED

(Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres), lo que permitió, a través de encuestas, recopilar información sobre las condiciones sociales, económicas y ambientales que caracterizan a los habitantes del distrito en riesgo de afectación. Resultados: Luego del procesamiento de los datos recopilados tanto en gabinete como en campo, se obtuvieron los siguientes hallazgos: el número de viviendas potencialmente afectadas asciende a 438, clasificadas en diferentes niveles de exposición al peligro: bajo (17.5%), medio (9.69%), alto (32.22%) y muy alto (41.04%). En cuanto a la vulnerabilidad, los lotes analizados se distribuyen en dos categorías: muy alto (72.60%) y alto (27.40%), determinándose que el nivel de riesgo de inundación predominante en la zona urbana del distrito de Satipo es muy alto (72.60%). Conclusiones: Finalmente, considerando la extensión y comportamiento de la inundación, los niveles de peligro identificados, la vulnerabilidad de la población y los niveles de riesgo calculados, se plantearon medidas estructurales y no estructurales orientadas a mitigar los posibles daños ante un evento de inundación fluvial.

De la Cruz y Silva (2022). en la ciudad de Lima realizó la investigación titulada Análisis de Mecánica de Suelos aplicado al diseño de un muro de contención en el Pasaje La Paz, AAHH Rafael Chacón, Villa María del Triunfo, Lima, presentado como tesis de grado en Universidad Privada Antenor Orrego, plantearon como objetivo desarrollar un análisis de mecánica de suelos con fines de diseñar un muro de contención en el sector Pasaje La Paz, ubicado en el asentamiento humano Rafael Chacón, distrito de Villa María del Triunfo. La investigación abarcó la evaluación de mecánica de suelos desde el estudio inicial hasta la etapa de diseño estructural del muro de contención, para realizar una propuesta, frente al riesgo de deslizamiento del suelo del Pasaje La Paz. Metodología: la investigación fue cuantitativa, de tipo de un enfoque metodológico de tipo aplicado con diseño de corte descriptivo, enmarcados en la norma técnica E. 050, de suelos y cimentaciones. Para determinar los análisis de propiedades

físicas correspondientes, se realizaron las extracciones de muestra alteradas en bolsas plásticas. Resultados: El suelo fue clasificado como arena limosa SM, de acuerdo a la clasificación SUCS y A-2-4 y AASHTO. El ensayo de corte triaxial No Consolidado No Drenado UU, reveló que las características resistentes del suelo a partir de una muestra premoldeada analizada en condiciones controladas de laboratorio tuvieron los resultados obtenidos indicaron un ángulo de fricción interna de $\phi=26.3^\circ$ y una cohesión $C=0.20 \text{ kg/cm}^2$. En cuanto a las propiedades químicas, los ensayos realizados evidenciaron que los componentes del suelo presentan niveles moderados de cloruros y sulfatos, así como una alta concentración de sales. La resistencia del suelo frente a cargas estructurales fue determinada en 1.27 kg/cm^2 , y para el diseño se realizaron pre-dimensionamientos basados en criterios preestablecidos. Las medidas establecidas en el diseño estructural del muro fueron: longitud sin punta, altura total de 4.00 m, ancho de corona de 0.50 m, pantalla con altura de 3.20 m, base de 3.20 m y una zapata con altura de 0.80 m. Mediante el método de Rankine, se calcularon los esfuerzos actuantes, verificando que el Factor de Seguridad por Volteo (FSV) fue de 3.65, mientras que el Factor de Seguridad por Deslizamiento (FSD) alcanzó un valor de 1.69. Asimismo, la carga se distribuyó en el tercio central de la base. Conclusiones: A partir de los resultados obtenidos, se propuso el mejoramiento del terreno mediante la colocación de material de afirmado con un espesor de 30 cm, garantizando así que el terreno soporte adecuadamente las cargas previstas se adecúe a los requerimientos del diseño estructural.

Quispe (2022). en la ciudad de Cusco realizó la investigación titulada “Análisis del Factor de Seguridad en Taludes para la Selección del Sistema de Sostenimiento en la Carretera Huaypo Grande – Chinchero – Urubamba, Cusco, 2021”. La investigación, presentada tal como se plantea en tesis de pregrado en la Universidad César Vallejo, tuvo como propósito evaluar el coeficiente de seguridad de los taludes con el propósito de definir las soluciones de sostenimiento más

apropiadas para la vía Huaypo Grande – Chinchero – Urubamba, Cusco, 2021. Metodología: El estudio adoptó un enfoque cuantitativo y aplicado, con un diseño no experimental. La selección de datos se llevó a cabo mediante un muestreo no probabilístico y por conveniencia, porque la muestra extraída de los taludes fue a elección del investigador. Como herramientas se tuvo los registros de ensayos de laboratorio y uso de herramientas digitales como GEO5 y Microsoft Excel. 2016. Resultados: Los estudios de los cuatro taludes, dieron un nivel de seguridad estructural por debajo del valor óptimo a 1,5. Conclusiones: la implementación de banquetas representa una estrategia eficaz para estabilizar superficies inclinadas, reduciendo la probabilidad de movimientos en masa, y complementándose con estructuras de contención como alternativa viable. El estudio resalta que, en los sectores de mayor vulnerabilidad dentro de la Carretera Huaypo Grande, el uso de banquetas o sistemas de terrazas permitió alcanzar un mayor factor de seguridad, consolidándose como una opción eficiente para el sostenimiento del talud. Recomendaciones: Con el objetivo de optimizar la estabilidad del terreno, se propuso la incorporación de un sistema de sostenimiento en concreto, además de comprobarse que la instalación de banquetas contribuye significativamente al incremento relacionado con la evaluación del nivel de estabilidad estructural.

Nuñez (2020). realizó el presente estudio académico titulada, Comportamiento estructural y diseño del muro de contención en voladizo de concreto armado para el sostenimiento de talud, ciudad de Huancayo – 2018, la tesis de grado, Universidad Privada Continental, planteó como la finalidad principal de este estudio es realizar el análisis estructural y el diseño de un muro de contención tipo voladizo en concreto armado, destinado a estabilizar taludes en los distritos de El Tambo, Huancayo y Chilca, en la ciudad de Huancayo. Metodología: se emplearon las metodologías propuestas por Coulomb, considerando la incidencia directa sísmica en el análisis. En la primera situación evaluada, se realizó una comparación entre ambos procedimientos analíticos junto con el

efecto de la actividad sísmica aplicados al diseño estructural del muro de contención tipo voladizo, evaluado por distrito, con base en un intervalo de alturas previamente definido como referencia establecido en la documentación técnica consultada de múltiples especialistas en la materia sobre este tipo de estructuras; En el segundo caso, el análisis se llevó a cabo utilizando únicamente los métodos mencionados, omitiendo la influencia sísmica. De manera similar, ambos métodos fueron aplicados en la configuración estructural del muro en voladizo, analizada por distrito, bajo el mismo intervalo de alturas para su respectiva evaluación. El propósito de esta comparación fue identificar y analizar las diferencias en el comportamiento estructural del muro de concreto armado, evaluando las fuerzas de corte, los momentos de flexión y el refuerzo determinado en la cara posterior del muro fueron analizados; además, se examinó el comportamiento flector en la zona del talón de la zapata, además de verificar la información bibliográfica recopilada de distintos autores en relación empleando el intervalo de alturas previamente definido para el estudio del muro tipo voladizo en concreto armado. Para llevar a cabo la comparación en ambos escenarios analizados, se procedió a tomar como referencia la literatura especializada, donde se establecen alturas recomendadas para este tipo de estructura. Con base en dichas referencias, se determinó una variación de altura que va desde los 4.00 m hasta los 9.00 metros, con intervalos de 1.00 m para el análisis. A partir de las alturas establecidas para el muro, se llevó a cabo un estudio representativo de mecánica de suelos (EMS) en cada distrito de la ciudad de Huancayo, abarcando las zonas de El Tambo, Huancayo y Chilca. En este análisis, se determinaron las capacidades portantes del suelo, obteniendo valores de 1.37 kg/cm², 1.21 kg/cm² y 1.18 kg/cm², respectivamente. Posteriormente, se procedió al análisis del primer escenario aplicando los métodos 01 y 02, incorporando la influencia sísmica, mientras que en el segundo caso se emplearon los mismos métodos sin considerar dicha variable, permitiendo así una comparación técnica entre ambas condiciones. Como resultado, se obtuvieron hallazgos relevantes sobre

el comportamiento estructural y el diseño del muro en voladizo, en función del intervalo de alturas evaluado y la localización específica de cada caso. Conclusiones: se concluyó que la determinación de alturas representativas en función del comportamiento estructural del muro permitió un análisis detallado en cada una de las jurisdicciones evaluadas: El Tambo, Huancayo y Chilca. Asimismo, los resultados obtenidos en el diseño validaron la información recopilada en la literatura, respaldando las recomendaciones de diversos autores respecto a las alturas óptimas para los muros en voladizo de concreto armado. La elaboración de los diseños se llevó a cabo utilizando para ello la aplicación Microsoft Excel. Los lineamientos considerados para el análisis y dimensionamiento estructural se ajustaron tanto a la bibliografía especializada como a lo establecido por el Reglamento Nacional de Edificaciones, incluyendo las normas técnicas E.030 (Diseño sismorresistente), E.050 (Suelos y cimentaciones), E.060 (Concreto armado), así como la Norma Técnica Peruana CE.020 sobre suelos y taludes, el reglamento ACI 318S y el Manual de Carreteras referente a túneles, muros y obras complementarias.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

No se encuentran antecedentes locales de los últimos 5 años.

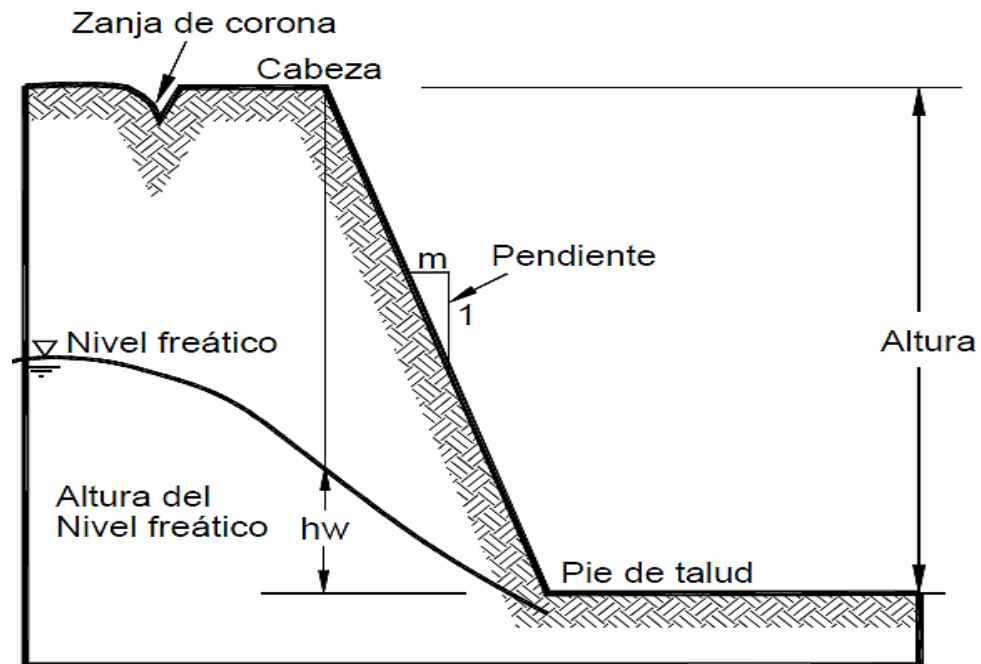
2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. GEOMETRÍA DE UN TALUD

Una ladera o talud es una formación de terreno que posee una inclinación natural o artificial, caracterizada por una pendiente o variaciones significativas en su elevación. Según lo señalado en fuentes técnicas especializadas, se utiliza el término ladera para referirse a formaciones originadas de manera natural, mientras que talud se aplica a aquellas generadas por intervención humana (Suárez, 2007).

Figura 1

Diagrama representativo de las partes que conforman un talud



Fuente: (Suárez, 2007).

En la estructura de un talud, se pueden identificar diversos elementos constitutivos que determinan su estabilidad y comportamiento geomecánico:

- **Altura:** La altura de un talud se define como la distancia vertical entre su base y la parte superior. En taludes artificiales, esta dimensión suele estar bien delimitada, mientras que, en laderas naturales, su cuantificación es más compleja debido a la ausencia de límites topográficos bien definidos.
- **Cabeza:** La cabeza del talud corresponde al punto donde ocurre un cambio abrupto de pendiente en la parte superior de la formación.
- **Pie:** El pie del talud es el sector donde se genera un cambio pronunciado en la pendiente en la parte inferior de la estructura.
- **Pendiente:** La pendiente es el parámetro que mide el grado de inclinación de un talud o ladera. Puede expresarse en grados, porcentaje o como una relación $m/1$, donde "m" representa la distancia horizontal por cada unidad de distancia vertical. Por ejemplo: 45°, 100% o 1H:1V.

2.2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES GEOLÓGICOS

2.2.2.1. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS (SUCS)

Tabla 1

Categorización de suelos basada en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS

Divisiones Principales			Símbolos del grupo	Nombres Típicos
Suelos de textura gruesa, en los cuales más del 50% del contenido queda retenido al pasar por el tamiz N° 200	Gravas identificadas por presentar una fracción mayoritaria retenida en el tamiz N° 4, equivalente a 4.76 milímetros	Gravas clasificadas como limpias debido a la ausencia o escasa presencia de partículas finas	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava - arena, pocos finos o sin finos.
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava - arena, pocos finos o sin finos.
		Gravas que contienen una cantidad significativa de material fino en su composición	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.
	Las arenas se caracterizan porque más del 50% de su fracción gruesa logra atravesar el tamiz N° 4, correspondiente a una abertura de 4.76 milímetros	Arenas que presentan una composición mayoritaria sin partículas finas o con proporciones mínimas de ellas	GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.
			SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
		Arenas que contienen una cantidad considerable de partículas finas dentro de su estructura granulométrica	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
Suelos de Grano Fino Más de la mitad del material pasa por el tamiz N° 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.
			ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
	Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.
			OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.
			MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limon elásticos.

	CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.
	OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.
Suelos muy orgánicos	PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.

Fuente: (González, 2006)

2.2.2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS MACIZOS ROCOSOS

La categorización en el caso de los cuerpos rocosos se establece en función de distintos aspectos que influyen en su respuesta estructural y desde el punto de vista mecánico:

- Características del material rocoso en su estado intacto.
- Repetitividad y naturaleza de las fracturas o planos débiles presentes, las cuales determinan el nivel de rotura interna y la morfología de la configuración geométrica de los bloques rocosos, así como y las características relacionadas con el flujo de agua a través del macizo.
- Nivel del grado de desgaste o grado de transformación física o química del material rocoso.
- Condición de esfuerzos en su estado natural (in situ).
- Presencia y efectos del agua en la estructura del macizo rocoso.

Entre los métodos más empleados para evaluar la calidad geomecánica de los taludes, se encuentran indicadores como el RQD (Rock Quality Designation).

2.2.2.2.1. ÍNDICE DE CALIDAD DE LA ROCA (RQD)

La estimación del índice RQD en una línea de mapeo puede realizarse calculando el valor promedio del espaciamiento entre discontinuidades, dividiendo la cantidad de fracturas por la longitud total de la línea de muestreo (Gavilanes & Andrade, 2004). Este valor se determina empleando la siguiente fórmula:

$$RQD = 100e^{-0.1\lambda}(0.1\lambda + 1)$$

Dónde: λ = Nro. Relación entre el número de discontinuidades y la distancia total evaluada

Tabla 2

Valor representativo del estado estructural del macizo rocoso en función al RQD

RQD (%)	CONDICIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL ROCOSO
<25	Muy Mala
25-50	Mala
50-75	Regular
75-90	Buena
90-100	Muy Buena

2.2.2.2.2. SISTEMA DE VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (RMR), BIENIAWSKI 1989

La clasificación basada en RMR se fundamenta en una serie de parámetros que permiten caracterizar un macizo rocoso según su estabilidad y resistencia.

1. Capacidad de la roca intacta para soportar carga axial sin presentar fallas estructurales.
2. Parámetro que mide la integridad del macizo rocoso a partir de la longitud acumulada de testigos recuperados en buen estado.
3. Separación media existente entre las fracturas o planos de debilidad dentro del macizo.
4. Estado físico y características de las superficies fracturadas presentes en la roca.
5. Nivel de presencia y comportamiento del agua dentro de las discontinuidades del macizo rocoso.

Tabla 3

Indicadores y sus respectivos intervalos utilizados en el proceso de clasificación

VARIABLE CONSIDERADA		INTERVALO NUMÉRICO CORRESPONDIENTE					
1	Propiedades mecánicas de la roca en su estado intacto.	Prueba mecánica aplicada para medir la resistencia bajo presión (Mpa)	>10	4-10	2-4	1-2	Compresión simple (Mpa)

		Compresión simple (Mpa)	>250	100-250	50-100	25-50	5-25	1-5	<1
		Valor	15	12	7	4	2	1	0
2		RQD (%)	90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
		Valor	20	17	13	8	3		
3		Distancia entre discontinuidades dentro del macizo rocoso. (m)	>2	0.6-2	0.2-0.6	0.06-0.2	<0.06		
		Valor	20	15	10	8	5		
	Estado de las discontinuidades	Longitud (m)	<1	1-3	3-10	10-20	>20		
		valor	6	4	2	1	0		
		Abertura (mm)	Nada	<0.1	0.1-1	1-5	>5		
		Valor	6	5	3	1	0		
4		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeram. Rugosa	Ondulada	Suave		
		Valor	6	5	3	1	0		
		Relleno (mm)	Ninguno	Duro <5	Duro >5	Blando <5	Blando >5		
		Valor	6	4	2	2	0		
		Alteración	Inalterada	Ligeram. Alterada	Moderadam. Alterada	Muy alterada	Descompuesta		
		Valor	6	5	3	1	0		
		Relación Pagua/Pprinc.	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
5	Flujo de agua en las discont.	Condiciones generales	Completo. Secas	Ligeram. Húmedas	Húmeda	Goteando	Agua fluyendo		
		Valor	15	10	7	4	0		

Fuente: (Bieniawski, 1989)

Tabla 4

Condición estructural del macizo rocoso determinada según la metodología del RMR

Categoría asignada	Nivel de desempeño geotécnico	Estado general de conservación y resistencia del material rocoso
I	Muy buena	100
II	Buena	80-61
III	Media	41-40
IV	Mala	21-40
V	Muy mala	<20

Fuente: (Bieniawski, 1989)

2.2.2.2.3. ÍNDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICO (GSI)

La resistencia de un macizo rocoso fracturado está determinada tanto por las características de las unidades de roca sin alteraciones estructurales como por su aptitud para desplazarse o rotar cuando se encuentran sometidos a

diferentes escenarios geomecánicos de carga. El índice GSI constituye una herramienta que permite cuantificar la pérdida de resistencia de un macizo rocoso en función de su estado geológico y estructural.

Figura 2

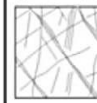
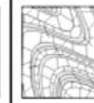
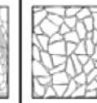
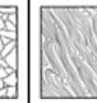
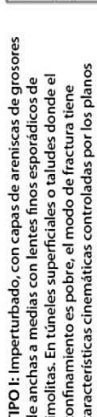
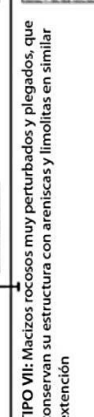
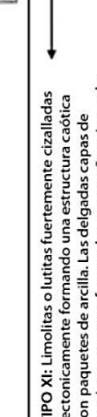
Índice GSI aplicado a macizos conformados por roca de composición uniforme

ÍNDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA (GSI) PARA ROCAS FRACTURADAS (Hoek & Marinos, 2000) Estimar el valor promedio del GSI para la litología, estructura y condiciones superficiales de las discontinuidades. No intentar ser muy preciso. Citar un rango de 33 a 37 es mas realistico que un GSI de 35. Note que las tablas no se aplican a las fracturas estructuralmente controladas. Cuando los planos estructurales débiles están en una orientación desfavorable con respecto de la cara excavada, estas dominarán el comportamiento de todo el macizo rocoso. La resistencia de cizalla de las superficies de la rocas son propensas a deteriorarse como el resultado de cambios en el contenido de humedad, se reducirá si hay presencia de agua. Cuando se trabaja con rocas en las categorías de débil a muy débil, se debería hacer un desplazamiento hacia la derecha. La presión del agua es tratada con análisis de esfuerzos efectivos.		CONDICIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES				
ESTRUCTURA		MUY BUENA	BUENA	REGULAR	MALA	MUYMALA
		Superficies muy rugosas, inalteradas y frescas.	Superficies rugosas, ligeramente intemperizadas, con pátinas de óxidos de Hierro.	Superficies lisas, moderadamente intemperizadas y/o alteradas.	Superficies lisas y cizalladas, muy intemperizadas con revestimientos o rellenos compactos o fragmentos angulares.	Superficies lisas y cizalladas, muy intemperizadas con revestimiento o rellenos arcillosos blandos.
		DECRECE LAS CONDICIONES SUPERFICIALES →				
	INTACTA O MASIVA Especimen de roca intacta o roca in-situ masiva con pocas discontinuidades ampliamente espaciadas.	90				N/A
	BLOCOSA Macizo rocoso inalterado bien trabado, definido por bloques cúbicos formados por 3 familias de discontinuidades.	80	70			
	MUY BLOCOSA Macizo rocoso trabado, parcialmente perturbado, definido por bloques angulares de varias caras formado por 4 o más familias de discontinuidades.		60	50		
	BLOCOSA/PERTURBADA/DEFORMADA Plegada, bloques angulares de mucha familias de discontinuidades, persistencia de los planos de estratificación o esquistocidad.			40	30	
	DESINTEGRADA Pobrementemente trabada, macizo rocoso muy fracturado con mezcla de fragmentos de roca angulares y redondeados.				20	
	LAMINADA/ CIZALLADA Ausencia de blocosidad debido a espaciados cercanos de débil esquistocidad o planos de cizalla.	N/A	N/A			10

Fuente: (Hoek E., 2007)

Figura 3

GSI correspondiente a formaciones rocosas con variabilidad litológica o estructural

ÍNDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA (GSI) PARA MACIZOS ROCOSOS HETEROGENEOS COMO LOS FLYSCH (V. Marinos, 2007)		CONDICIONES SUPERFICIALES DE LAS DISCONTINUIDADES (Predominantemente los planos de estratificación)					DECRECE LA CALIDAD DE LAS DISCONTINUIDADES								
Los macizos rocosos heterogeneos son aquellos que continen capas claramente alternadas de diferentes tipos delitologías con significantes diferencias en sus propiedades de resistencia. Para flysch, una típica formación con macizos rocosos heterogeneos, estas alteraciones consisten de areniscas y limolitas. Las lutitas pueden estar presentes. Para la descripción de la litología, estructura y condiciones superficiales de las discontinuidades (particularmente de los planos de estratificación), escoger un cuadro en la tabla. La selección de la estructura debería ser basada en la perturbación tectónica (imperturbada, moderadamente perturbada, fuertemente perturbada - plegada, desintegrada, cizallada), la proporción de limolita contra arenisca y su expresión o no de estratificación dentro de las capas de limolita. En el tipo IV y V cuando el grosor de areniscas excede 50cm, un incremento de 5 puntos de GSI es recomendada. Del tipo 4 a los siguientes, los planos de estratificación están perceptibles dentro de las limolitas. Localiza la posición en el cuadro que corresponda a las condiciones y estima el valor promedio de GSI de las curvas. La determinación de la estructura y de las condiciones de discontinuidades deben tener un rango entre dos campos adyacentes. Note que el criterio de Hoek-Brown no se aplica a macizos con discontinuidades estructuralmente controladas. Cuando discontinuidades planares, débiles, continuas y con orientaciones desfavorables están presentes, estas dominaran el comportamiento del macizo rocoso. La resistencia de algunos macizos rocosos es reducida por la presencia de agua subterránea y puede considerada por un ligero movimiento a la derecha en las columnas de condiciones regulares, malas y muy malas. La presión del agua no cambia el valor de GSI y pueden ser tratados con análisis de esfuerzos efectivos. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN															
TIPO I: Imperturbado, con capas de areniscas de grosores de anchas a medias con lentes finos esporádicos de limolitas. En túneles superficiales o taludes donde el confinamiento es pobre, el modo de fractura tiene características cinemáticas controladas por los planos de estratificación y el GSI pierde significado. 		TIPO III: Areniscas moderadamente perturbadas con delgados estratos de limolitas 	TIPO IV: Macizos rocosos moderadamente perturbados con areniscas y limolitas en similares cantidades 	TIPO V: Limolitas moderadamente perturbadas con intercalaciones de areniscas 	TIPO VI: Limolitas moderadamente perturbadas con esparsas intercalaciones de areniscas 	Incremento si las capas de areniscas son mayores a 50cm									
TIPO VII: Macizos rocosos muy perturbados y plegados, que conservan su estructura con areniscas y limolitas en similar extensión 															
TIPO IX: Macizo rocoso desintegrado que puede ser encontrado en zonas falladas y/o de alta meteorización. Se encuentran principalmente materiales deleznablees con algunas limolitas deformadas entre las piezas de roca 															
TIPO XI: Limolitas o lutitas fuertemente cizalladas tectónicamente formando una estructura caótica con paquetes de arcilla. Las delgadas capas de areniscas son transformadas a pequeñas piezas de roca. Al extremo, el comportamiento es como de un suelo 															

2.2.3. CRITERIOS DE ROTURA

2.2.3.1. EL CRITERIO DE ROTURA DE MOHR – COULOMB

El enfoque de Mohr-Coulomb constituye una representación matemática empleada para describir el comportamiento mecánico de ciertos materiales frente a esfuerzos utilizado para describir el comportamiento de materiales frágiles, como el hormigón o los suelos compuestos por partículas, frente a esfuerzos cortantes y tensiones normales. Este modelo define la capacidad de resistencia al corte de un material cuando se encuentra bajo un estado de tensiones triaxiales, permitiendo establecer una relación matemática entre los esfuerzos normales y tangenciales que actúan durante el proceso de rotura (González de Vallejo, 2004).

La ecuación que describe la envolvente de rotura se formula de la siguiente manera:

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi$$

Dónde:

τ : esfuerzo cortante que actúa a lo largo del plano donde ocurre la falla.

σ : componente normal del esfuerzo aplicada perpendicularmente al plano de falla.

c : fuerza interna de adherencia que mantiene unida la masa rocosa sin necesidad de esfuerzo externo.

ϕ : valor angular que representa la fricción interna del material rocoso ante el deslizamiento.

Este criterio también puede formularse tomando como referencia los esfuerzos principales mayor (σ_1) y menor (σ_3):

$$\sigma_1 = \frac{2c + \sigma_3 [\sin 2\theta + \tan \phi \cos(1 - \cos 2\theta)]}{\sin 2\theta - \tan \phi \cos(1 + \cos 2\theta)}$$

Esto permite determinar la resistencia en cualquier plano caracterizado por un ángulo θ . Para el plano crítico de rotura, dicho

ángulo se expresa como $\theta = 45^\circ + \phi/2$, lo que modifica la ecuación

$$\sigma_1 = \frac{2c \cos \phi + \sigma_3(1 + \operatorname{sen} \phi)}{(1 - \operatorname{sen} \phi)}$$

en la siguiente forma:

Cuando la condición $\sigma_3 = 0$ se cumple, el valor de σ_1 representa la resistencia a la compresión simple de la roca:

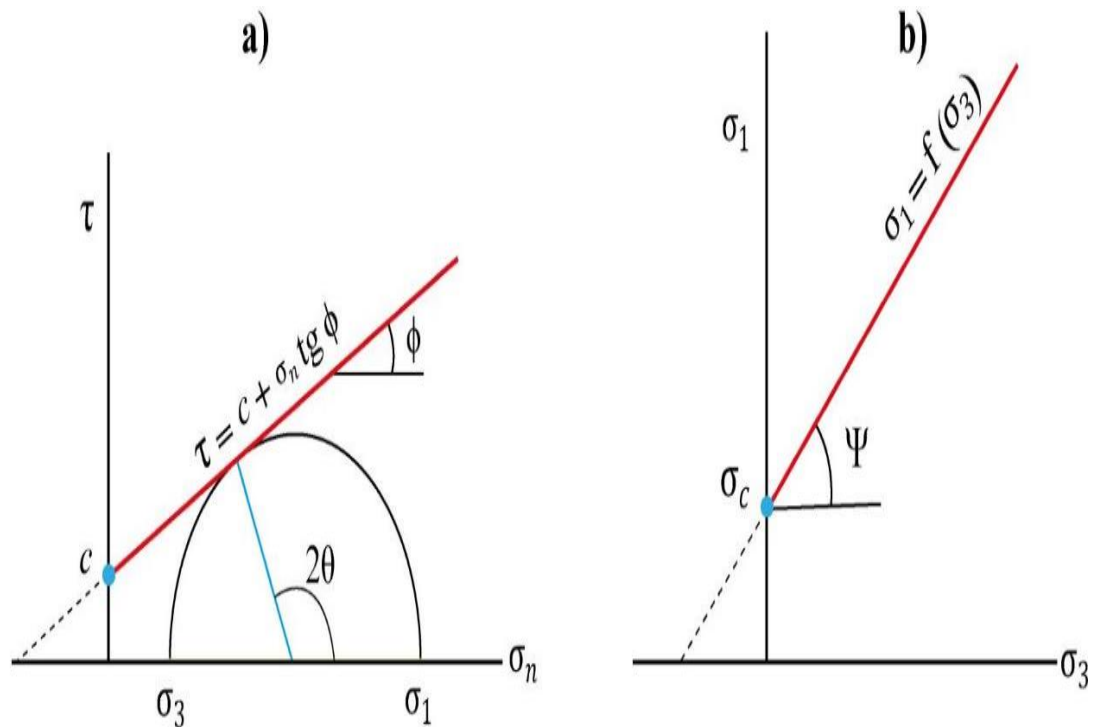
$$\sigma_1 = \sigma_c = \frac{2c \cos \phi}{1 - \operatorname{sen} \phi}$$

Este criterio también permite determinar el valor de la resistencia a tracción del material:

$$\sigma_t = \frac{2c \cos \phi}{1 + \operatorname{sen} \phi}$$

Figura 4

Gráficas de Mohr-Coulomb representadas en función de los esfuerzos tangenciales y normales (a), así como de las tensiones principales que actúan sobre el material (b). Si una condición de esfuerzos internos se encuentra inferior al umbral de esta curva



2.2.3.2. MODELO DE ROTURA DE HOEK-BROWN

El uso de un modelo no lineal es más pertinente para evaluar la resistencia de la matriz rocosa, ya que permite una mejor representación gráfica del comportamiento al momento de la falla adopta una forma cóncava. El criterio Hoek-Brown (1980) es una formulación empírica y no lineal, utilizada para evaluar la resistencia de la matriz rocosa isótropa bajo condiciones triaxiales.

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{m_i \sigma_{ci} \sigma_3 + \sigma_{ci}^2}$$

En esta ecuación, σ_1 y σ_3 representan los esfuerzos principales máximos y mínimos al momento de la rotura, σ_{ci} corresponde a la capacidad de la roca intacta para soportar cargas axiales sin confinamiento, mientras que m_i es un parámetro la cual está influenciada por las características del material rocoso.

Cuando el criterio es expresado de manera adimensional, los esfuerzos normalizados se definen en función de σ_{ci} , adoptando la siguiente formulación:

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{ci}} = \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + \sqrt{m_i \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + 1}$$

La resistencia a la compresión simple de la roca se obtiene al aplicar la ecuación anterior con $\sigma_3 = 0$, mientras que la resistencia a tracción se determina cuando $\sigma_1 = 0$ o $\sigma_1 = \sigma_t$.

$$\sigma_t = \frac{1}{2} \sigma_{ci} \left(m_i - \sqrt{m_i^2 + 4} \right)$$

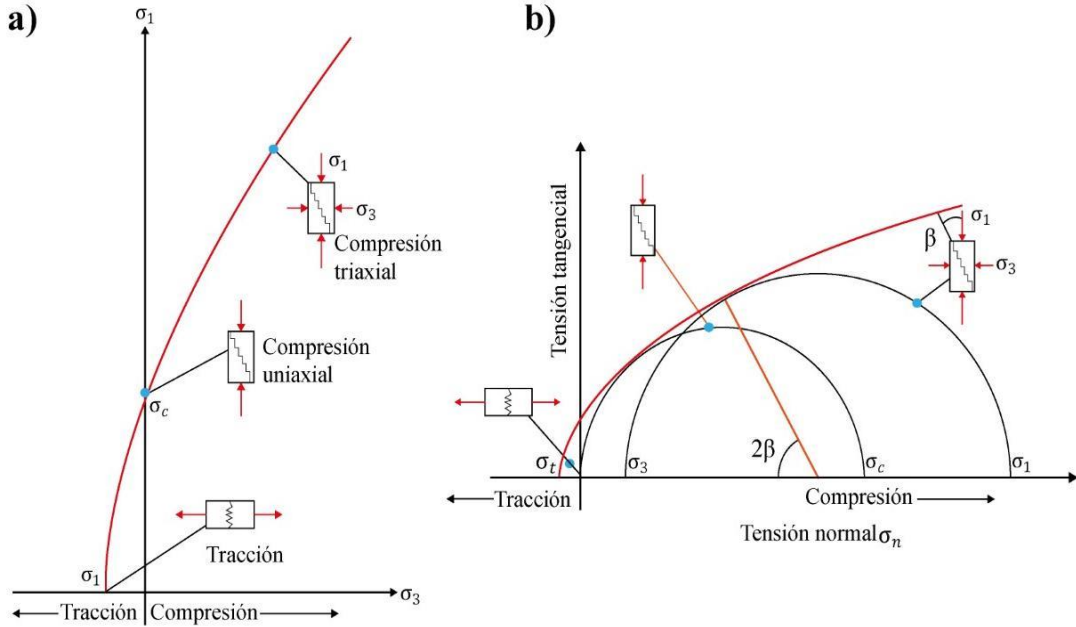
La expresión del criterio de rotura en función de los esfuerzos tangenciales y normales es:

$$\tau = A \sigma_{ci} \left(\frac{\sigma_n - \sigma_t}{\sigma_{ci}} \right)^B$$

En esta expresión, σ_t denota la resistencia a tracción, mientras que A y B son constantes que dependen del valor de m_i .

Figura 5

Curvas límite que definen el umbral de resistencia del material, representadas basadas en los valores de los esfuerzos principales (σ_1 y σ_3) y en las tensiones tangenciales y normales (b), mostrando las distintas bajo escenarios de carga en las que ocurre la fractura correspondiente a la estructura interna de la roca intacta



Con el propósito de extender el uso del Criterio Generalizado de Hoek y Brown, los parámetros correspondientes al macizo rocoso se determinan a partir de:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

- m_b representa un valor ajustado de la constante del material m_i , determinado mediante la siguiente expresión:

$$m_b = m_i \exp \left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D} \right)$$

- Las constantes "s" y "a" del macizo rocoso se establecen de acuerdo con las siguientes relaciones matemáticas:

$$s = \exp \left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D} \right)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} (e^{-GSI/15} - e^{-20/3})$$

- El valor de D representa un coeficiente relacionado principalmente con el nivel de alteración que ha experimentado

el macizo rocoso, ya sea por procesos de voladura o por liberación de esfuerzos. Este factor adopta valores entre 0, correspondiente a macizos intactos in situ, y 1 en el caso de formaciones fuertemente alteradas.

Tabla 5

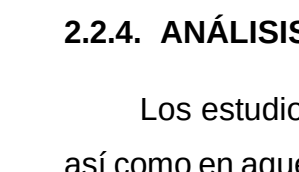
Determinación del parámetro de mi en función del tipo de litología analizada

TIPO ROCA	CLASE	GRUPO	TEXTURA			
			GRUESA	MEDIA	FINA	MUY FINA
SEDIMENTARIA	Clásticas		Conglomerados (21+-3)	Arenisca 17+-4	Limolita 7+-2	Lulita 4+-2
			Brechas (19+-5)		Grauvacas (18+-3)	Pizarra (shale) (6+-2) Marga (7+-2)
		Carbonatadas	Caliza Cristalina (12+-3)	Caliza Esparítica (10+-2)	Caliza Micrítica (9+-2)	Dolomita (9+-3)
	No Clásticas	Evaporitas		Yeso (8+-2)	Anhidrita (12+-2)	
		Orgánicas				Creta 7+-2
	No Foliadas		Mármol 9+-3	Hornfels (19+-4)	Guarcitas (20+-3)	
				Meta - arenisca (19+-3)		
METAMÓRFICA	Débilmente foliadas		Migmatita (29+-3)	Anfibolita 26+-6		
		Foliadas	Gneis 28+-5	Esquisto 12+-3	Filita (7+-3)	Pizarra (slate) 7+-4
ÍGNEA	Plutónicas	Félicas	Granito 32+-3	Diorita 25+-5		
			Granodiorita (29+-3)			
		Máficas	Gabro 27+-3	Dolerita (16+-5)		
	Hipabisales		Norita 20+-5			
			Porfiríticas (20+-5)		Diabasa (15+-5)	Peridotita (25+-5)
		Lávicas		Riolita (25+-5)	Dacita (25+-3)	Obsidiada (19+-3)
	Volcánicas			Andesita 25+-5	Basalto (25+-5)	
		Piroclásticas	Aglomerado (19+-3)	Brecha (19+-5)	Toba (13+-5)	

Fuente: (Hoek E., 2007)

Tabla 6

Referencias técnicas utilizadas para evaluar el coeficiente de alteración aplicado al modelo de rotura

Apariencia del macizo rocoso	Descripción del macizo rocoso	Valor D sugerido
	Condiciones óptimas de excavación mediante voladura precisa o mediante el uso de tuneladora (TBM), que generan un impacto mínimo en el macizo rocoso que rodea la estructura subterránea.	D = 0
	Labores de excavación ejecutadas de forma mecánica o manual en formaciones rocosas de baja calidad, sin uso de explosivos, lo que permite conservar en buen estado el entorno inmediato del macizo.	D = 0
	En situaciones donde se presentan deformaciones del piso durante el proceso de excavación, la afectación al macizo rocoso puede intensificarse significativamente si no se implementa una contra bóveda provisional, como se ilustra en la figura.	D = 0,5 <i>No invertir</i>
	Una voladura deficiente en un túnel excavado en roca competente puede generar deterioros graves en zonas localizadas, afectando entre 2 y 3 metros del macizo rocoso adyacente.	D = 0,8
	Pequeñas voladuras en taludes de ingeniería civil y geotécnica dan lugar a pequeños daños al macizo rocoso, particularmente si se usan voladuras de contorno como se muestra en el lado izquierdo de la fotografía. Sin embargo, la alteración de tensión resulta en alguna alteración.	D = 0,7 <i>Buena voladura</i>
	Detonaciones controladas de baja magnitud aplicadas en taludes de obras civiles o geotécnicas pueden producir daños mínimos al macizo, sobre todo si se emplean técnicas de voladura de contorno, como se aprecia en el sector izquierdo de la imagen. No obstante, la redistribución de tensiones puede ocasionar cierto grado de alteración estructural.	D = 1,0 <i>Mala voladura</i> D = 1,0 <i>Voladuras de producción</i> D = 0,7 <i>Excavación mecánica</i>

Fuente: D. Extraída de Hoek et al., 2002

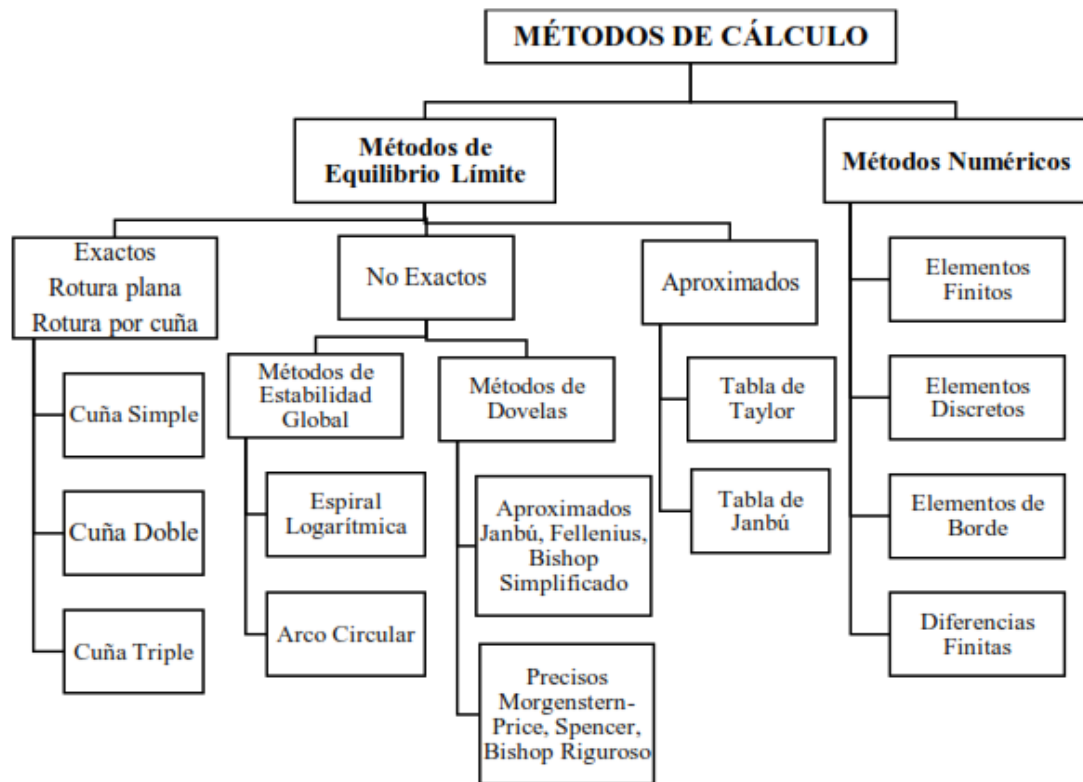
2.2.4. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Los estudios de estabilidad son aplicados en el diseño de taludes, así como en aquellos casos donde se detectan ante posibles condiciones de inestabilidad estructural, es fundamental seleccionar un coeficiente

de seguridad apropiado, considerando el propósito de la excavación y si el talud tendrá una función temporal o permanente. Esta elección debe equilibrar criterios como la seguridad, los costos de ejecución y las posibles implicancias o riesgos asociados a una eventual falla (González de Vallejo, 2004).

Figura 6

Técnicas empleadas para evaluar la estabilidad de taludes



Fuente: (Suárez, 2007)

2.2.4.1. MÉTODOS DEL EQUILIBRIO LÍMITE

Los enfoques basados en el equilibrio límite permiten analizar la condición de estabilidad de un cuerpo rocoso que presenta riesgo de falla, contrastando las fuerzas que inducen el desplazamiento con las fuerzas resistentes que se oponen a dicho movimiento a lo largo de una superficie de rotura definida. Estos métodos consideran los siguientes aspectos:

- Identificación de una superficie teórica de rotura dentro del talud.

- Aplicación del criterio de rotura de Mohr-Coulomb para determinar la resistencia del material.
- Cálculo del coeficiente de seguridad, como indicador de la estabilidad del talud.

Los problemas de estabilidad presentan un carácter estáticamente indeterminado, por lo que su análisis requiere la formulación de hipótesis específicas que varían según el método aplicado. Para su evaluación, se consideran bajo los criterios técnicos siguientes:

- La zona potencial de falla debe presentar tener una configuración geométrica que facilite el deslizamiento, asegurando que esta sea cinemáticamente viable dentro del análisis.
- Las fuerzas que actúan sobre la superficie de rotura pueden ser calculadas a partir de parámetros conocidos, como el peso específico del material y la presión del agua.
- La resistencia del material se moviliza simultáneamente en toda la extensión de la superficie de rotura.

A partir de estas condiciones, se establecen las ecuaciones de equilibrio que permiten contrastar las fuerzas desestabilizadoras con las fuerzas resistentes. Los análisis resultantes proporcionan el coeficiente de seguridad del talud, permitiendo determinar su estabilidad bajo un criterio de equilibrio límite. En otras palabras, el coeficiente de seguridad F representa el valor por el cual deben reducirse las fuerzas que oponen resistencia al deslizamiento —o aumentarse las fuerzas desestabilizadoras— hasta lograr un equilibrio exacto entre ambas (González de Vallejo, 2004).

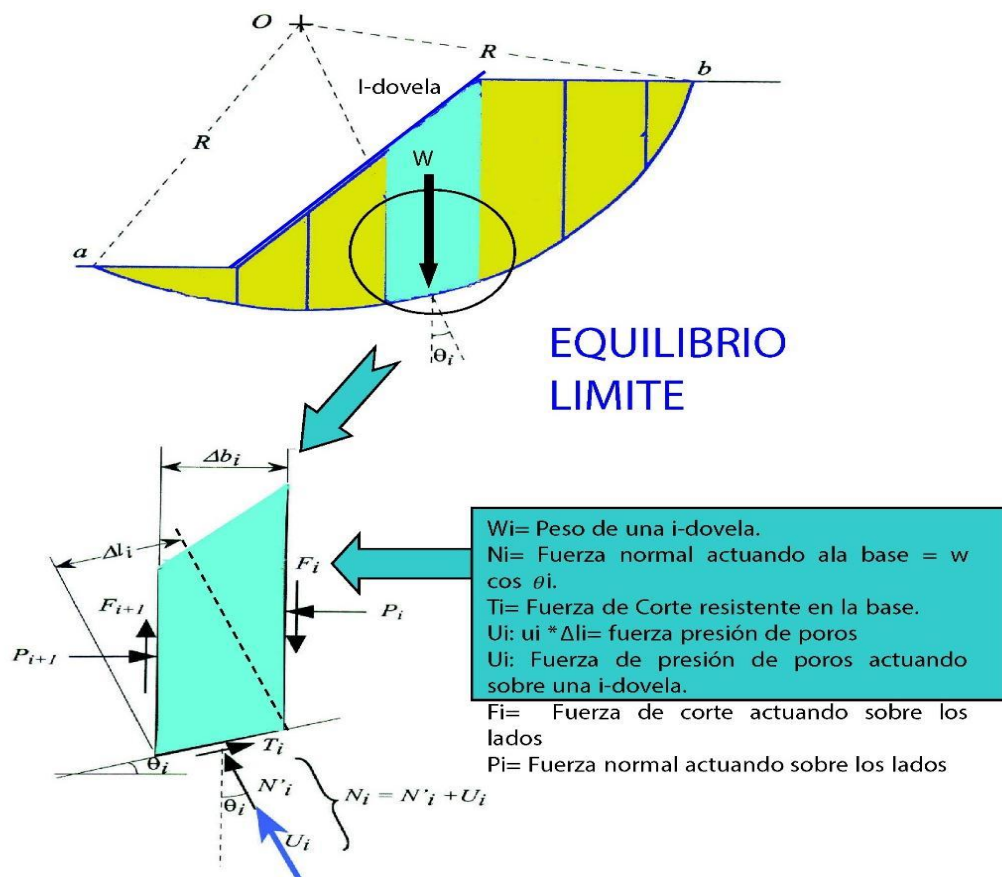
2.2.4.1.1. MÉTODO DE DOVELAS

En la mayoría de las técnicas empleadas para analizar fallas circulares o curvas, la porción superior del

talud se divide en secciones verticales. El número de estas divisiones estará determinado por la forma geométrica del talud y el grado de exactitud deseado en el estudio. Un mayor número de divisiones generalmente mejora la exactitud de los resultados. En estos procedimientos, se emplea el equilibrio de momentos respecto al centro de la circunferencia para cada una de las tajadas evaluadas.

Figura 7

Representación gráfica del enfoque basado en el equilibrio límite



Fuente: (Luis Paredes, 2010)

Cada segmento o dovela de la masa inestable debe mantener un balance de fuerzas, tanto individualmente como en conjunto con el resto del volumen deslizando. Algunos enfoques de análisis toman en cuenta únicamente el equilibrio de fuerzas, mientras que otros se enfocan en el balance de momentos y

equilibrio de momentos, mientras que algunos abordan ambos criterios simultáneamente. Dentro del Método de Equilibrio Límite, se establecen las siguientes hipótesis:

- El comportamiento del suelo se rige por el modelo de resistencia al corte de Mohr-Coulomb, expresada como $\tau = c + \sigma n' \tan (\phi')$, donde la capacidad resistente se activa de manera uniforme en toda la extensión de la zona donde ocurre el deslizamiento.
- El Factor de Seguridad (FS) se mantiene constante tanto para la componente cohesiva como para la friccionante del material, aplicándose de forma homogénea a la totalidad de los materiales del terreno involucrados en la zona de falla, así como a cada una de las dovelas empleadas en el análisis.

Tabla 7

Métodos de análisis de estabilidad de taludes

Método	Superficies de falla	Equilibrio	Características
Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1927)	Circulares	De fuerzas	No considera las interacciones entre las dovelas, por lo que no cumple con el equilibrio de fuerzas en la masa analizada como para dovelas individuales. Se registran valores reducidos del coeficiente de seguridad.
Bishop simplificado (Bishop 1955)	Circulares	De momentos	Asume que las fuerzas cortantes entre dovelas son nulas, lo que simplifica el cálculo y reduce la cantidad de variables desconocidas involucradas.
Janbú Simplificado (Janbú 1968)	Cualquier forma de superficie de falla.	De fuerzas	Al igual que el método de Bishop, parte de la premisa de que no existen fuerzas cortantes entre dovelas, lo que generalmente conduce a niveles de seguridad estructural inferiores.
Sueco Modificado. U.S. Army Corps of Engineers (1970)	Cualquier forma de superficie de falla.	De fuerzas	Se asume que las fuerzas desarrolladas siguen la orientación del perfil del terreno, lo que suele resultar en factores de seguridad elevados.
Lowe y Karafiath (1960)	Cualquier forma de superficie de falla.	De fuerzas	Es considerado el método más preciso dentro del análisis correspondientes al análisis del balance de fuerzas.

Spencer (1967)	Cualquier forma de superficie de falla.	Momentos y fuerzas	Se plantea un equilibrio estático considerando que la fuerza resultante entre las secciones mantiene una pendiente fija, aunque no determinada previamente.
Morgenstern y Price (1965)	Cualquier forma de superficie de falla.	Momentos y fuerzas	Presenta similitudes con similar al enfoque de Spencer, pero con la particularidad de que la dirección de la resultante entre las dovelas varía de acuerdo con una función definida libremente.
Sarma (1973)	Cualquier configuración geométrica de superficie de falla.	Momentos y fuerzas	Permite establecer una relación entre el coeficiente sísmico y el factor de seguridad, facilitando el análisis de estabilidad en condiciones sísmicas.
Elementos finitos	Cualquier forma de superficie de falla.	Analiza esfuerzos y deformaciones.	Cumple con todas las condiciones de esfuerzo, proporcionando valores de esfuerzos y deformaciones en los nodos de los elementos analizados, aunque no genera un factor de seguridad específico.
Espiral logarítmica	Espiral Logarítmica	Momentos y fuerzas	Existen múltiples métodos, cada uno con distintas condiciones de equilibrio aplicadas en el análisis de estabilidad.

Fuente: (Suárez, 2007)

- **Factor de Seguridad**

El factor de seguridad se emplea en ingeniería para evaluar el nivel de riesgo que puede generar la falla de un talud bajo las condiciones más críticas consideradas en su diseño. Fellenius (1922) presentó el factor de seguridad como la relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de una superficie supuesta de posible falla:

$$F.S = \frac{\text{Resistencia al corte}}{\text{Esfuerzo al cortante}}$$

En las superficies circulares donde existe un centro de giro y momentos resistentes y actuantes:

$$F.S = \frac{\text{Momento resistente}}{\text{Momento actuante}}$$

2.3. DEFINICIONES DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Estabilidad:** Estado en el cual una ladera o talud mantiene su equilibrio sin presentar desplazamientos ni fallas estructurales (GEMMA, 2007).
- **Factor de seguridad:** Se entiende como la capacidad total del macizo rocoso para soportar acciones externas sin experimentar alteraciones permanentes en su conformación estructural (González de Vallejo, 2004).
- **Factores geológicos:** Incluyen la disposición de los estratos, la composición litológica y las formaciones estructurales presentes en el talud (González de Vallejo, 2004).
- **Factores geométricos:** Influyen directamente en la configuración geométrica del talud, específicamente en su pendiente y elevación (González de Vallejo, 2004).
- **Factores geomecánicos:** Definen las respuestas estructurales del suelo ante esfuerzos externos (González de Vallejo, 2004).
- **Macizo rocoso:** Corresponde a la asociación entre la roca matriz y sus discontinuidades, las cuales generan un medio geológico con características mecánicas no continuas, direccionales y variadas (González de Vallejo, 2004).
- **Roca:** Material natural constituido por partículas minerales unidas por enlaces cohesivos sólidos (GEMMA, 2007).
- **Talud:** Plano inclinado generado de manera artificial como resultado de una excavación en una ladera natural (GEMMA, 2007).
- **Zanja de Coronación:** Son canales en la parte alta de un talud que son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas de lluvias, evitando su paso por el talud (GEMMA, 2007).
- **Nivel freático:** Distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua medida debajo de la cabeza (GEMMA, 2007).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

HG: Desarrollar medidas estructurales que permiten la estabilización de taludes en las Faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

HE1: La correcta elección de estaciones geomecánicas facilitan la determinación de las medidas estructurales en las Faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024.

HE2: El análisis permite la estabilización de taludes considerando el factor de seguridad en las Faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024.

HE3: Dimensionar las medidas estructurales considerando el factor de seguridad que permiten la estabilización de taludes en las Faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

X= Medidas estructurales

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Y=F(X)= Estabilización de taludes

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 8

Operacionalización de Variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO
Medidas estructurales	– Dimensionamiento de las medidas estructurales	– m, m2, m3, ha	– Mediciones de campo.
	– Levantamiento topográfico	– rad, s, min	– Estación total.
	– Cartografía	– kg/m3	– Nivel topográfico.
	– Propiedades físicas del suelo	– °C	– GPS
	– Propiedades químicas del suelo	– Kg/cm2	– Software de SIG (Sistemas de Información Geográfica).
	– Propiedades mecánicas del suelo	– Pulg	– Norma E050 “Suelos y Edificaciones”.
			– ASTM. AASHTO, SUCS y MTC.
			– Análisis Laboratorio.
			– Herramientas Microsoft Office.
VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO
Estabilización de taludes	– Factor de seguridad	– FS	– Norma E050: Suelos y Edificaciones.
			– Software Microsoft Excel.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

La presente investigación adoptará un enfoque cuantitativo, ya que se compondrá de una serie de procesos que son secuenciales y probatorios. Cada etapa deberá seguir a la anterior, sin poder omitir ningún paso. Aunque el orden es estricto, existe la posibilidad de modificar alguna fase del proceso si las condiciones lo requieren. Se comenzará con una idea que se va concretando; una vez delimitada, se derivarán los objetivos y preguntas de investigación, se revisará la literatura y se establecerá un marco teórico. A partir de las preguntas se formularán hipótesis y se definirán variables; luego, se elabora un plan para comprobarlas (diseño); se realizan mediciones de las variables en un contexto específico; se analizan los datos obtenidos utilizando métodos estadísticos, y finalmente se extraen conclusiones sobre las hipótesis planteadas. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Hernández (2014), establece que el nivel explicativo no solo se enfoca en la descripción de los hechos, sino que busca identificar las causas y el origen de los fenómenos físicos. En este sentido, la investigación se clasifica dentro del nivel explicativo porque nos dejara un patrón para poder determinar medidas estructurales y formular hipótesis que orienten futuras investigaciones.

3.1.3. DISEÑO

Investigación no experimental: Estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los

fenómenos en su ambiente natural para analizarlos (Hernández et al., 2014).

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población, según Hernández et al. (2010), se define como el conjunto de todas las instancias que cumplen con los criterios especificados.

La población estará constituida por el total de taludes de la parte alta del sector 4, Amarilis, Huánuco, 2024.

3.2.2. MUESTRA

La selección de la muestra se realizó mediante un método no probabilístico, esto por el alcance del estudio. Teniendo en cuenta que según (Hernández y Mendoza, 2018), en el muestreo no probabilístico, la selección de los participantes no se basa en criterios aleatorios, sino en condiciones específicas vinculadas al enfoque del estudio (p. 200).

Como parte de la muestra el trabajo se enfocó en las 23 estaciones ubicadas en los taludes de la parte alta del sector 4, ubicado en las laderas, dentro del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PROCEDIMIENTOS

- Paso 1: Revisión bibliográfica.
- Paso 2: Interpretación del levantamiento topográfico.
- Paso 3: Obtención de datos a través de formularios técnicos enfocados en parámetros geomecánicos.
- Paso 4: Pruebas realizadas directamente en el terreno para evaluar el comportamiento mecánico de las formaciones geológicas.
- Paso 5: Procesamiento y análisis de características geomecánicas utilizando la herramienta RocData.

- Paso 6: Evaluación técnica apoyada en los programas especializados Dips, RocPlane y Slide para interpretar condiciones de estabilidad.
- Paso 7: Elaboración de cuadros para presentar los resultados obtenidos.

3.3.2. INSTRUMENTOS Y MATERIALES

- Para el desarrollo del trabajo de campo, se utilizaron herramientas básicas de medición, registro y observación directa, las cuales permitieron recopilar información georreferenciada, realizar evaluaciones estructurales del terreno, registrar datos en sitio y capturar evidencia visual necesaria para el análisis geomecánico posterior.

3.3.3. SOFTWARES

- Durante el procesamiento, análisis y presentación de la información recolectada, se emplean diversas herramientas digitales especializadas en sistemas de información geográfica, modelamiento geotécnico, diseño asistido por computadora y procesamiento de datos, las cuales facilitan la evaluación gráfica, estructural y estadística del proyecto.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.4.1. PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

Se desarrolló un esquema técnico cuadro para recolectar los datos de campo, para posteriormente procesarlo, con el propósito de contribuir en la toma de decisiones en la mejora de acciones.

3.4.2. PARA PRESENTACIÓN DE DATOS

Se emplearon tablas mediante el software de Microsoft Excel para presentar los datos de manera organizada y visualmente comprensible.

3.4.3. PARA ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Para realizar un análisis e interpretación detallados de los datos, se utilizó el software Microsoft Excel. La confiabilidad de un instrumento de medición se relaciona con la consistencia de los resultados obtenidos al aplicarlo repetidamente a la misma persona u objeto. Esto se puede verificar mediante un análisis comparativo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO EN CAMPO

- Se lleva a cabo una compilación y estudio una revisión conceptual vinculadas con la problemática investigada, con el fin de establecer los parámetros que deben ser registrados durante el trabajo de campo.
- Mediante herramientas de observación satelital se reconocieron las zonas con formaciones inclinadas que presentan interés para el análisis.
- La elaboración de planos fundamentales de ubicación y geológicos, incorporando la información recopilada tomada.
- A partir del modelo digital del terreno se generaron representaciones cartográficas de relieve y gradientes del área evaluada.

Tabla 9

Clasificación de las inclinaciones del terreno dentro de la zona de estudio

Pendientes (°)	Terreno	Área (Has)	Porcentaje (%)
<1	Llano	1.05	0.80%
1-5	Terreno con inclinación leve	3.54	2.69%
5-15	Zona con gradiente intermedio	37.24	28.26%
15-25	Pendiente fuerte	33.51	25.43%
25-45	Pendiente escarpada	52.84	40.10%
>45	Terrenos muy escarpados	3.58	2.72%

4.1.2. RECOLECCIÓN DE DATOS EN CAMPO

A continuación, se describen las formaciones litoestratigráficas identificadas en el sector analizado mediante trabajo de campo y análisis cartográfico:

Tabla 10

Organización espacial de las distintas formaciones geológicas presentes en el cerro San Cristóbal

Formación geológica	Código gráfico asignado	Superficie total en hectáreas	Proporción relativa respecto al total del área evaluada
Depósito Fluvial	Qh-fl	26.25	19.92%
Depósito Deluvial	Qh-de	8.32	6.31%
Depósito Coluvial	Qh-co	9.92	7.53%
Depósito Aluvial	Qh-al	13.68	10.38%
Fm. Huánuco	Ks-hco	73.59	55.85%

- **Formación Huánuco (ks-hco):** Aflora en la progresiva 0+080 al 0+120, presenta una composición litológica homogénea, dispuesta en estratos de espesor intermedio, los cuales se compone de una caliza de grano fino y alta pureza, con tonalidad marrón claro que, al exponerse a la intemperie, adquiere matices blanquecinos o grisáceos.

Figura 8

Rocas calizas con marcada estratificación, pertenecientes a la unidad geológica denominada Huánuco



- **Depósitos Cuaternarios:** Los taludes evaluados se ubicaron sobre depósitos geológicos recientes, como coluviales, aluviales, deluviales y fluviales, caracterizados por una mezcla de gravas, arenas y limos embebidos en una matriz de arcilla.

Figura 9

Depósitos cuaternarios coluviales



4.1.3. TRATAMIENTO DE DATOS

4.1.3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTACIONES GEOMECÁNICAS.

En las faldas del Cerro San Cristóbal se registraron un total de 23 estaciones, donde se identificaron taludes compuestos por macizos rocosos, suelos, combinaciones de suelo con roca y estructuras de contención; dicha información se resume en la tabla correspondiente 11:

Tabla 11

Puntos de observación registrados en las faldas del cerro San Cristóbal

Estación (N°)	Coordenadas UTM-WGS84			Tipo de Material
	Este	Norte	Cota	
1	364885.68	8901049.65	2051.25	Suelos - Macizo Rocosos
2	364886.90	8901043.44	2051.85	Macizo Rocosos
3	364883.28	8901041.82	2050.01	Suelos - Macizo Rocosos
4	364863.45	8901039.24	2042.25	Suelos - Macizo Rocosos
5	364862.58	8901031.27	2042.41	Macizo Rocosos
6	364847.27	8901023.21	2038.78	Suelos
7	364848.23	8901028.53	2038.02	Suelos
8	364843.01	8901018.54	2037.66	Macizo Rocosos

9	364836.44	8901015.07	2035.14	Suelos - Macizo Rocos
10	364818.02	8901007.29	2030.48	Macizo Rocos
11	364825.70	8901010.10	232.29	Macizo Rocos
12	364814.24	8901008.12	2026.19	Suelos - Macizo Rocos
13	364801.47	8901008.12	2026.19	Macizo Rocos
14	364809.95	8901012.23	2028.64	Suelos
15	364789.48	8901004.69	2023.26	Suelos
16	364785.40	8900989.79	2022.54	Macizo Rocos
17	364776.34	8900984.44	2020.33	Suelos - Macizo Rocos
18	364768.56	8900977.29	2017.23	Suelos - Macizo Rocos
19	364752.68	8900980.47	2011.08	Suelos - Macizo Rocos
20	364761.63	8901005.71	2016.45	Macizo Rocos
21	364770.42	8901004.47	2018.74	Macizo Rocos
22	364797.08	8901006.87	2025.36	Suelos
23	364802.84	8900999.73	2026.25	Suelos

Tabla 12

Estación N°01

Configuración geométrica del talud				Caracterización técnica
Altura (m)	28			El talud está compuesto por sedimentos deluviales, correspondientes a suelos del tipo CH —arcillas inorgánicas con alta plasticidad— junto con formaciones calizas pertenecientes a la unidad geológica respectiva.
Pie (m)	8			
Dirección	Pie	Talud	Cabeza	
Azimut (Z)	0	300	300	
Dip	0	75	38	



Tabla 13

Estación N°02

Geometría del talud				Análisis descriptivo
Altura (m)			25	El macizo rocoso correspondiente a la formación Huánuco se caracteriza por calizas con buena estratificación y un índice GSI estimado en 70.
Pie (m)			9	
Dirección	Pie	Talud	Cabeza	
Azimut (Z)	0	300	300	
Dip	0	75	36	



Tabla 14

Estación N°03

Geometría del talud				Resumen geológico-técnico
Altura (m)			25	La composición del talud incluye materiales fluviales clasificados como suelos GW —gravas bien graduadas con presencia de arena y escasa cantidad de finos— además de calizas pertenecientes a una unidad geológica determinada.
Pie (m)			5	
Dirección	Pie	Talud	Cabeza	
Azimut (Z)	0	280	280	
Dip	0	72	36	



Tabla 15

Estación N°04

Configuración geométrica del talud.				Descripción
Altura (m)		20		El cuerpo del talud está constituido por sedimentos deluviales y calizas con bajo grado de alteración superficial, vinculadas a la formación correspondiente.
Pie (m)		10		
Dirección	Pie	Talud	Cabeza	
Azimut (Z)	0	290	290	
Dip	0	65	38	



Tabla 16

Estación N°05

Geometría del talud				Información geotécnica detallada
Altura (m)		30		El diseño aplicado al talud, construido sobre calizas pertenecientes a la formación Huánuco, evidencia un claro mecanismo de falla planar.
Pie (m)		20		
Dirección	Pie	Talud	Cabeza	
Azimut (Z)	0	310	-	
Dip	0	55	-	



Tabla 17

Estación N°06

Configuración estructural del talud				Descripción
Altura (m)		20		El material coluvial identificado corresponde a suelos clasificados como GP - GC, es decir, gravas con distribución deficiente, mezcladas con fracciones arcillosas y arenosas.
Pie (m)		5		
Dirección	Pie	Talud	Cabeza	
Azimut (Z)	0	240	240	
Dip	0	72	40	



Tabla 18

Estación N°07

Geometría del talud				Caracterización general del sector
Altura (m)		15		Se observan depósitos coluviales formados por gravas poco uniformes, asociadas a componentes finos como arcilla y arena, clasificadas como GP - GC.
Pie (m)		5		
Dirección	Pie	Talud	Cabeza	
Azimut (Z)	0	210	210	
Dip	0	78	40	



Tabla 19

Estación N°08

Morfología del talud evaluado				Descripción
Altura (m)		25		El macizo rocoso perteneciente a la formación Huánuco se compone de calizas con estratificación marcada, con señales visibles de fractura, y presenta un índice GSI de 75.
Pie (m)		15		
Dirección	Pie	Talud	Cabeza	
Azimut (Z)	0	280	280	
Dip	0	75	35	



Tabla 20

Estación N°09

Geometría del talud				Descripción
Altura (m)		15		La composición del talud incluye materiales deluviales clasificados como CH —arcillas inorgánicas altamente plásticas— junto con calizas de la formación Huánuco.
Pie (m)		5		
Dirección	Pie	Talud	Cabeza	
Azimut (Z)	0	250	250	
Dip	0	58	40	



Tabla 21

Estación N°10

Geometría del talud				Descripción
Altura (m)		24		El cuerpo rocoso exhibe calizas de tipo micrítico y esparítico, correspondientes a la unidad geológica Huánuco.
Pie (m)		6		
Dirección	Pie	Talud	Cabeza	
Azimut (Z)	0	295	295	
Dip	0	72	38	



Tabla 22

Estación N°11

Geometría del talud				Descripción
Altura (m)		30		En el macizo rocoso de la formación Huánuco se identificaron calizas con buena estratificación y un valor GSI estimado en 75.
Pie (m)		10		
Dirección	Pie	Talud	Cabeza	
Azimut (Z)	0	305	305	
Dip	0	72	37	



Tabla 23

Estación N°12

Geometría del talud				Descripción
Altura (m)			20	El talud está compuesto por sedimentos deluviales del tipo CH, derivados de procesos propios de la formación Huánuco.
Pie (m)			8	
Dirección	Pie	Talud	Cabeza	
Azimut (Z)	0	295	295	
Dip	0	78	40	



Tabla 24

Estación N°13

Geometría del talud				Descripción
Altura (m)			25	Estructura rocosa de composición uniforme, conformada por calizas esparíticas pertenecientes a la formación Huánuco.
Pie (m)			5	
Dirección	Pie	Talud	Cabeza	
Azimut (Z)	0	280	280	
Dip	0	70	35	



Tabla 25

Estación N°14

Geometría del talud				Descripción
Altura (m)			15	Los depósitos coluviales identificados se clasifican como suelos tipo GP - GC, compuestos por gravas de distribución deficiente, con presencia de arcilla y arena en su mezcla.
Pie (m)			5	
Dirección	Pie	Talud	Cabeza	
Azimut (Z)	0	200	200	
Dip	0	75	35	

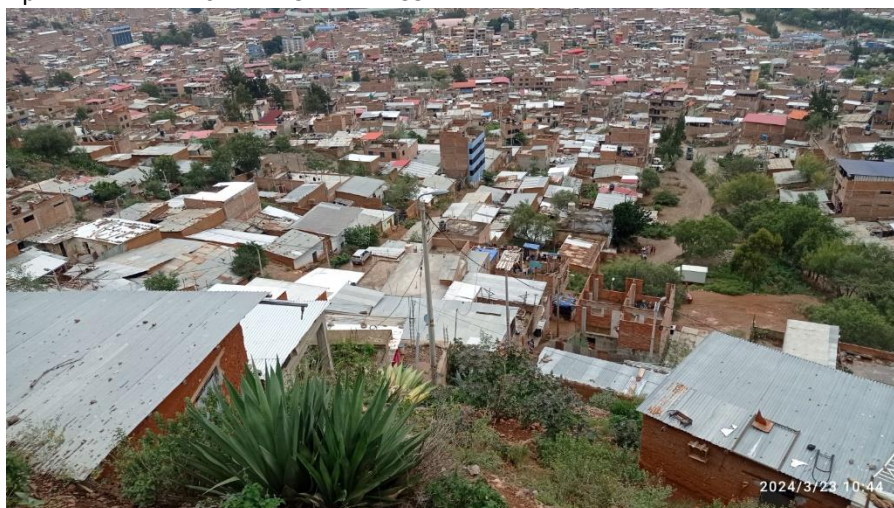


Tabla 26

Estación N°15

Geometría del talud				Descripción
Altura (m)			20	Se trata de sedimentos coluviales formados por gravas clasificadas como GP - GC, es decir, materiales mal graduados con contenido de finos, incluyendo arenas y arcillas.
Pie (m)			5	
Dirección	Pie	Talud	Cabeza	
Azimut (Z)	0	220	220	
Dip	0	77	40	



Tabla 27*Estación N°16*

Geometría del talud				Descripción
Altura (m)		30		El macizo rocoso asociado a la formación Huánuco contiene calizas con estratificación definida y un Índice de Calidad Geomecánica (GSI) valorado en 70.
Pie (m)		8		
Dirección	Pie	Talud	Cabeza	
Azimut (Z)	0	295	295	
Dip	0	72	37	

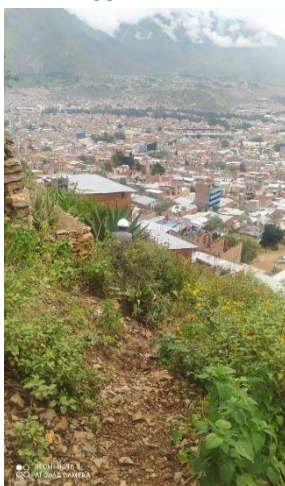
**Tabla 28***Estación N°17*

Geometría del talud				Descripción
Altura (m)		24		El talud está compuesto por sedimentos de origen fluvial, correspondientes a suelos GW — gravas bien distribuidas con contenido limitado de finos y arenas— junto con calizas pertenecientes a la formación Huánuco.
Pie (m)		6		
Dirección	Pie	Talud	Cabeza	
Azimut (Z)	0	275	275	
Dip	0	70	38	



Tabla 29*Estación N°18*

Geometría del talud				Descripción
Altura (m)		22		La estructura del talud se compone de materiales deluviales, clasificados como CH por su alto grado de plasticidad, en combinación con calizas propias de la formación Huánuco.
Pie (m)		8		
Dirección	Pie	Talud	Cabeza	
Azimut (Z)	0	220	220	
Dip	0	75	35	

**Tabla 30***Estación N°19*

Geometría del talud				Descripción
Altura (m)		35		El talud está constituido por sedimentos deluviales clasificados como suelos CH —arcillas inorgánicas con elevado grado de plasticidad— combinados con calizas pertenecientes a la formación Huánuco.
Pie (m)		7		
Dirección	Pie	Talud	Cabeza	
Azimut (Z)	0	210	210	
Dip	0	72	38	



Tabla 31*Estación N°20*

Geometría del talud				Descripción
Altura (m)			35	Macizo rocoso de la formación Huánuco, presenta calizas bien estratificadas con un GSI=75
Pie (m)			5	
Dirección	Pie	Talud	Cabeza	
Azimut (Z)	0	300	300	
Dip	0	75	38	

**Tabla 32***Estación N°21*

Geometría del talud				Descripción
Altura (m)			38	El macizo rocoso correspondiente a la unidad geológica Huánuco está compuesto por calizas con estratificación definida y un índice GSI estimado en 70.
Pie (m)			10	
Dirección	Pie	Talud	Cabeza	
Azimut (Z)	0	285	285	
Dip	0	74	39	



Tabla 33*Estación N°22*

Geometría del talud				Descripción
Altura (m)			24	En los depósitos coluviales se identifican suelos del tipo GP - GC, caracterizados por gravas de distribución discontinua, acompañadas de arcillas y arenas.
Pie (m)			5	
Dirección	Pie	Talud	Cabeza	
Azimut (Z)	0	230	230	
Dip	0	70	35	

**Tabla 34***Estación N°23*

Geometría del talud				Descripción
Altura (m)			20	Se observa la presencia de sedimentos coluviales con suelos clasificados como GP - GC, compuestos por gravas con mala distribución granulométrica y componentes finos como arcilla y arena.
Pie (m)			10	
Dirección	Pie	Talud	Cabeza	
Azimut (Z)	0	250	250	
Dip	0	78	40	



4.1.4. PROPIEDADES GEOMECÁNICAS

Con un modelo digital con una resolución de 30 metros, se generaron curvas de nivel con equidistancia de un metro, las cuales fueron procesadas para construir una superficie digital y obtener los perfiles topográficos, considerando la presencia de elementos como vías y sistemas de drenaje en el área modelada.

Tabla 35

Localización geográfica y características técnicas de los perfiles generados en los puntos de evaluación

Perfil	Longitud (m)	Coordenadas UTM-WGS84			Tipo de Material
		Punto	Este	Norte	
1-1'	100.00	1	364885.68	8901049.65	Suelo - Roca
		1'	364958.65	8901094.16	
2-2'	100.00	2	364886.90	8901043.44	Cuerpo rocoso que presenta una superficie de rotura plana
		2'	364959.88	8901087.95	
3-3'	100.00	3	364883.28	8901041.82	Suelo - Roca
		3'	364956.25	8901086.33	
4-4'	100.00	4	364863.45	8901039.24	Suelo - Roca
		4'	364936.42	8901083.75	
5-5'	100.00	5	364862.58	8901031.27	Estructura rocosa con deslizamiento plano claramente identificable
		5'	364935.55	8901075.78	
6-6'	100.00	6	364847.27	8901023.21	Suelos
		6'	364920.24	8901067.72	
7-7'	100.00	7	364848.23	8901028.53	Suelos
		7'	364921.20	8901073.04	
8-8'	100.00	8	364843.01	8901018.54	Macizo Rocosos con falla planar evidente
		8'	364915.97	8901063.05	
9-9'	100.00	9	364836.44	8901015.07	Suelo - Roca
		9'	364909.41	8901059.58	
10-10'	100.00	10	364818.02	8901007.29	Formación rocosa con presencia notoria de un plano de falla activo
		10'	364890.98	8901051.80	
11-11'	100.00	11	364825.70	8901010.10	Unidad geológica rocosa que exhibe de forma clara una discontinuidad plana asociada a inestabilidad
		11'	364898.67	8901054.61	
12-12'	100.00	12	364814.24	8901008.12	Suelo - Roca
		12'	364887.20	8901052.63	
13-13'	100.00	13	364801.47	8901008.12	Masa rocosa de composición uniforme y sin variaciones estructurales significativas
		13'	364874.43	8901052.63	
14-14'	100.00	14	364809.95	8901012.23	Suelos

		14'	364882.91	8901056.74	
		15	364789.48	8901004.69	
15-15'	100.00	15'	364862.43	8901049.20	Suelos
		16	364785.40	8900989.79	Macizo Rocosos sin falla planar evidente
16-16'	100.00	16'	364858.35	8901034.29	
		17	364776.34	8900984.44	
17-17'	100.00	17'	364849.29	8901028.94	Suelo - Roca
		18	364768.56	8900977.29	
18-18'	100.00	18'	364841.51	8901021.79	Suelo - Roca
		19	364752.68	8900980.47	
19-19'	100.00	19'	364825.63	8901024.97	Suelo - Roca
		20	364761.63	8901005.71	Macizo Rocosos sin falla planar evidente
20-20'	100.00	20'	364834.58	8901050.22	
		21	364770.42	8901004.47	Macizo Rocosos sin falla planar evidente
21-21'	100.00	21'	364843.38	8901048.98	
		22	364797.08	8901006.87	
22-22'	100.00	22'	364870.03	8901051.38	Suelos
		23	364802.84	8900999.73	
23-23'	100.00	23'	364875.80	8901044.23	Suelos

Se registró la composición basal de los materiales geológicos presentes en los taludes analizados en campo, se procesa en el software RocData v5 para obtener las propiedades geomecánicas.

La clasificación de los materiales geológicos observados en los taludes, obtenida a partir del levantamiento geológico-geotécnico en campo, sirvió como base para el procesamiento y análisis de propiedades, identificando cuatro grupos principales: cuerpos rocosos, suelos, planos de discontinuidad y estructuras de contención.

Tabla 36

Aplicación del criterio de Hoek-Brown en la caracterización de macizos rocosos

Propiedad	Parámetro	Unidad	Unidad Geológica
			Ks-hco
Clasificación Hoek-Brown	sigci	Mpa	78
	GSI	-	70
	mi	-	10
	D	-	0.7
	Ei	Mpa	52500
	MR	-	700
Criterio Hoek-Brown	mb	-	1.92367
	s	-	0.0129349
	a	-	0.501355

	Aplicación	-	Taludes
Rango de envoltura de rotura	sig3max	Mpa	1.10564
	Peso específico	MN/m3	0.0246
	Peso específico saturado	MN/m3	0.0262
	Altura promedio	m	50
Ajuste Mohr-Coulumbo	c	Mpa	1.34016
	phi	degrees	52.2396
	sigt	Mpa	-0.504306
Parámetros del Macizo Rocoso	sigc	Mpa	8.47977
	sigcm	Mpa	15.0879
	Erm	Mpa	17724.8
Tipo de material	Mogi	-	Frágil

Tabla 37

Criterio de Mohr-Coulomb aplicado a la clasificación de suelos

Propiedad	Parámetro	Unidad	Qh-co	Qh-de	Qh-fl
Tipo de Depósito	-	-	Coluvial	Deluvial	Fluvial
Tipo de suelo	SUCS	-	GP-GC	CH	GW
Peso específico	Seco	KN/m3	21	15.5	20
	Saturado	KN/m3	24	20.5	22
	Cohesión	kPa	12	16	24
	Ángulo de fricción	grados	37	21	38
Criterio de Mohr - Coulomb	Resistencia tensional	kPa	0	0	0
	Resistencia a la compresión uniaxial	kPa	50.3685	45.6852	108.357
	alpha	grados	77.158	66.5475	78.7518
Tipo de material	Mogi	-	Frágil	Dúctil	Frágil

Tabla 38

En el caso de las discontinuidades, se adoptó el enfoque de Barton-Bandis

Propiedad	Parámetros	Unidad	Ks-hco disct
Tipo de discontinuidad	-	-	Estrato
Criterio de Barton-Bandis	Parámetro que representa la fricción intrínseca	grados	37
	Coefficiente de rugosidad JRC	-	14

Rango de envoltura de rotura	Valor asociado a la capacidad de soporte de una junta rocosa	Mpa	74
	Aplicación	-	Taludes
	sig3max	Mpa	2.474
	Peso específico del material	MN/m3	0.024
	Valor medio de la dimensión vertical evaluada en los perfiles de talud	m	49
Ajuste Mohr-Coulomb	c	MPa	0.800958
	phi	grados	55.1432
Tipo de material	Mogi	-	Frágil

Tabla 39

Análisis de muros de contención se aplicó la teoría de resistencia infinita

Propiedad	Parámetro	Unidad	M. Gravedad	M. Gaviones
Tipo de muro	-	-	Muro de Gravedad	Muro de Gaviones
Peso específico	Seco	KN/m3	23.5	22.5
	Saturado	KN/m3	24	24
Resistencia	T	Kpa	∞	∞

4.1.5. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

4.1.5.1. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Se ejecutaron tres enfoques analíticos diferenciados de acuerdo con la respuesta mecánica de los materiales, los cuales se describen en la tabla correspondiente.

Tabla 40

Tipología de los análisis en función del comportamiento estructural del macizo o del terreno evaluado

Tipo de Materiales	Perfiles	Metodología de Análisis	Software Utilizado
Cuerpo rocoso que no presenta indicios visibles de mecanismos de rotura o deslizamiento	16-16', 20-20', 21-21'	Estereográfico-Cinemático	Dips v7
Macizo rocoso con falla planar evidente	2-2', 5-5', 8-8', 10-10', 11-11'	Equilibrio límite (fallas planares)	RocPlane v3
Suelos	6-6', 7-7', 14-14', 15-15', 22-22', 23-23'	Equilibrio límite (fallas rotacionales-dovelas)	Slidev7
Suelos - Macizo Rocosos	1-1', 3-3', 4-4', 9-9', 12-12', 17-17', 18-18', 19-19'		
Macizo Rocosos homogéneo (GSI<60)	13-13'		

- Las herramientas digitales empleadas para el procesamiento de datos geotécnicos fueron utilizadas bajo licencias institucionales gestionadas a través de un convenio académico con la empresa desarrolladora.
- Para la evaluación cinemática se aplicó una proyección de tipo igual-ángulo, método recomendado para identificar mecanismos potenciales de inestabilidad en estructuras geológicas.
- En el estudio de estabilidad mediante modelos planos, se empleó un enfoque determinista orientado a la obtención del coeficiente de seguridad.
- En el análisis de estabilidad general, se consideraron parámetros específicos que influyen en el comportamiento del talud evaluado:
 - Se aplicaron esquemas analíticos que combinan el equilibrio de fuerzas y momentos, tales como los formulados por Morgenstern-Price, Spencer y Sarma.
 - El número de dovelas por superficie de análisis fue de 50, tolerancia de 0.005 y 75 máximas iteraciones

4.1.5.2. ESCENARIOS DE ANÁLISIS

Se desarrolló una evaluación de estabilidad de taludes bajo cinco escenarios distintos, los cuales se detallan en la tabla correspondiente.

Tabla 41

Descripción de escenarios para el análisis de taludes

Análisis	Escenario	Kh	Kv	Nivel Freático	Descripción
1	Natural	0	0	Ausente	Escenario con condiciones estáticas bajo régimen de drenaje efectivo del terreno
2	Condición de saturación parcial	0	0	Profundidad media del material crítico	Situación asociada a precipitaciones de alta intensidad que generan saturación parcial del suelo
3	Estado de saturación total	0	0	Superficie del terreno	Escenario extremo vinculado a precipitaciones excepcionales que inducen una saturación

					significativa y reducción de resistencia en los materiales
4	Máxima actividad sísmica considerada	0.188	0.094	Ausente	Condición sísmica crítica basada en las aceleraciones máximas estimadas para el área de estudio
5	Combinación de sismicidad máxima y saturación parcial	0.188	0.094	Altura media del material crítico	Escenario compuesto que integra los efectos de precipitaciones intensas

- En todos los casos analizados se mantuvo una aceleración gravitacional constante de 9.81 m/s².
- El análisis bajo condiciones sísmicas máximas, utilizando el enfoque pseudo-estático, consideró los siguientes parámetros técnicos:
 - Clasificación del área en zona sísmica tipo 2 según normativa vigente.
 - Valor máximo de aceleración sísmica adoptado: 0.25 g.
 - Se empleó un coeficiente de amplificación topográfica de 1.2 para pendientes con alturas superiores a 30 metros.
 - Se consideró un perfil estratigráfico tipo B, con un valor de 1.25, correspondiente a suelos de buena capacidad o formaciones rocosas parcialmente alteradas.
 - El coeficiente horizontal de amplificación sísmica adoptado fue de 0.188.
 - El valor utilizado para el coeficiente vertical de zona sísmica fue de 0.094.
 - Para el software RocPlane se convirtió estos coeficientes a un vector:
 - ✓ Ángulo de la
 - ✓ Dirección de aplicación de la fuerza sísmica inclinada a 27 grados respecto a la horizontal
 - ✓ Magnitud de la fuerza sísmica considerada: 0.69 meganewtons por metro lineal

- La interpretación de los resultados se fundamenta en la clasificación por intervalos del coeficiente de seguridad establecidos por Hoek (2007).

Tabla 42

Límites relativos al nivel de estabilidad estructural evaluado mediante el factor de seguridad de Hoek (2007)

Factor de Seguridad	%
Inestable	<1.0
Estable relativo	1.0-1.3
Estable a corto plazo	1.3-1.5
Estable a largo plazo	>1.5

4.1.6. ANÁLISIS ESTEREOGRÁFICO - CINEMÁTICO

Los resultados del análisis indican que no existe riesgo de deslizamientos planares ni de volcamientos de tipo flexural; mientras que la posibilidad de falla por deslizamiento en cuña es mínima, y el volcamiento directo presenta una probabilidad baja de ocurrencia.

Tabla 43

Evaluación estructural mediante proyección estereográfica orientada al análisis cinemático

Perfil	Escenario	%
16-16'	Deslizamiento planar	0.000
	Deslizamiento en cuña	3.640
	Volcamiento flexural	0.000
	Volcamiento directo	16.360
20-20'	Deslizamiento planar	0.000
	Deslizamiento en cuña	3.280
	Volcamiento flexural	0.000
	Volcamiento directo	15.760
21-21'	Deslizamiento planar	0.000
	Deslizamiento en cuña	3.550
	Volcamiento flexural	0.000
	Volcamiento directo	16.040

4.1.7. ANÁLISIS DE EQUILIBRIO LÍMITE (DESLIZAMIENTOS PLANARES)

Las secciones evaluadas 2-2', 5-5', 8-8', 10-10', 11-11' (secciones que muestran un alto grado de susceptibilidad a fallas planas) se realizó el análisis aplicando la técnica basada en el principio de equilibrio límite para estimar condiciones de estabilidad en un modelo bidimensional

- A partir de los resultados, se interpreta lo siguiente:
 - Los sectores correspondientes a los perfiles 2-2' y 5-5' se consideran estables en la mayoría de escenarios, salvo en condiciones de saturación completa del terreno.
 - El segmento correspondiente al perfil 8-8' mantiene estabilidad únicamente bajo condiciones naturales o frente a eventos sísmicos, presentando inestabilidad en escenarios de saturación.
 - Se concluye que la estabilidad de los taludes depende de evitar estados de saturación en el terreno.

Tabla 44

Evaluación de estabilidad mediante el enfoque del equilibrio límite aplicado a fallas planas

Perfil	Escenario	Factor de Seguridad
2-2'	Estado Natural	3.360
	Nivel parcial de saturación	2.370
	Condición de máxima infiltración	0.000
	Estado de alta agitación sísmica	2.390
	Condición de máxima infiltración y Nivel parcial de saturación	1.640
5-5'	Estado Natural	3.920
	Nivel parcial de saturación	1.970
	Condición de máxima infiltración	0.000
	Estado de alta agitación sísmica	2.780
	Condición de máxima infiltración y Nivel parcial de saturación	1.350
8-8'	Estado Natural	4.400
	Nivel parcial de saturación	0.200
	Condición de máxima infiltración	0.000
	Estado de alta agitación sísmica	3.080
	Condición de máxima infiltración y Nivel parcial de saturación	0.080
10-10'	Estado Natural	2.960

	Nivel parcial de saturación	1.350
	Condición de máxima infiltración	0.000
	Estado de alta agitación sísmica	2.350
	Condición de máxima infiltración y Nivel parcial de saturación	1.540
11-11'	Estado Natural	2.540
	Nivel parcial de saturación	1.150
	Condición de máxima infiltración	0.000
	Estado de alta agitación sísmica	1.850
	Condición de máxima infiltración y Nivel parcial de saturación	0.980

4.1.8. ANÁLISIS DE EQUILIBRIO LÍMITE (DESLIZAMIENTOS ROTACIONALES)

Los perfiles que mostraron alta probabilidad de falla rotacional fueron evaluados utilizando un modelo bidimensional basado en equilibrio límite. Los resultados obtenidos se organizan de acuerdo con los materiales más representativos y críticos presentes en cada sección analizada.

- Secciones geotécnicas constituidas predominantemente por materiales del tipo suelo:

Los perfiles 6-6', 7-7', 14-14', 15-15', 22-22', 23-23' son estables solo en estado natural.

Tabla 45

Evaluación de estabilidad mediante el enfoque del equilibrio límite aplicado a posibles fallas rotacionales

Perfil	Escenario	Coeficiente de seguridad obtenido según el procedimiento de análisis utilizado			
		GLE/Morgenster- Price	Spencer	Sarma	Promedio
6-6'	Estado Natural	1.052	1.047	1.049	1.049
	Saturación Parcial	0.546	0.540	0.540	0.542
	Saturación Total	0.413	0.413	0.413	0.413
	sismicidad Máxima	0.779	0.777	0.776	0.777
	Sismicidad Máxima y Saturación Parcial	0.396	0.393	0.395	0.395
7-7'	Estado Natural	1.054	1.049	1.051	1.051
	Saturación Parcial	0.547	0.541	0.541	0.543
	Saturación Total	0.414	0.414	0.414	0.414
	sismicidad Máxima	0.781	0.779	0.778	0.779

14-14'	Sismicidad Máxima y Saturación Parcial	0.396	0.393	0.395	0.395
	Estado Natural	1.055	1.050	1.052	1.052
	Saturación Parcial	0.548	0.542	0.542	0.544
	Saturación Total	0.414	0.414	0.414	0.414
	Sismicidad Máxima	0.781	0.779	0.778	0.779
15-15'	Sismicidad Máxima y Saturación Parcial	0.397	0.394	0.396	0.396
	Estado Natural	1.056	1.051	1.053	1.053
	Saturación Parcial	0.548	0.542	0.542	0.544
	Saturación Total	0.415	0.415	0.415	0.415
	Sismicidad Máxima	0.782	0.780	0.779	0.780
22-22'	Sismicidad Máxima y Saturación Parcial	0.397	0.394	0.396	0.396
	Estado Natural	1.057	1.052	1.054	1.054
	Saturación Parcial	0.549	0.543	0.543	0.545
	Saturación Total	0.415	0.415	0.415	0.415
	Sismicidad Máxima	0.783	0.781	0.780	0.781
23-23'	Sismicidad Máxima y Saturación Parcial	0.398	0.395	0.397	0.397
	Estado Natural	1.058	1.053	1.055	1.055
	Saturación Parcial	0.549	0.543	0.543	0.545
	Nivel total de saturación	0.415	0.415	0.415	0.415
	Condición de sismicidad elevada	0.784	0.782	0.781	0.782
	Sismicidad Máxima y Saturación Parcial	0.398	0.395	0.397	0.397

- Perfiles conformados por suelos - macizos rocosos:
 - Las secciones evaluadas 1-1', 4-4', 9-9', 12-12', 18-18' y 19-19' presentan estabilidad sostenida en condiciones naturales; estabilidad relativa o temporal frente a saturación parcial y eventos sísmicos intensos; no obstante, se tornan inestables bajo saturación completa o cuando se combina la sismicidad con niveles de humedad elevados.
 - El perfil 3-3' y 17-17' únicamente son estables bajo condiciones no alteradas del terreno.

Tabla 46

Evaluación de estabilidad en perfiles con composición mixta de suelos y formaciones rocosas

Perfil	Escenario	Valor del coeficiente de seguridad calculado mediante el método seleccionado			
		GLE/Morgenster- Price	Spencer	Sarma	Promedio
1-1'	Estado Natural	1.646	1.649	1.645	1.647
	Saturación Parcial	1.352	1.349	1.345	1.349
	Nivel total de saturación	0.981	0.977	0.975	0.978
	Máxima intensidad sísmica registrada.	1.212	1.210	1.211	1.211
	Sismicidad Máxima y Saturación Parcial	0.991	0.988	0.987	0.989
3-3'	Estado Natural	1.033	1.033	1.035	1.034
	Fase de saturación incompleta	0.874	0.876	0.875	0.875
	Nivel total de saturación	0.618	0.619	0.619	0.619
	Máxima intensidad sísmica registrada.	0.894	0.893	0.897	0.895
	Sismicidad Máxima y Saturación Parcial	0.761	0.756	0.756	0.758
4-4'	Estado Natural	1.507	1.508	1.508	1.508
	Fase de saturación incompleta	1.259	1.258	1.255	1.257
	Nivel total de saturación	0.886	0.880	0.878	0.881
	Máxima intensidad sísmica registrada	1.102	1.095	1.097	1.098
	Sismicidad Máxima y Saturación Parcial	0.912	0.909	0.910	0.910
9-9'	Estado Natural	1.612	1.611	1.612	1.612
	Saturación Parcial	1.338	1.337	1.333	1.336
	Saturación Total	0.950	0.954	0.954	0.953
	Sismicidad Máxima	1.195	1.200	1.196	1.197
	Sismicidad Máxima y Saturación Parcial	0.998	0.996	0.991	0.995
12-12'	Estado Natural	1.647	1.650	1.646	1.648
	Saturación Parcial	1.354	1.351	1.347	1.351
	Nivel total de saturación	0.982	0.978	0.976	0.979
	Máxima intensidad sísmica registrada	1.213	1.211	1.212	1.212
	Sismicidad Máxima y Saturación Parcial	0.992	0.989	0.988	0.990
17-17'	Estado Natural	1.034	1.034	1.036	1.035
	Saturación Parcial	0.875	0.877	0.876	0.876
	Saturación Total	0.618	0.619	0.619	0.619
	Sismicidad Máxima	0.895	0.894	0.898	0.896

	Sismicidad Máxima y Saturación Parcial	0.762	0.757	0.757	0.759
18-18'	Estado Natural	1.508	1.509	1.509	1.509
	Saturación Parcial	1.261	1.260	1.257	1.259
	Saturación Total	0.887	0.881	0.879	0.882
	Sismicidad Máxima	1.103	1.096	1.098	1.099
	Sismicidad Máxima y Saturación Parcial	0.913	0.910	0.911	0.911
19-19'	Estado Natural	1.613	1.612	1.613	1.613
	Saturación Parcial	1.340	1.339	1.335	1.338
	Saturación Total	0.951	0.955	0.955	0.954
	Sismicidad Máxima	1.196	1.201	1.197	1.198
	Sismicidad Máxima y Saturación Parcial	0.999	0.997	0.992	0.996

- Secciones geotécnicas integradas por formaciones rocosas de composición uniforme:
 - El perfil 13-13' mantiene condiciones de estabilidad bajo cualquier escenario

Tabla 47

Evaluación de estabilidad realizada sobre perfiles compuestos principalmente

Perfil	Escenario	Valor obtenido del factor de seguridad según el enfoque metodológico aplicado			
		GLE/Morgenster- Price	Spencer	Sarma	Promedio
13-13'	Estado Natural	2.150	2.140	2.142	2.144
	Fase de saturación incompleta	1.443	1.422	1.441	1.435
	Estado de saturación completa	1.078	1.054	1.092	1.075
	Condición de sismicidad elevada	1.643	1.616	1.626	1.628
	Sismicidad Máxima y Saturación Parcial	1.099	1.057	1.095	1.084

4.2 PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

El análisis se realizó utilizando el método de equilibrio límite en un modelo bidimensional, se plantean estrategias de estabilización específicas: en casos de inestabilidad inducida por saturación se recomienda el diseño e instalación de zanjas de coronación, mientras que, si la inestabilidad se relaciona con actividad sísmica, se sugiere modificar la geometría del talud

como la reducción de su pendiente o incorporar elementos estructurales como muros de contención.

Tabla 48

Recomendaciones técnicas de intervención para taludes cuya condición de estabilidad es crítica (FS menor a 1.0)

Perfil	Tipo de Material	Escenario	Factor de Seguridad	Propuesta de Estabilización
1-1'	Suelo - Roca	Saturación Total	0.978	Establecer canales de coronación
		Sismicidad Máxima y Saturación Parcial	0.989	
2-2'	Macizo Rocosó con falla planar evidente	Saturación Total	0.000	Establecer canales de coronación
3-3'	Suelo - Roca	Condición de humedad parcial en el material	0.875	Se plantea construir un muro de gaviones o, alternativamente, rediseñar la pendiente del talud hasta interceptar el macizo rocoso estable subyacente.
		Estado de saturación completa del medio	0.619	
		Nivel máximo de actividad sísmica registrada	0.895	
		Escenario combinado de sismicidad máxima y saturación parcial	0.758	
4-4'	Suelo - Roca	Saturación Total	0.881	Establecer canales de coronación
		Escenario combinado de sismicidad máxima y saturación parcial	0.910	
5-5'	Macizo Rocosó con falla planar evidente	Saturación Total	0.000	Establecer canales de coronación
6-6'	Suelos	Condición de humedad parcial en el material	0.542	Implementar estructuras de gaviones en la zona pie del talud
		Estado de saturación completa	0.413	
		Sismicidad Máxima	0.777	
		Escenario combinado de sismicidad máxima y saturación parcial	0.395	
7-7'	Suelos	Condición de humedad parcial en el material	0.543	Instalar muros de gaviones en la base del talud para controlar procesos de desestabilización
		Estado de saturación completa del medio	0.414	
		Nivel máximo de actividad sísmica registrada	0.779	
		Escenario combinado de sismicidad máxima y saturación parcial	0.395	
8-8'	Macizo Rocosó con	Saturación Parcial	0.200	Disminuir la pendiente del talud
		Saturación Total	0.000	

		falla planar evidente	Sismicidad Máxima y Saturación Parcial	0.080	
			Saturación Total	0.953	
9-9'	Suelo - Roca		Sismicidad Máxima y Saturación Parcial	0.995	Establecer canales de coronación
10-10'	Macizo Rocosos con falla planar evidente		Saturación Total	0.000	Establecer canales de coronación
11-11'	Macizo Rocosos con falla planar evidente		Saturación Total	0.000	
		Escenario combinado de sismicidad máxima y saturación parcial	0.980		Disminuir la pendiente del talud
12-12'	Suelo - Roca		Saturación Total	0.979	
		Escenario combinado de sismicidad máxima y saturación parcial	0.990		Establecer canales de coronación
		Condición de humedad parcial en el material	0.544		Ubicar elementos de contención tipo gavión en la parte inferior del talud como medida de refuerzo estructural
14-14'	Suelos		Saturación Total	0.414	
		Nivel máximo de actividad sísmica registrada	0.779		
		Escenario combinado de sismicidad máxima y saturación parcial	0.396		
		Saturación Parcial	0.544		
15-15'	Suelos		Saturación Total	0.415	
		Simicidad Máxima	0.780		Establecer muros de gaviones en el pie del talud
		Sismicidad Máxima y Saturación Parcial	0.396		
		Condición de humedad parcial en el material	0.876		
		Estado de saturación completa	0.619		
		Simicidad Máxima	0.896		
17-17'	Suelo - Roca		Sismicidad Máxima y Saturación Parcial	0.759	Diseñar una solución que combine la colocación de un muro de gaviones o el ajuste de la geometría del talud para alcanzar una base rocosa con mayor estabilidad
18-18'	Suelo - Roca		Saturación Total	0.882	
		Sismicidad Máxima y Saturación Parcial	0.911		Establecer canales de coronación
19-19'	Suelo - Roca		Saturación Total	0.954	
		Sismicidad Máxima y Saturación Parcial	0.996		Establecer canales de coronación
22-22'	Suelos		Saturación Parcial	0.545	
		Saturación Total	0.415		Se recomienda la implementación de muros de gaviones
		Simicidad Máxima	0.781		

23-23'	Suelos	Sismicidad Máxima y Saturación Parcial	0.397	en el nivel inferior del talud como mecanismo de estabilización física.
		Saturación Parcial	0.545	
		Saturación Total	0.415	
		Simicidad Máxima	0.782	Establecer muros de gaviones en el pie del talud
		Sismicidad Máxima y Saturación Parcial	0.397	

4.3 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

HIPÓTESIS GENERAL PLANTEADA:

Desarrollar medidas estructurales permiten la estabilización de taludes en la parte alta del sector 4 – San Luis, en las Faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024.

PRUEBA DE HIPÓTESIS:

- a) Hipótesis Nula, (Ho):** Desarrollar medidas estructurales no permiten la estabilización de taludes en las faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024.
- b) Hipótesis Alterna, (Hi):** Desarrollar medidas estructurales permiten la estabilización de taludes en las faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024.

INTERPRETACIÓN:

Como observamos en la tabla 48 se muestran las propuestas de estabilización de taludes, que se plantean según la clasificación de las propiedades del terreno en la zona de estación analizada y el correspondiente.

Con los resultados obtenidos queda comprobado que desarrollando medidas estructurales se logra estabilizar los taludes de la parte alta del sector 4 - San Luis, ubicado en las laderas del Cerro San Cristóbal dentro del distrito de Amarilis, Huánuco, 2024.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS

Mediante la investigación se constató que la condición de equilibrio de los taludes en el área evaluada de la falda del cerro San Cristóbal está influenciada por variables geométricas como inclinaciones pronunciadas y bases reducidas, así como por condiciones geológicas la formación Huánuco se encontraba bastante fracturada y por la presencia significativa de sedimentos cuaternarios de tipo coluvial, deluvial y fluvial; además, desde el punto de vista geomecánico, la predominancia de materiales frágiles frente a los dúctiles contribuye a la inestabilidad general de los taludes.

Se contrasta los resultados de este estudio con otros como:

Según González et al. (2020). “Análisis comparativo de distintos métodos de determinación del Factor de Seguridad en el talud ubicado en la vía Tamarindo”. Se tiene que los FS, los resultados obtenidos a partir de ecuaciones específicas para cada método reflejan valores menores a la unidad, reflejando una condición de inestabilidad el factor de seguridad no alcanza el umbral aceptable. Esto se debe a que los métodos manuales presentan variaciones del 37% en Janbu, 32% en Fellenius y 31% en Bishop, en comparación con el promedio de los valores obtenidos mediante el software Slide. De manera similar, en este estudio se identificó que el uso de Slide proporciona estimaciones más precisas respecto al coeficiente de seguridad asociado a los taludes, lo que permitió determinar que 19 de las 23 estructuras analizadas requieren medidas de estabilización.

Según Quispe (2022). “Evaluación del factor de seguridad en taludes para la determinación del sistema de sostenimiento, carretera Huaypo Grande – Chinchero – Urubamba, Cusco 2021”, se concluyó que la implementación de banquetas es una estrategia efectiva para mejorar la estabilidad del terreno y minimizar el riesgo de deslizamientos, complementándose con muros de

contención como una alternativa viable. La investigación destaca que en las zonas críticas de la Carretera Huaypo Grande, el uso de banquetas o sistemas de terrazas permitió alcanzar un mayor factor de seguridad, a diferencia de nuestra investigación que recomienda el uso de una construcción de canales de coronación, instalación de muros de gaviones o ajuste de la geometría del talud.

CONCLUSIONES

- Los taludes de las faldas del cerro San Cristóbal presentan una geometría variada por lo que se obtuvieron las siguientes alternativas técnicas orientadas a mejorar la estabilidad del talud considerando el coeficiente que cuantifica el margen de estabilidad de la estructura inclinada calculado: establecer canales de coronación, se recomienda la instalación de estructuras de gaviones o la reconfiguración del talud hasta interceptar una base rocosa estable; alternativamente, reforzar la zona inferior mediante muros de gaviones para mejorar su comportamiento estructural, disminuir la pendiente del talud.
- Se determinaron 23 estaciones para el análisis de sus taludes considerando la topografía encontrada en la zona de estudio e identificando sus propiedades físicas del suelo para cada estación.
- Nuestro análisis correspondiente a las estructuras inclinadas del terreno considerando el índice que representa la estabilidad frente a posibles fallas nos muestra que los perfiles 1-1', 2-2', 3-3', 4-4', 5-5', 6-6', 7-7', 8-8', 9-9', 10-10', 11-11', 12-12', 14-14', 15-15', 17-17', 18-18', 19-19', 22-22' y 23-23' que son tramos escogidos para evaluarlos de manera independiente debido a sus características geotécnicas, tienen un factor de seguridad menor a 1.
- Al calcular que el factor de seguridad en los perfiles 1-1', 2-2', 3-3', 4-4', 5-5', 6-6', 7-7', 8-8', 9-9', 10-10', 11-11', 12-12', 14-14', 15-15', 17-17', 18-18', 19-19', 22-22' y 23-23' es menor que 1 y teniendo en cuenta las condiciones saturación completa, máxima actividad sísmica y saturación parcial del perfil analizado se plantearon propuestas de estabilización como establecer canales de coronación, se propone como medida técnica la instalación de muros de gaviones o la modificación del ángulo del talud hasta alcanzar el macizo rocoso subyacente; asimismo, se sugiere reforzar

la base del talud mediante estructuras de contención tipo gavión y disminuir la pendiente del talud.

RECOMENDACIONES

- Las propuestas de estabilización planteadas pueden ser mejoradas con un análisis del suelo con fines de cimentación, considerando factores de volteo y no únicamente el de seguridad.
- Al realizar el análisis de los taludes se debería aumentar el número de perfiles debido a la variabilidad litológica del terreno encontrados dentro del área geográfica evaluada, por lo que mejoraría las propuestas de estabilización y se podría tener un resultado más eficiente al ejecutarlas.
- Para dimensionar las propuestas de solución se tuvieron en cuenta las características geotécnicas de la zona evaluada y también los escenarios a los cuales es sometido la zona como factores climáticos y sismos, lo que se recomendaría para mejorar y darle mayor certeza a la estabilidad del talud es ampliar el área de estudio considerando las cuencas que se encuentra en su entorno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adajar, M.A., Cutora, M., Bolima, S.J., Chua, K.J., Irwyn, A.I. Y Ramos, J.V., 2023. *Strength performance of nonwoven coir geotextiles as an alternative material for slope stabilization. applied sciences* [en línea], vol. 13, no. 13, [consulta: 8 octubre 2023]. DOI 10.3390/app13137590. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2836328178/abstract/74616DF5E8DE4D59PQ/1>.
- Ayob, M., Kasa, A., Sulaiman, M., Miniandi, N. Y Yusoff, A., 2019. *Slope stability evaluations using limit equilibrium and finite element methods.*, vol. 28, ISSN 0012-7353.
- Barboza, G., Zúñiga, C., & Aguilar G, O. (2015). *Análisis comparativo de estabilidad de taludes mediante los métodos de equilibrio límite aplicado a taludes o laderas aledañas al cerro de la Popa, casco urbano de Cartagena*. Cartagena, Colombia: GEOMAT.
- Cano, C., 2019. Dos visiones diferentes de entender la investigación, para la formación en educación superior. 2019 [en línea], ISSN 1989-4155. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/atlante/2019/07/investigacioneducacion-superior.html>.
- Carrillo, A. Y Rodríguez, F., 2023. Análisis Comparativo de la Estabilidad de Taludes Aplicando Los Métodos Pseudoestático y Dinámico, en Base a Las NEC-15.
- Cheng, Y.M., Wang, J.H., Liang, L. Y Ivan, W.H.F., 2020. Numerical Methods and Implementation in Geotechnical Engineering – Part 1 [en línea]. [Place of publication not identified]: Bentham Science Publishers Ltd.

[consulta: 19 agosto 2024]. *Frontiers in Civil Engineering Ser*, ISBN 9789811437373. Disponible en: <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=39ad057d-5a6e31ae-a08e-ca2b0f067702>.

Dávila Burga, J. (2001). *Diccionario geológico*. Perú.

Deere, D. U. (1989). *Rock Quality Designation (RQD) After twenty years*. Florida.

Flores, J., 2023. *Geografía* [en línea]. 1 © 2019-Idioma Español. México: Cengage. [consulta: 27 octubre 2023]. ISBN 978-607-526-805-7. Disponible en: <https://www.ebooks7-24.com:443/?il=12308&pg=1>.

Gavilanes, H., & Andrade, B. (2004). *Introducción a la ingeniería de túneles*. Quito Ecuador: AIME.

GEMMA. (2007). *Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas 1ra. Edición*. Toronto, Canadá: Proyecto multinacional andino: Geociencias para las Comunidades Andinas.

González, J. (19 de Mayo de 2006). *Geotecnia*. Obtenido de <http://www.jordigonzalezboada.com/geotecnia/descargas.php>.

González de Vallejo, L. (2004). *Ingeniería Geológica*. Madrid, España: Pearson.

GOODNO, B.J. Y GERE, J.M., 2019. *Mecánica de materiales* [en línea]. 9. Mexico: Cengage Learning. ISBN 978-607-526-819-4. Disponible en: <https://www.ebooks7-24.com/stage.aspx?il=&pg=&ed=>.

Gutierrez, W., 2021. *Mecánica de suelos aplicada a vías de transporte* [en línea]. 1. S.l.: Marcombo. ISBN 978-84-267-3385-6. Disponible en:

https://books.google.es/books?id=JE1OEAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.

Gutiérrez Arroyo, 2019. *Análisis y evaluación entre los métodos de explotación convencional y plataformas aplicados en la cantera de caliza de la empresa UNACEM S. A. A. Industrial Data* [en línea], vol. 22, no. 2, [consulta: 9 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/816/81662532003/>.

Hoek, E. (2007). *Rock mass properties in practical rock engineering*. Toronto, Canadá: Rocscience.

Hoek, E. (2013). *Quantification of the geological strength index Chart*. 47th US Rock Mechanics / Geomechanics Symposium.

Hoek, E., Carranza Torres, C., & Corkum, B. (2002). *El criterio de rotura de Hoek – Brown - Edición 2002*. Minnsesota.

Hurtado, J. E., & Chang Chang, L. A. (1897). *Mapa de áreas de deslizamientos por sismos en el Perú*. V Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones, 11.

Hurlimann Ziegler, M. Y Pinyol Puigmartí, N.M., 2022. *Taludes 2022: x simposio nacional sobre taludes y laderas inestables* [en línea]. Spain, Europe: s.n. ISBN 978-84-12-32227-9. Disponible en: <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=6aa85275-ce5b3a22-a778-b364d7e33ea0>.

Kumar, A., Burman, A. Y Choudhary, S.S., 2023. *A detailed study on the analysis and design of geotextile reinforced earth embankments. engineering, technology & applied science research*, vol. 13, no. 3, ISSN 2241-4487. DOI 10.48084/etasr.5842. disponible en: <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=e7f0f704-ee95-335cb979-e3aaa95b2929>.

López, N.P., Martínez, E. Y Espinosa, A.L., 2019. *Geotechnical engineering in the xxi century: lessons learned and future challenges: proceedings of the xvi pan-american conference on soil mechanics and geotechnical engineering (XVI PCSMGE)*, 17-20 November 2019, Cancun, Mexico [en línea]. 1. Amsterdam, NETHERLANDS, THE: IOS Press, Incorporated. [consulta: 27 octubre 2023]. ISBN 978-1-64368-031- 6. Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioucv/detail.action?docID=6006558>.

Mamani, Y., 2019. *Consideraciones geotécnicas para el análisis de estabilidad de talud de la relavera Huaybillo U.M. El Cofre*. [en línea], DOI oai:repositorio.unap.edu.pe:UNAP/14799. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/14799>.

Mancera, J. (2010). *Tesis "Estudio para la estabilización de corte ubicado en el lado izquierdo de la carretera federal N° 54 Guadalajara-Salttillo, en el subtramo Guadalajara - Ixtlahuacán del Río, estado de Jalisco"*. México D.F.: U.N.A.M.

Marinos, P., Marinos, V., & Hoek, E. (2007). *El índice de resistencia Geológica (GSI): Una herramienta de caracterización para la evaluación de las propiedades ingenieriles de macizos rocosos*. Canadá: Rocscience.

Midas, 2021. *2D & 3D Geotechnical finite element analysis*. MIDAS GEOTECH [en línea]. [consulta: 27 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.midasgeotech.com/solution/gtsnx>.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, 2012. *Norma Técnica CE.020 Suelos y Taludes* [en línea]. 2012. S.l.: s.n. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2365628/15%20CE.020>

%20SUELOS%20Y%20TALUDES%20DS%20N%C2%B0%20017-2012.pdf?v=1636052050.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, 2016. *Norma Técnica E-030 Diseño Sismorresistente*. [en línea]. 2016. S.l.: s.n. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366641/51%20E.030%20DISE%C3%91O%20SISMORRESISTENTE%20RM-043-2019-VIVIENDA.pdf?v=1677250657>.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, 2018. *Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones* [en línea]. 2018. S.l.: s.n. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366655/54%20E.050%20SUELOS%20Y%20CIMENTACIONES%20RM%20N%C2%B0%20406-2018-VIVIENDA.pdf?v=1677250657>.

Morales, M. (2009). *Caracterización geotécnica y determinación de ángulos de talud en yacimiento Franke*. Santiago de Chile.

Naupas, H., Mejia, E., Trujillo, I., Romero, H., Medina, W. Y Novoa, E., 2023. *Metodología de la investigación total: Cuantitativa – Cualitativa y redacción de tesis 6a Edición*. S.l.: Ediciones de la U. ISBN 978-958-792-466-4.

Pérez, E. (2005). *Estabilidad de taludes*. Cataluña: UPC.

Rojas, A. & Oscátegui, L (2010). "Estudio definitivo para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera: Chongoyape - Cochabamba - Cajamarca, Tramo: Cochabamba - Chota". Lima, Perú: MTC.

Sobarzo, V., Villalobos, F., & King, R. (2011). *Estudio de la estabilidad de taludes en roca meteorizada de la formación quiriquina*. Concepción, Chile: UCSC.

Suárez, J. (2007). *Deslizamientos - Análisis Geotécnico*. Colombia: U. Industrial de Santander.

Svetlana, M. (2005). *Estabilidad de taludes en macizos rocosos con criterios de rotura no lineales y leyes de fluencia no asociada*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

United States Geological Survey. (2004). *Landslide Types and Processes*. Virginia.

Wilson, J. (1984). *Boletín N° 38: Geología de los cuadrángulos de Jayanca (13-d), Incahuasi (13-e), Cutervo (13-f), Chiclayo (14-d), Chongoyape (14-e), Chota (14-f), Celendín (14-g), Pacasmayo (15-d) y Chepén (15-e)*. Lima, Perú: INGEMMET.

Zavala, B., & Rosado, M. (2011). *Riesgo geológico en la región Cajamarca, Boletín N° 44 Serie C*. Lima, Perú: INGEMMET.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Soto Alvarado, G. (2025). *Medidas estructurales y estabilización de taludes en las faldas del cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024*. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

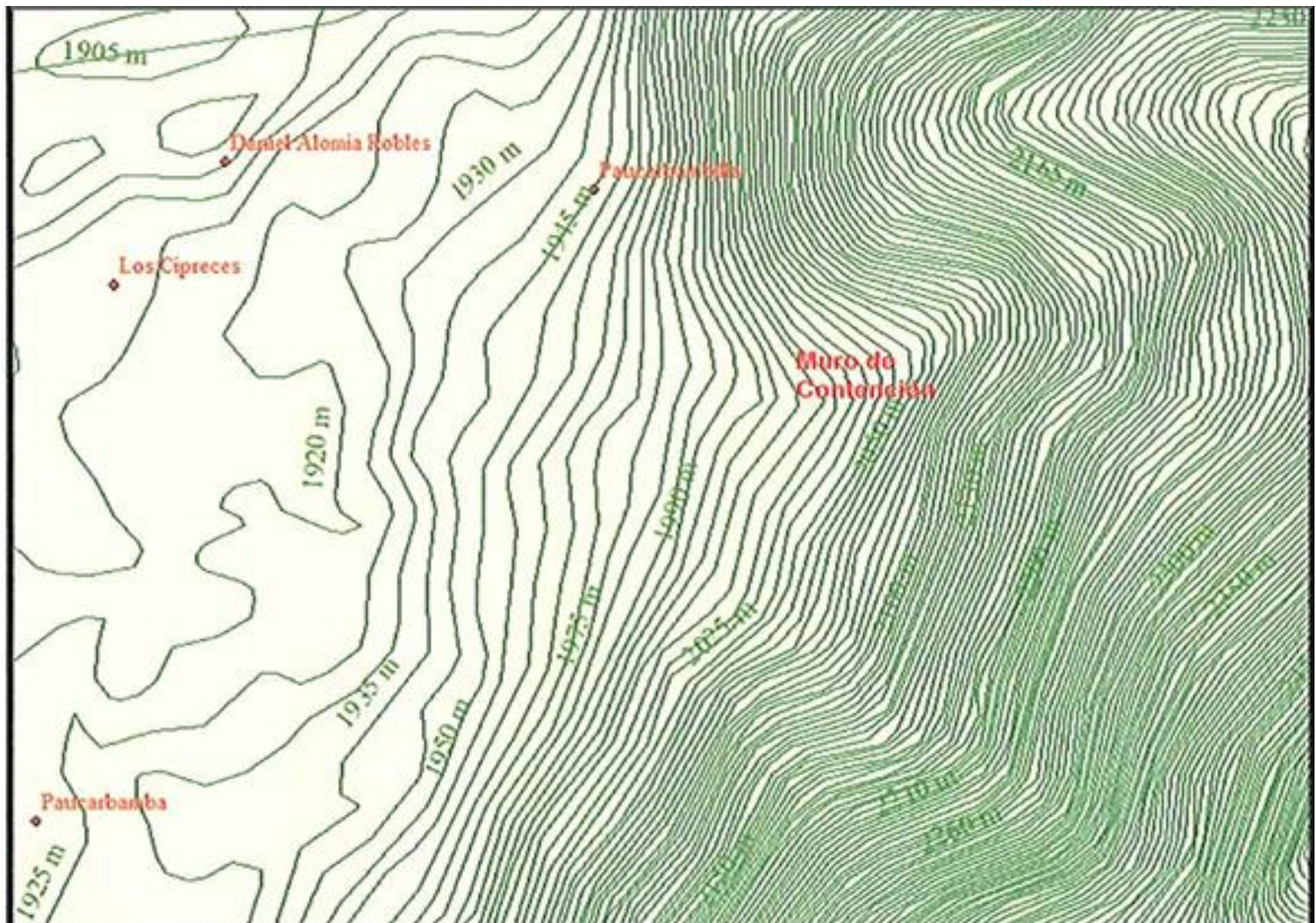
TÍTULO: “MEDIDAS ESTRUCTURALES Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LAS FALDAS DEL CERRO SAN CRISTÓBAL DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUANUCO, 2024”

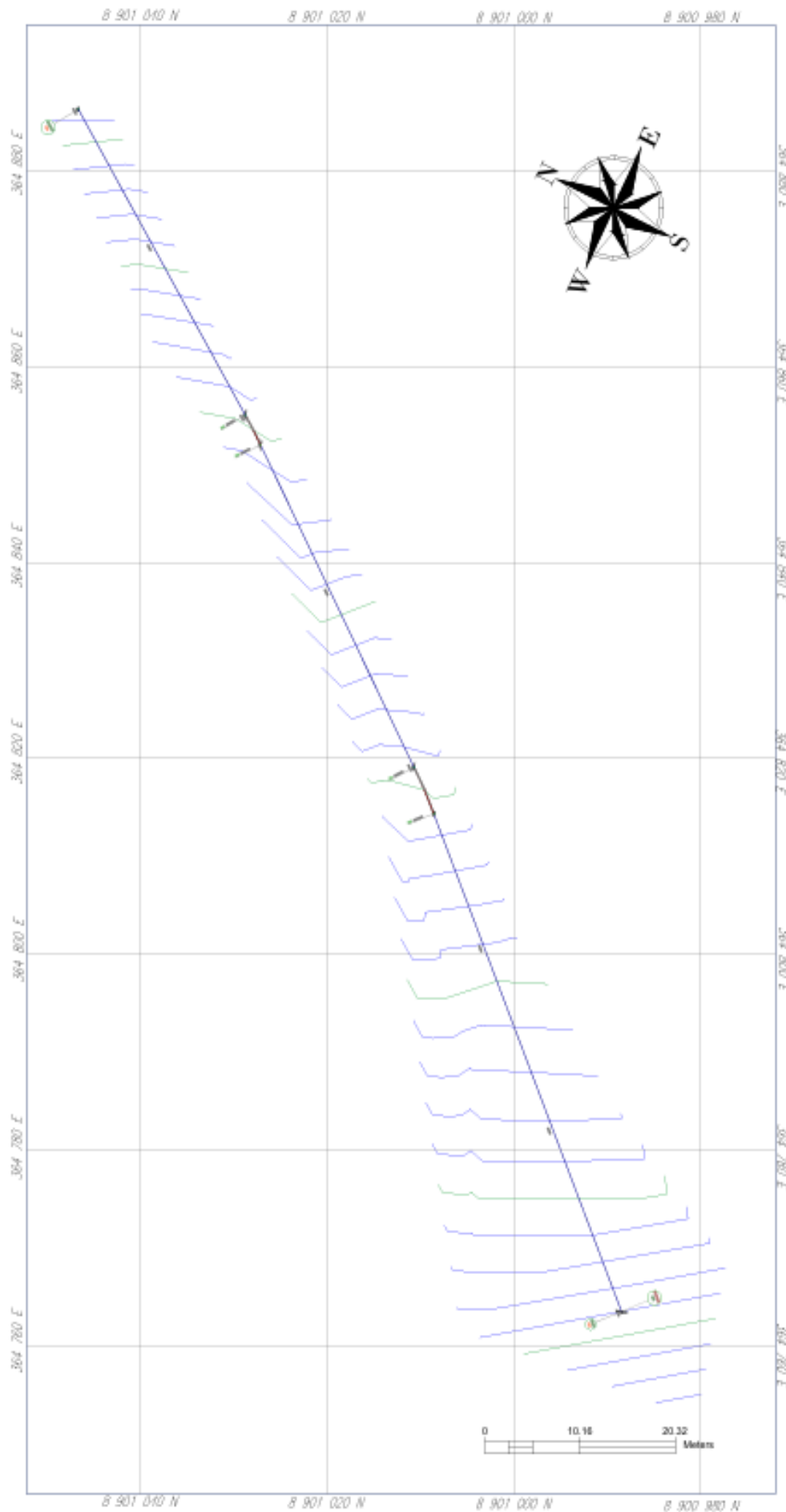
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL ¿De qué manera las medidas estructurales estabilizan los taludes en las Faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024?	OBJETIVO GENERAL Desarrollar medidas estructurales para la estabilización de taludes en las Faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024.	HIPÓTESIS GENERAL Desarrollar medidas estructurales que permiten la estabilización de taludes en las Faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024.	DEPENDIENTE •Y1: Estabilización de taludes	Dimensionamiento de las medidas estructurales	Tipo de Investigación Enfoque: Cuantitativo Alcance o nivel: Explicativo Diseño: No Experimental Población: La población estará constituida por el total de taludes la parte alta del sector 4, en las faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de
PROBLEMAS ESPECÍFICOS -¿De qué manera se eligen las estaciones geomecánicas en las faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024?	OBJETIVO ESPECÍFICOS -Desarrollar medidas estructurales para la estabilización de taludes en las Faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024.	HIPOTESIS ESPECIFICOS -La correcta elección de estaciones geomecánicas facilitan la determinación de las medidas estructurales en las Faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024	INDEPENDIENTE •X1: Medidas estructurales	Factor de seguridad	

-¿De qué manera se realiza el análisis de estabilización de taludes considerando el factor de seguridad en las faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024?	-Analizar la estabilización de taludes considerando el factor de seguridad en la parte alta del sector 4, en las faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024.	-El análisis permite la estabilización de taludes considerando el factor de seguridad en las Faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024.	Amarilis, Huánuco, 2024 Muestra: La muestra estará constituida por los taludes estudiados en las 23 estaciones en el área indicada en el plano topográfico (Anexo 2), en la parte alta del sector 4, en las faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024.
-¿De qué manera se dimensiona las medidas estructurales para la estabilización de taludes considerando el factor de seguridad en las faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024?	-Dimensionar las medidas estructurales para la estabilización de taludes considerando el factor de seguridad en la parte alta del sector 4, en las faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024.	-Dimensionar las medidas estructurales considerando el factor de seguridad que permiten la estabilización de taludes en las Faldas del Cerro San Cristóbal del Distrito de Amarilis, Huánuco, 2024.	

ANEXO 2

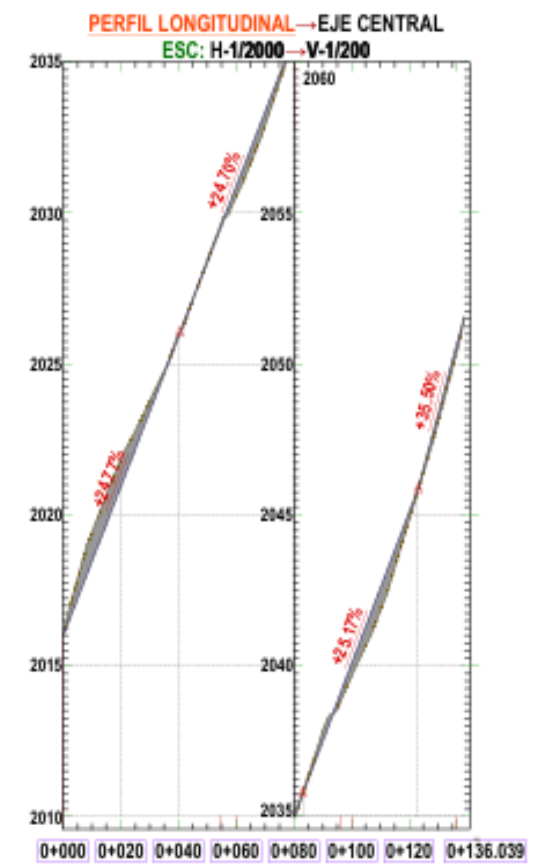
PLANO TOPOGRÁFICO





PLANTA GENERAL
Escala 1/200

CUADRO DE PUNTOS LOCALIZADOS				
ITEM	ESTE	NORTE	ELEVACION	DESCRIPCION
1	364843.409	8901023.75	2037.895	BM1
2	364885.676	8901049.65	2051.25	BR
3	364886.898	8901043.44	2051.85	BR
4	364883.277	8901041.82	2050.012	BR
5	364863.451	8901039.24	2042.2547	BR
6	364862.581	8901031.27	2042.412	BR
7	364847.272	8901023.21	2038.78	BR
8	364848.232	8901028.53	2038.017	BR
9	364843.005	8901018.54	2037.657	BR
10	364836.44	8901015.07	2035.135	BR
11	364818.02	8901007.29	2030.478	BR
12	364825.702	8901010.1	2032.289	BR
13	364814.238	8901014.05	2029.0236	BR
14	364801.473	8901008.12	2026.187	BR
15	364809.951	8901012.23	2028.635	BR
16	364789.476	8901004.69	2023.258	BR
17	364785.396	8900989.79	2022.536	BR
18	364776.338	8900984.44	2020.33	BR
19	364768.561	8900977.29	2017.23	BR
20	364752.681	8900980.47	2011.08	BR
21	364761.627	8901005.71	2016.452	BR
22	364770.421	8901004.47	2018.744	BR
23	364780.916	8901002.98	2021.552	BM2
24	364797.075	8901006.87	2025.362	BR
25	364802.84	8900999.73	2026.251	BR



	0+000	0+020	0+040	0+060	0+080	0+100	0+120	0+136.039
COTA TERRENO	2016.00	2021.79	2025.94	2030.56	2035.79	2040.33	2045.86	2051.55
SUB RASANTE	2016.00	2021.79	2025.94	2030.56	2035.79	2040.33	2045.86	2051.55
CORTE (-)	0.000	-0.841	-0.036	+0.290	0.000	+0.494	0.000	0.000
RELLENO (+)								
DIAGRAMA HORIZONTAL	L=54.66m P1 L=36.61m P2 L=35.99m							

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

PROYECTO:

MEDIDAS ESTRUCTURALES Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LAS FALDAS DEL CERRO SAN CRISTÓBAL DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO, 2024

PLANO:

PERFIL LONGITUDINAL

ESPECIFICACIÓN:

TOPOGRAFÍA

ELABORADO:

Ing. J. Carlos Alvarado

REVISADO:

Ing. J. Carlos Alvarado

FECHA:

OCTUBRE - 2024

UBICACIÓN:

LOCALIDAD : HUÁNUCO

DISTRITO : AMARILIS

PROVINCIA : HUÁNUCO

REGIÓN : HUÁNUCO

LÁMINA N°

PL-01

ANEXO 3

ESTUDIO DE SUELOS



LABORATORIO TECNICO DE MECANICA DE SUELOS

Asesoría técnica, control de obras civiles,
Elaboración de estudios técnicos.

PERFIL ESTRATIGRAFICO Y REGISTRO DE EXCAVACION



LABORATORIO TECNICO DE MECANICA DE SUELOS

Asesoría técnica, control de obras civiles,

Elaboración de estudios técnicos.

PERFIL ESTRATIGRAFICO



LABORATORIO TECNICO DE MECANICA DE SUELOS

Asesoría técnica, control de obras civiles,
Elaboración de estudios técnicos.

PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROYECTO :	MEDIDAS ESTRUCTURALES Y ESTABILIZACION DE TALUDES EN LAS FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO, 2024				
UBICACIÓN :	DISTRITO DE AMARILIS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANUCO				
SOLICITADO :	BACHILLER SOTO ALVARADO GUSTAVO NICEAS				
REVIZADO :	ING. BRITZY E. GARCIA CORREA				
PROGRESIVA :	MURO DE CONTENCION - FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL				
PROF. (m) :	0.00 - 3.00	NIVEL FREÁTICO :	No se halló		ENSAYADO : J.J.TEC.
					CALICATA N° : C-01
					FECHA : SETIEMBRE DEL 2024

PROF. (m)	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	AASHTO	SUCS	SIMBOLOGÍA
0.00	M-0	Suelo Disturbado		PT	
0.15					
0.30	M-1	Arenas limo arcillosas con grava Presencia de Fragmentos rocosos	A-2-4	SC - SM	
0.45					
0.60					
0.75					
0.90					
1.05					
1.20					
1.35					
1.50					
1.65					
1.80					
1.95					
2.10					
2.25					
2.40					
2.55					
2.70					
2.85					
3.00					

Celular : (052) 952800874
E-mail : litofer16hco@gmail.com
Dirección: Las viñas – Pje Belén - B-03 –
Píloco Marca - Huánuco



Britzy E. Garcia Correa
INGENIERO
Reg. CIP. N°: 105336



LABORATORIO TECNICO DE MECANICA DE SUELOS

Asesoría técnica, control de obras civiles,

Elaboración de estudios técnicos.

PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROYECTO :	MEDIDAS ESTRUCTURALES Y ESTABILIZACION DE TALUDES EN LAS FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO, 2024				
UBICACIÓN :	DISTRITO DE AMARILIS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANUCO				
SOLICITADO :	BACHILLER SOTO ALVARADO GUSTAVO NICEAS				
REVIZADO :	ING. BRITZY E. GARCIA CORREA				
PROGRESIVA :	MURO DE CONTENCIÓN - FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL				
PROF. (m) :	0.00 - 3.00	NIVEL FREÁTICO :	No se halló	ENSAYADO :	J.J.TEC.
				CALICATA N° :	C-02
				FECHA :	SETIEMBRE DEL 2024

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

Celular : (052) 982800874
E-mail : info@jjtec.com
Dirección: Las viñas - Pje Belén - B-03 -
Pílico Marca - Huánuco



Britzy E. García Correa
ING.
Reg. CIP. N°: 103336



LABORATORIO TECNICO DE MECANICA DE SUELOS

Asesoría técnica, control de obras civiles,

Elaboración de estudios técnicos.

PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROYECTO	MEDIDAS ESTRUCTURALES Y ESTABILIZACION DE TALUDES EN LAS FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO, 2024				
UBICACIÓN	DISTRITO DE AMARILIS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO				
SOLICITADO	BACHILLER SOTO ALVARADO GUSTAVO NICEAS				
REVIZADO	ING. BRITZY E. GARCIA CORREA		ENSAYADO	J.J.TEC.	
PROGRESIVA	MURO DE CONTENCION - FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL		CALICATA N°	C-03	
PROF. (m)	0.00 - 3.00	NIVEL FREÁTICO	No se halló		FECHA : SETIEMBRE DEL 2024

PROF. (m)	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	AASHTO	SUCS	SIMBOLOGÍA
0.00	M-1	Limo arenoso de baja plasticidad Presencia de Fragmentos rocosos	A-4	ML	
0.15					
0.30					
0.45					
0.60					
0.75					
0.90					
1.05					
1.20					
1.35					
1.50					
1.65					
1.80					
1.95					
2.10					
2.25					
2.40					
2.55					
2.70					
2.85					
3.00					

Celular : (062) 962800874
E-mail : info@jjtec.com
Dirección: Las viñas - Pje Belén - B-03 -
Pitco Marca - Huánuco



Britzy E. García Correa
Britzy E. García Correa
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP. N°: 169336



LABORATORIO TECNICO DE MECÁNICA DE SUELOS

Asesoría técnica, control de obras civiles,
Elaboración de estudios técnicos.

REGISTRO DE EXCAVACION



LABORATORIO TECNICO DE MECANICA DE SUELOS

Asesoría técnica, control de obras civiles,
Elaboración de estudios técnicos.

REGISTRO DE SONDAJE

(ASTM D-2488)

PROYECTO	MEDIDAS ESTRUCTURALES Y ESTABILIZACION DE TALUDES EN LAS FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO, 2024
UBICACIÓN	DISTRITO DE AMARILIS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO
SOLICITADO	BACHILLER SOTO ALVARADO GUSTAVO NICEAS
FECHA	SEPTIEMBRE DEL 2024
REVISADO	ING. BRITZY E. GARCIA CORREA
PROFUNDIDAD	0.00 - 3.00
CALICATA	C-01
PROGRESIVA	MURO DE CONTENCION - FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL
ENSAYADO	J.J.TEC.

MUESTREO A CIELO ABIERTO

REGISTRO DE EXCAVACION					
Prof. (m)	Muestra	Descripción del Estrato	SIMBOLO		
			AASHTO	SUCS	Gráfico
0.00 0.05 0.10 0.20	M-0	Del nivel 0,00 m. a una profundidad de 0,20 m. Suelo disturbado de color marrón con vegetación.		PT	
0.30 0.40 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20 1.30 1.40 1.60 1.80 2.00 2.20 2.40 2.60 2.80 3.00	M-1	Del nivel 0,20 m. a una profundidad de 3,00 m. Arena limo arcillosa con grava, con presencia de fragmentos rocosos, el color del material es marrón y gris, la característica de plasticidad es de orden plástica, su valor como terreno de apoyo es de mediano a bueno, sin presencia de nivel freático, la composición del suelo se debe a la desintegración de las rocas sedimentarias de la era Cenozoica, Mesozoica y del Neo-Proterozoico, de las unidades litoestratigráficas de los depósitos Aluviales y del Complejo del Marañón que se encontraban hace muchos millones de años geológicos en áreas cercanas.	A-2-4	SC - SM	

OBSERVACIONES:



Britzy E. García Correa
INGENIERO
Reg. CIP. N°: 169436

Celular : (052) 962800874
E-mail : info@jjhco.com
Dirección: Las viñas - Pje Belén - B-03 -
Pisco Marca - Huánuco



LABORATORIO TECNICO DE MECANICA DE SUELOS

Asesoría técnica, control de obras civiles,

Elaboración de estudios técnicos.

REGISTRO DE SONDAJE

(ASTM D-2488)

PROYECTO	MEDIDAS ESTRUCTURALES Y ESTABILIZACION DE TALUDES EN LAS FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO, 2024
UBICACIÓN	DISTRITO DE AMARILIS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANUCO
SOLICITADO	BACHILLER SOTO ALVARADO GUSTAVO NICEAS
FECHA	SEPTIEMBRE DEL 2024
REVISADO	ING. BRITZY E. GARCIA CORREA
PROFUNDIDAD	0.00 - 3.00
CALICATA	C-02
PROGRESIVA	MURO DE CONTENCION - FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL
ENSAYADO	J.J.TEC.

MUESTREO A CIELO ABIERTO

REGISTRO DE EXCAVACION					
Prof. (m)	Muestra	Descripción del Estrato	SIMBOLO		
			AASHTO	SUCS	Gráfico
0.00	M-0	Del nivel 0,00 m. a una profundidad de 0,40 m. Suelo disturbado de color marrón con vegetación.		PT	
0.05					
0.10					
0.20					
0.30					
0.40	M-1	Del nivel 0,40 m. a una profundidad de 3,00 m. Arena limosa con grava, con presencia de fragmentos rocosos, el color del material es marrón y gris, la característica de plasticidad es de orden no plástica, su valor como terreno de apoyo es de mediano a bueno, sin presencia de nivel freático, la composición del suelo se debe a la desintegración de las rocas sedimentarias de la era Cenozoica, Mesozoica y del Neo-Proterozoico, de las unidades litoestratigráficas de los depósitos Aluviales y del Complejo del Marañón que se encontraban hace muchos millones de años geológicos en áreas cercanas.	A-1-b	SM	
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.60					
1.80					
2.00					
2.20					
2.40					
2.60					
2.80					
3.00					

OBSERVACIONES:



Britzy E. García Correa
INGENIERA
Reg. CIP. N°: 109336

Celular : (062) 962800874
E-mail : jjofer16hco@gmail.com
Dirección: Las viñas - Pje Belén - B-03 -
Palco Marca - Huánuco



LABORATORIO TECNICO DE MECANICA DE SUELOS

Asesoría técnica, control de obras civiles,
Elaboración de estudios técnicos.

REGISTRO DE SONDAJE

(ASTM D-2488)

PROYECTO	MEDIDAS ESTRUCTURALES Y ESTABILIZACION DE TALUDES EN LAS FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO, 2024
UBICACIÓN	DISTRITO DE AMARILIS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANUCO
SOLICITADO	BACHILLER SOTO ALVARADO GUSTAVO NICEAS
FECHA	SEPTIEMBRE DEL 2024
REVISADO	ING. BRITZY E. GARCIA CORREA
PROFUNDIDAD	0.00 - 3.00
CALICATA	C-03
PROGRESIVA	MURO DE CONTENCION - FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL
ENSAYADO	J.J.TEC.

MUESTREO A CIELO ABIERTO

REGISTRO DE EXCAVACION				
Prof. (m)	Muestra	Descripción del Estrato	SIMBOLO	
			AASHTO	SUCS
0.00				
0.05				
0.10				
0.20				
0.30				
0.40				
0.60				
0.70				
0.80				
0.90				
1.00				
1.10	M-1	Del nivel 0,00 m. a una profundidad de 3,00 m. Limo arenoso de baja plasticidad, con presencia de fragmentos rocosos, el color del material es marrón y gris, la característica de plasticidad es de orden plástica, su valor como terreno de apoyo es de pobre a mediano, sin presencia de nivel freático, la composición del suelo se debe a la desintegración de las rocas sedimentarias de la era Cenozoica, Mesozoica y del Neo-Proterozoico, de las unidades litoestratigráficas de los depósitos Aluviales y del Complejo del Marañón que se encuentran hace muchos millones de años geológicos en áreas cercanas.	A-4	ML
1.20				
1.30				
1.40				
1.60				
1.80				
2.00				
2.20				
2.40				
2.60				
2.80				
3.00				

OBSERVACIONES:




Britzy E. Garcia Correa
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP. N°: 109336

Celular : (062) 962800874
E-mail : litofer16hco@gmail.com
Dirección: Las viñas - Pje Belén - B-03 -
Pitco Marca - Huánuco



LABORATORIO TECNICO DE MECANICA DE SUELOS

Asesoría técnica, control de obras civiles,
Elaboración de estudios técnicos.

ENSAYOS DE LABORATORIO



LABORATORIO TECNICO DE MECANICA DE SUELOS

Asesoría técnica, control de obras civiles,
Elaboración de estudios técnicos.

ENSAYOS GRANULOMETRICOS



LABORATORIO TECNICO DE MECANICA DE SUELOS

Asesoría técnica, control de obras civiles,
Elaboración de estudios técnicos.

ENSAYO DE LABORATORIO CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (S.U.C.S.) NTP 339.134 (ASTM D2487)

PROYECTO : MEDIDAS ESTRUCTURALES Y ESTABILIZACION DE TALUDES EN LAS FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO, 2024

UBICACIÓN : DISTRITO DE AMARILIS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO

REVIZADO : ING. BRITZY E. GARCIA CORREA

SOLICITADO: BACHILLER SOTO ALVARADO GUSTAVO NICOLAS

ESTRUCTURA: MURO DE CONTENCIÓN - FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL

REALIZADO: J.J. TEC.

CALICATA : C-01/M - 1

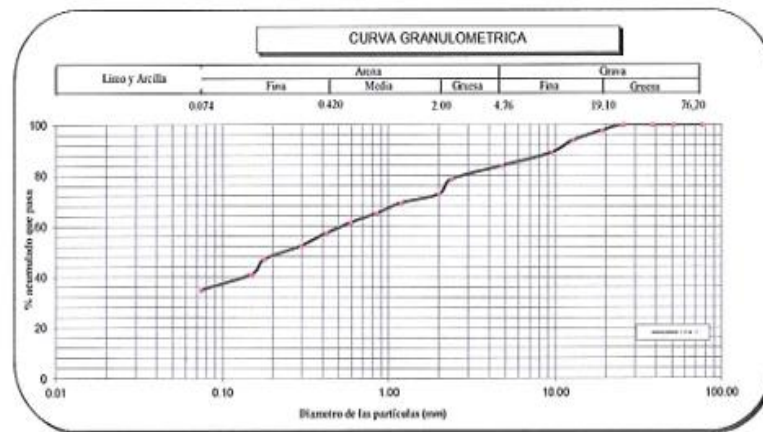
FECHA : SETIEMBRE DEL 2024

Cabeza			C-01	
Muestra			M - 1	
Profundidad (m)			0.20-3.00	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla		% que pasa
		Nº	Abertura (mm)	
		3"	76.200	100.0
		2"	50.800	100.0
		1 1/2"	38.100	100.0
		1"	25.400	100.0
		3/4"	19.100	97.9
		1/2"	12.700	94.0
		3/8"	9.520	89.3
		Nº 4	4.760	83.9
		Nº 8	2.380	78.7
		Nº 10	2.000	72.7
		Nº 16	1.190	69.4
		Nº 20	0.840	65.1
		Nº 30	0.590	61.7
		Nº 40	0.420	57.3
Nº 50	0.297	52.5		
Nº 80	0.177	47.0		
Nº 100	0.149	41.2		
Nº 200	0.074	34.9		
Contenido de Humedad			(%) 7.02	
Límite Líquido (LL)			(%) 17	
Límite Plástico (LP)			(%) 13	
Índice Plástico (IP)			(%) 4	
Clasificación (S U C S)			SC - SM	
Clasificación (AASHTO)			A-2-4	
Índice de Grupo			0	
Nombre de grupo			Arena limo arcillosa con grava	



Distribución Granulométrica

% Grava	GG%	2.10	
	GP%	14.01	16.11
% Arena	AG%	11.17	
	AM%	15.37	
% Finos	AF%	22.41	48.95
			34.94



Archivo: Clasificación/Reporte

Descripción (AASHTO)	BUENO
----------------------	-------



Britzy E. García Correa
INGENIERA C^{ta}
Reg. CIP. N°: 103336

Celular : (062) 962800574
E-mail : litofer10hco@gmail.com
Dirección: Las viñas - Pje Belén - B-03 -
Pálico Marca - Huánuco



LABORATORIO TECNICO DE MECANICA DE SUELOS

Asesoría técnica, control de obras civiles,
Elaboración de estudios técnicos.

ENSAYO DE LABORATORIO CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (S.U.C.S.) NTP 339.134 (ASTM D2487)

PROYECTO : MEDIDAS ESTRUCTURALES Y ESTABILIZACION DE TALUDES EN LAS FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO, 2024

UBICACIÓN : DISTRITO DE AMARILIS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO

REVIZADO : ING. BRITZY E. GARCIA CORREA

SOLICITADO: BACHILLER SOTO ALVARADO GUSTAVO NICEAS

ESTRUCTURA: MURO DE CONTENCIÓN - FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL

REALIZADO: J.J.TEC.

CALICATA : C-02/M-1

FECHA : SETIEMBRE DEL 2024

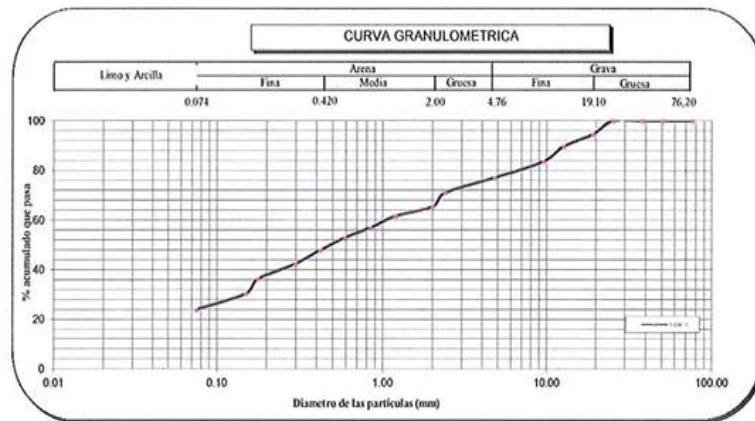
Calicata		C-02
Muestra		M - 1
Profundidad (m)		0.40-3.00
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla	
	Nº	Abertura (mm)
	3"	76.200
	2"	50.800
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.100
	1/2"	12.700
	3/8"	9.520
	Nº 4	4.760
	Nº 8	2.380
	Nº 10	2.000
	Nº 16	1.190
	Nº 20	0.840
	Nº 30	0.590
	Nº 40	0.420
	Nº 50	0.297
Nº 80	0.177	
Nº 100	0.149	
Nº 200	0.074	
Contenido de Humedad (%)		6.44
Límite Líquido (LL) (%)		12
Límite Plástico (LP) (%)		NP
Índice Plástico (IP) (%)		NP
Clasificación (S.U.C.S.)		SM
Clasificación (AASHTO)		A-1-b
Índice de Grupo		0

Nombre de grupo : Arena limosa con grava



Distribución Granulométrica

% Grava	GG%	5.41	22.92
	GP%	17.50	
% Arena	AG%	11.58	
	AM%	17.57	
	AF%	24.06	53.21
% Finos			23.87



Archivo: Clasificación/Reporte

Descripción (AASHTO)	BUENO
----------------------	-------



Britzy E. García Correa
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP. N°: 105536

Celular : (062) 962800874
E-mail : tofer16hco@gmail.com
Dirección: Las viñas - Pje Belén - B-03 -
Píloco Marca - Huánuco



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 024357

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S21-634-23

SOLICITANTE : GUSTAVO NICEAS SOTO ALVARADO
PROYECTO : MEDIDAS ESTRUCTURALES Y ESTABILIZACION DE TALUDES EN LAS FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO, 2024
UBICACIÓN : MURO DE CONTENCIÓN - FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL, DISTRITO DE AMARILIS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO
FECHA : 06 DE SETIEMBRE DEL 2024

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C-3
Muestra : M-01
Prof. (m.) : 3.00

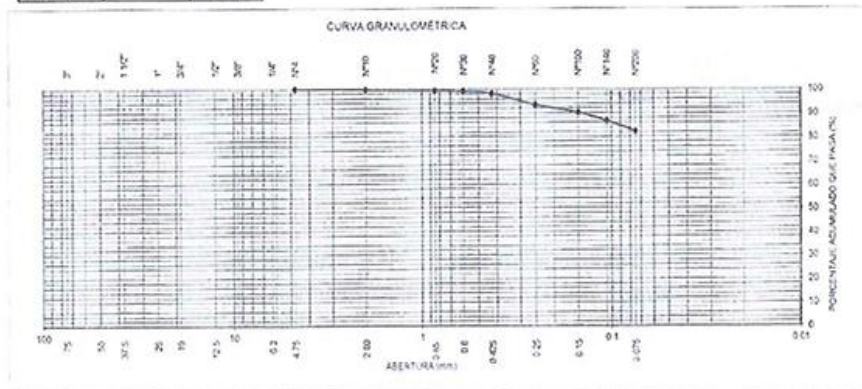
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - REFERENCIA ASTM D6913 / D6913M
Procedimiento interno AT-PR 4 - Método "B"

Tamiz	Abertura (mm)	(%) Parcial Retenido	(%) Acumulado	
			Retenido	Pasa
3"	75.000	-	-	-
2"	50.000	-	-	-
1 1/2"	37.500	-	-	-
1"	25.000	-	-	-
3/4"	19.000	-	-	-
1/2"	12.500	-	-	-
3/8"	9.500	-	-	-
1/4"	6.300	-	-	-
Nº4	4.750	-	-	100.0
Nº10	2.000	0.3	0.3	99.7
Nº20	0.850	0.3	0.6	99.4
Nº30	0.600	0.4	1.0	99.0
Nº40	0.425	0.9	1.9	98.1
Nº60	0.250	4.7	6.6	93.4
Nº100	0.150	3.2	9.9	90.1
Nº140	0.106	3.6	13.4	86.6
Nº200	0.075	4.4	17.8	82.2
FONDO			82.2	

% Grava	----
% Arena	18
% Finos	82

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
Procedimiento interno AT-PR 5	
Límite Líquido	37
Límite Plástico	28
Índice Plástico	9

Clasificación SUCS ASTM D2487 : ML



Nota:

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.

Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

Ejecución : Téo. D. Del Río R.

Aprobación : Ing. H. Espinoza C.

Britzy E. García Correa
INGENIERA
Reg. CIP. N°: 189336



ING. HECTOR ESPINOZA CCENTE
JEFE (M) LABORATORIO N°02 MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS - UNI - FIC

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por
ABET Engineering Technology Accreditation Commission



LABORATORIO TECNICO DE MECANICA DE SUELOS

Asesoría técnica, control de obras civiles,

Elaboración de estudios técnicos.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - CALICATA 01-M1



LABORATORIO TECNICO DE MECANICA DE SUELOS

Asesoría técnica, control de obras civiles,

Elaboración de estudios técnicos.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

PROYECTO	: MEDIDAS ESTRUCTURALES Y ESTABILIZACION DE TALUDES EN LAS FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO, 2024		
SOLICITANTE	: BACHILLER SOTO ALVARADO GUSTAVO NICEAS		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE AMARILIS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANUCO		
REVISADO	: ING. BRITZY E. GARCIA CORREA	ENSAYADO	: J.J.TEC.
MUESTRA	: C - 01 / M - I	FECHA	: SETIEMBRE DEL 2024
ESTRUCTURA	: MURO DE CONTENCION - FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL	PROF (m)	: 0.20 - 3.00

CONTENIDO DE HUMEDAD :		CARACTERÍSTICAS :	
Nº DE RECIPIENTE	(Anillo)	DIÁMETRO (cm.)	6.00
PESO DEL ANILLO+SUELO HÚMEDO (gr.)	122.12	ÁREA (cm ²)	28.27
PESO DEL ANILLO+SUELO SECO (gr.)	118.05	VOLUMEN (cm ³)	30.81
PESO DEL AGUA (gr.)	4.07	DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	2.016
PESO DEL ANILLO (gr.)	60.00	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.884
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	58.05	CLASIFICACIÓN SUCS	SC-SM
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	7.0	FACTOR ANILLO	0.273 + 0.000

ESFUERZO NORMAL : 0,5 Kg/cm²

TIEMPO (min.)	EXTENSÓMETRO DE CARGA	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DEFORMACIÓN NORMAL	FUERZA (Kg)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm ²)
0.0	-	0.00		-	0.000
0.5	18.5	0.25		5.051	0.179
1.0	29.1	0.50		7.944	0.281
1.5	31.3	0.75		8.545	0.302
2.0	32.6	1.00		8.900	0.315
2.5	33.7	1.25		9.200	0.325
3.0	34.2	1.50		9.337	0.330
3.5	37.6	1.75		10.265	0.363
4.0	39.2	2.00		10.702	0.379
4.5	40.2	2.25		10.975	0.388
5.0	43.5	2.50		11.876	0.420
5.5	44.7	2.75		12.203	0.432



Britzy E. Garcia Correa
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP. N°: 189336

Celular : (052) 952800874
E-mail : info@jjtec.com
Dirección: Las viñas - Pje Belén -B-03 -
Píscos Marca - Huánuco



LABORATORIO TECNICO DE MECANICA DE SUELOS

Asesoría técnica, control de obras civiles,
Elaboración de estudios técnicos.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

PROYECTO : MEDIDAS ESTRUCTURALES Y ESTABILIZACION DE TALUDES EN LAS FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO, 2024
SOLICITANTE : BACHILLER SOTO ALVARADO GUSTAVO NICEAS
UBICACIÓN : DISTRITO DE AMARILIS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANUCO
REVISADO : ING. BRITZY E. GARCIA CORREA
MUESTRA : C - 01 / M - 1
ESTRUCTURA : MURO DE CONTENCION - FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL

ENSAYADO : J.J.TEC.
FECHA : SETIEMBRE DEL 2024
PROF (m) : 0.20 - 3.00

CONTENIDO DE HUMEDAD :		CARACTERÍSTICAS :	
Nº DE RECIPIENTE	(Anillo)	DIÁMETRO (cm.)	6.00
PESO DEL ANILLO+SUELO HÚMEDO (gr.)	122.12	ÁREA (cm ² .)	28.27
PESO DEL ANILLO+SUELO SECO (gr.)	118.05	VOLUMEN (cm ³ .)	30.81
PESO DEL AGUA (gr.)	4.07	DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	2.016
PESO DEL ANILLO (gr.)	60.00	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.884
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	58.05	CLASIFICACIÓN SUCS	SC-SM
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	7.0	FACTOR ANILLO	0.273 + 0.000

ESFUERZO NORMAL : 1,0 Kg/cm²

TIEMPO (min.)	EXTENSÓMETRO DE CARGA	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DEFORMACIÓN NORMAL	FUERZA (Kg)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm ³)
0.0	-	0.00		-	0.000
0.5	32.3	0.25		8.818	0.312
1.0	53.0	0.50		14.469	0.512
1.5	58.1	0.75		15.861	0.561
2.0	68.6	1.00		18.728	0.662
2.5	74.5	1.25		20.339	0.719
3.0	77.6	1.50		21.185	0.749
3.5	80.7	1.75		22.031	0.779
4.0	81.8	2.00		22.331	0.790
4.5	82.3	2.25		22.468	0.795
5.0	85.6	2.50		23.369	0.827
5.5	86.2	2.75		23.533	0.832




Britzy E. García Correa
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP. N°: 189336



LABORATORIO TÉCNICO DE MECÁNICA DE SUELOS

Asesoría técnica, control de obras civiles,

Elaboración de estudios técnicos.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

PROYECTO	MEDIDAS ESTRUCTURALES Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LAS FALDAS DEL CERRO SAN CRISTÓBAL DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO, 2024		
SOLICITANTE	BACHILLER SOTO ALVARADO GUSTAVO NICEAS		
UBICACIÓN	DISTRITO DE AMARILIS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO		
REVISADO	ING. BRITZY E. GARCÍA CORREA	ENSAYADO	J.J.TEC.
MUESTRA	C - 01 / M - 1	FECHA	SETIEMBRE DEL 2024
ESTRUCTURA	MURO DE CONTENCIÓN - FALDAS DEL CERRO SAN CRISTÓBAL	PROF (m)	0.20 - 3.00

CONTENIDO DE HUMEDAD :		CARACTERÍSTICAS :	
Nº DE RECIPIENTE	(Anillo)	DIÁMETRO (cm.)	6.00
PESO DEL ANILLO+SUELO HÚMEDO (gr.)	122.12	ÁREA (cm ²)	28.27
PESO DEL ANILLO+SUELO SECO (gr.)	118.05	VOLUMEN (cm ³)	30.81
PESO DEL AGUA (gr.)	4.07	DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	2.016
PESO DEL ANILLO (gr.)	60.00	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.884
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	58.05	CLASIFICACIÓN SUCS	SC-SM
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	7.0	FACTOR ANILLO	0.273 + 0.000

ESFUERZO NORMAL : 2,0 Kg/cm²

TIEMPO (min.)	EXTENSÓMETRO DE CARGA	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DEFORMACIÓN NORMAL	FUERZA (Kg)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm ²)
0.0	-	0.00		-	0.000
0.5	58.2	0.25		15.889	0.562
1.0	69.3	0.50		18.919	0.669
1.5	83.1	0.75		22.686	0.802
2.0	92.8	1.00		25.334	0.896
2.5	99.2	1.25		27.082	0.958
3.0	116.7	1.50		31.859	1.127
3.5	123.5	1.75		33.716	1.193
4.0	125.7	2.00		34.316	1.214
4.5	128.1	2.25		34.971	1.237
5.0	130.8	2.50		35.708	1.263
5.5	132.7	2.75		36.227	1.281




Britzy E. García Correa
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP. N°: 189336



LABORATORIO TECNICO DE MECANICA DE SUELOS

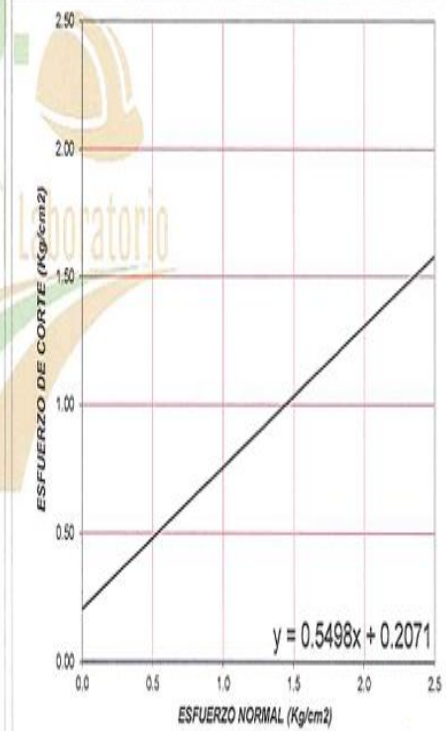
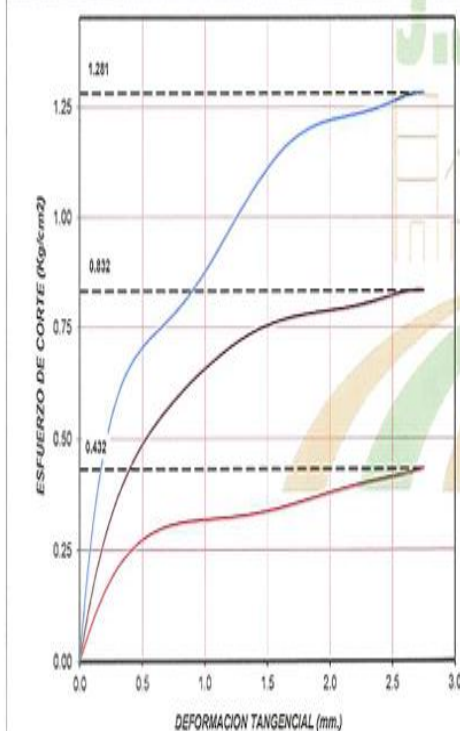
Asesoría técnica, control de obras civiles,
Elaboración de estudios técnicos.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

(NTP-339.171 / ASTM D-3080)

PROYECTO : MEDIDAS ESTRUCTURALES Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LAS FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO, 2024	
UBICACIÓN : DISTRITO DE AMARILIS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO	
SOLICITANTE : BACHILLER SOTO ALVARADO GUSTAVO NICEAS	
REVISADO : ING. BRITZY E. GARCÍA CORREA	MUESTRA : C-01 / M-1
PROF (m) : 0.20 - 3.00	FECHA : SETIEMBRE DEL 2024

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES					
MUESTRA N°	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm²)	CONT. HUM. (%)	DENS. SECA (gr/cm³)	ESFUERZO NORMAL (Kg/cm²)
01	6.0	28.27	7.0	1.884	0.5
02	6.0	28.27	7.0	1.884	1.0
03	6.0	28.27	7.0	1.884	2.0
CLASIF. SUCS : SC-SM LL : 17 LP : 4 % MENOR QUE MALLA N° 200 : 34.9					



RESULTADOS DE ENSAYOS			
COHESIÓN (Kg/cm²)	0.18	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	28.8



Britzy E. García Correa
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP. N°: 189336

Celular : (082) 962600874
E-mail : Walter@hno.com
Dirección: Las viñas - Pje. Bolán - B-03 -
Pílica Marca - Huánuco



LABORATORIO TECNICO DE MECANICA DE SUELOS

Asesoría técnica, control de obras civiles,
Elaboración de estudios técnicos.

ENSAYO DE TRIAXIAL - CALICATA 03-M1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL NO CONSOLIDADO
NO DRENADO (UU) - REFERENCIA ASTM D2850

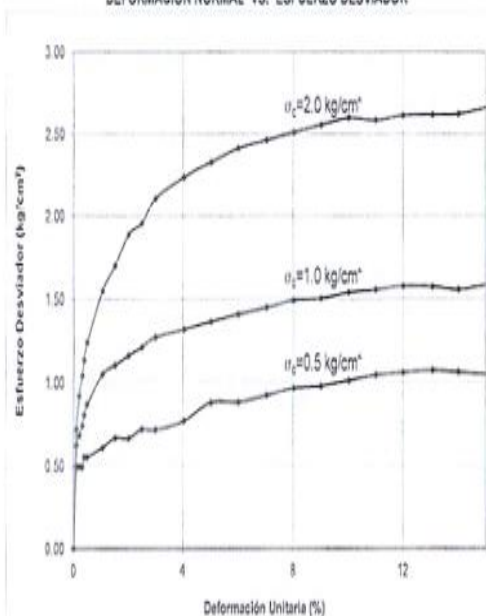
Procedimiento interno AT-PR.11

Estado : Remoldeado (material < tamiz N° 4)
Calicata : C-3
Muestra : M-01
Prof. (m.) : 3.00

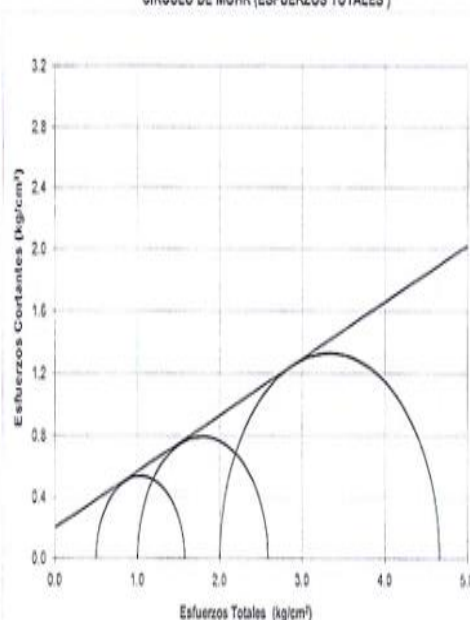
INFORME N° S21-634-23

SOLICITANTE : GUSTAVO NICEAS SOTO ALVARADO
PROYECTO : MEDIDAS ESTRUCTURALES Y ESTABILIZACION DE TALUDES EN LAS
FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL DEL DISTRITO DE AMARILIS,
HUÁNUCO, 2024
UBICACIÓN : MURO DE CONTENCIÓN - FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL,
DISTRITO DE AMARILIS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANUCO
FECHA : 06 DE SETIEMBRE DEL 2024

DEFORMACIÓN NORMAL VS. ESFUERZO DESVIADOR



CIRCULO DE MOHR (ESFUERZOS TOTALES)



Cohesión (C) : 0.20 kg/cm²
Angulo de Fricción (ϕ) : 22.04 °



Britzy R. García
INGENIERA
Reg. CIP. N°: 189336

ING. HECTOR ESPINOZA CCENTE
JEFE IN LABORATORIO N° DE MECANICA
DE SUELOS Y FUNDAMENTOS UNI-FC

Av. Túpac Amari 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019
e-mail: lms_fio@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe, www.lms.uni.edu.pe



LABORATORIO TECNICO DE MECANICA DE SUELOS

Asesoría técnica, control de obras civiles,
Elaboración de estudios técnicos.

ENSAYOS DE SALES Y SULFATOS



LABORATORIO TECNICO DE MECANICA DE SUELOS

Asesoría técnica, control de obras civiles,

Elaboración de estudios técnicos.

CONTENIDO DE CLORUROS EXPRESADOS COMO ION SO_4 Y CONTENIDO DE SULFATOS EXPRESADOS COMO ION Cl^- (NORMA NTP 339.177 - 178, AASHTO T291 - T290)	
PROYECTO	MEDIDAS ESTRUCTURALES Y ESTABILIZACION DE TALUDES EN LAS FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO, 2024
ENSAYADO	: J.J. TEC.
REVISADO	: ING. BRITZY E. GARCIA CORREA
FECHA	: SETIEMBRE DEL 2024
SOLICITA	: BACHILLER SOTO ALVARADO GUSTAVO NICEAS

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: C - 01 - MURO DE CONTENCIÓN - FALDAS DEL CERRO SAN CRISTOBAL
MUESTRA	: M - 1
PROF.	: 0.20 - 3.00 m.

Ensayo 01

REPORTE DE RESULTADOS SULFATOS	LIMITES MAX. PERMISIBLES % P.P.M.	RESULTADOS	
		GRADO DE ALTERACION	PORCENTAJE P.P.M.
Sulfatos como ión SO_4	0-1000	LEVE	227
Sulfatos como ión SO_4	1000 - 2000	MODERADO	
Sulfatos como ión SO_4	2000 - 20,000	SEVERO	
Sulfatos como ión SO_4	>20,000	MUY SEVERO	
REPORTE DE RESULTADOS CLORUROS	LIMITES MAX. PERMISIBLES % P.P.M.	RESULTADOS	
		GRADO DE ALTERACION	PORCENTAJE P.P.M.
Cloruros como ión Cl	0-5999	NO PERJUDICIAL	288
Cloruros como ión Cl	> 6,000	PERJUDICIAL	
ataque acido - pH a 15.9°C	>4		7.1

(*) Límites máximos permisibles de concentración de sustancias según ETC-CBVT-2008 MTC



Britzy E. Garcia Correa
Britzy E. Garcia Correa
 INGENIERA CIP:
 Reg. CIP. N°: 183336

Celular : (062) 952800874
 E-mail : tofer16hco@gmail.com
 Dirección: Las viñas - Pje Belén - B-03 -
 Pálico Marca - Huánuco

ANEXO 4

PANEL FOTOGRÁFICO DE ESTUDIO DE SUELOS



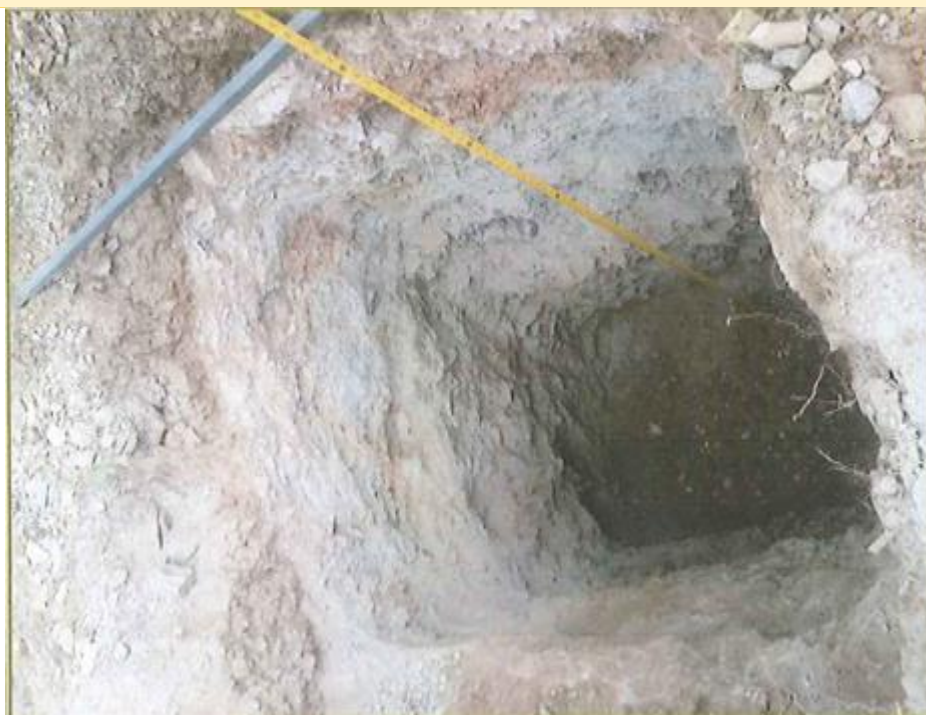
Vista fotográfica de la calicata N°1 – cerro San Cristóbal - San Luis - sector 04 - Amarilis



Vista fotográfica de la calicata N°1 – cerro San Cristóbal - San Luis - sector 04 - Amarilis



Vista fotográfica de la calicata N°2 – cerro San Cristóbal - san Luis - sector 04 - Amarilis



Vista fotográfica de la calicata N°2 – cerro San Cristóbal - san Luis - sector 04 - Amarilis



Vista fotográfica de la calicata N°3 – cerro San Cristóbal - san Luis - sector 04 - Amarilis



Vista fotográfica de la calicata N°3 – cerro San Cristóbal - san Luis - sector 04 - Amarilis



Vista fotográfica del ensayo de limite plástico, para determinar el % del índice de plasticidad (I_p) – cerro San Cristóbal - San Luis -sector 04 - Amarilis



Vista fotográfica del ensayo de limite plástico, para determinar el % del índice de plasticidad (I_p) – cerro San Cristóbal - San Luis -sector 04 - Amarilis



Vista fotográfica del ensayo para determinar el % del contenido de humedad - horno eléctrico – cerro San Cristóbal - San Luis -sector 04 - Amarilis



Vista fotográfica del ensayo de análisis granulométrico por tamizado – cerro San Cristóbal - San Luis -sector 04 - Amarilis



Vista fotográfica del ensayo de análisis granulométrico por tamizado – cerro San Cristóbal - San Luis -sector 04 - Amarilis



Vista fotográfica del ensayo de corte directo – cerro San Cristóbal - San Luis -sector 04 - Amarilis



Vista fotográfica del ensayo de corte directo – cerro San Cristóbal - San Luis -sector 04 - Amarilis



vista fotográfica del ensayo triaxial – cerro San Cristóbal - San Luis - sector 04 - Amarilis

ANEXO 5

PANEL FOTOGRÁFICO DE LA ZONA DE ESTUDIO



se puede visualizar la zona en estudio



se puede visualizar la zona en estudio



se puede visualizar la zona en estudio



se puede visualizar la zona en estudio



se puede visualizar la zona en estudio



se puede visualizar la zona en estudio



se puede visualizar la zona en estudio



se puede visualizar la zona en estudio



se puede visualizar la zona en estudio



se puede visualizar la zona en estudio



se puede visualizar la zona en estudio



se puede visualizar la zona en estudio



se puede visualizar la zona en estudio



se puede visualizar la zona en estudio



se puede visualizar la zona en estudio



se puede visualizar la zona en estudio



se puede visualizar la zona en estudio



se puede visualizar la zona en estudio



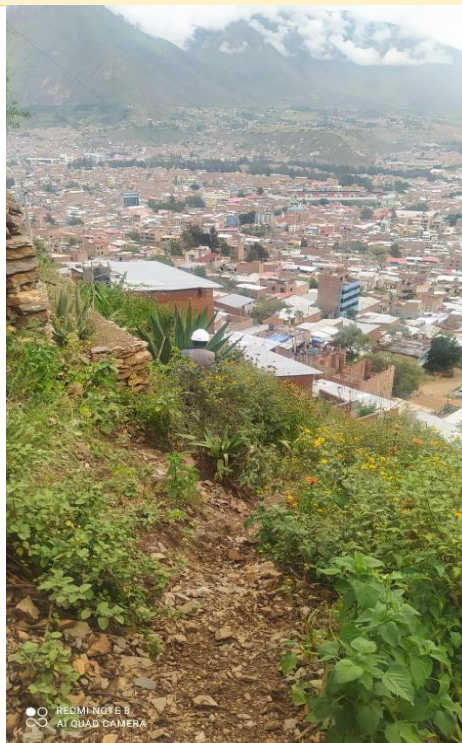
se puede visualizar la zona en estudio



se puede visualizar la zona en estudio



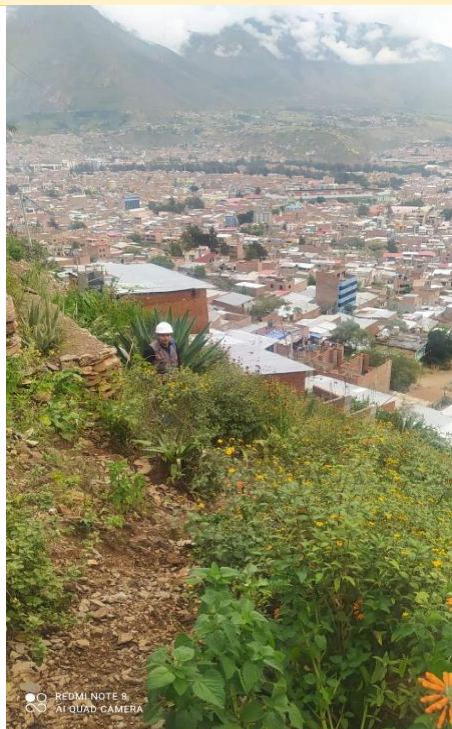
se puede visualizar la zona en estudio



se puede visualizar la zona en estudio



se puede visualizar la zona en estudio



se puede visualizar la zona en estudio
