

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“Uso del muro claveteado para solucionar la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco-Huánuco del tramo Km 369+300-hasta el Km 372+200, 2024”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Vara Saravia, Gustavo Sergio

ASESORA: Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda

HUÁNUCO – PERÚ

2024

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 civil**Disciplina:** Ingeniería civil**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): 46732458

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73645168

Grado/Título: Máster en dirección de proyectos

Código ORCID: 0009-0001-0745-5433

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Aguilar Alcántara, Leonel Marlo	Maestro en ingeniería civil con mención en dirección de empresas de la construcción	43415813	0000-0002-0877-5922
2	Miraval Rojas, Biseth	Maestro en gestión y negocios, con mención en gestión de proyectos	47474699	0000-0001-5605-3003
3	Valdivieso Echevarria, Martin Cesar	Maestro en gestión pública	22416570	0000-0002-0579-5135



UNIVERSIDAD DE HUANUCO

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 09:30 horas del día jueves 12 de diciembre de 2024, 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. LEONEL MARLO AGUILAR ALCÁNTARA	PRESIDENTE
❖ MG. BISETH MIRAVAL ROJAS	SECRETARIA
❖ MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA	VOCAL

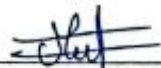
Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 2732-2024-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "USO DEL MURO CLAVETEADO PARA SOLUCIONAR LA INESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUÁNUCO DEL TRAMO KM 369+300-HASTA EL KM 372+200, 2024", presentado por el (la) Bachiller. Bach. Gustavo Sergio VARA SARAVIA, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

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

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

Siendo las 10:30 horas del día 12 del mes de diciembre del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCÁNTARA
DNI: 43415813
ORCID: 0000-0002-0877-5922
PRESIDENTE


MG. BISETH MIRAVAL ROJAS
DNI: 47474899
ORCID: 0000-0001-5605-3003
SECRETARIO (A)


MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA
DNI: 22416570
ORCID: 0000-0002-0579-5135
VOCAL

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: GUSTAVO SERGIO VARA SARAVIA, de la investigación titulada "Uso del muro claveteado para solucionar la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco-Huánuco del tramo Km 369+300-hasta el Km 372+200, 2024", con asesor(a) INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2825-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 24 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas 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, 21 de noviembre de 2024



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



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

38. Vara Saravia Gustavo Sergio.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

6%

2

repositorio.continental.edu.pe

Fuente de Internet

5%

3

www.dspace.uce.edu.ec

Fuente de Internet

2%

4

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

2%

5

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

2%



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



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso; a mis padres, cuyo amor y ejemplo me han inspirado a alcanzar mis metas; a mi esposa, por su apoyo incondicional y su fé en mí, y a mi hijo(a) que viene en camino, a quien ofrezco este esfuerzo como muestra de perseverancia y dedicación.

AGRADECIMIENTO

Agradezco de todo corazón a mi familia, por su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante durante todo este proceso. A mi universidad, por brindarme las herramientas y el espacio necesario para crecer académica y profesionalmente. Y a mi asesora, por su guía, paciencia y valiosos conocimientos compartidos, que fueron clave para la realización de este trabajo.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN	XI
CAPÍTULO I	13
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	13
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2.1 PROBLEMA GENERAL	14
1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO	14
1.3 OBJETIVO GENERAL	14
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.5.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	15
1.5.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	15
1.5.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	16
1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	16
CAPÍTULO II	17
MARCO TEÓRICO	17
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	17
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	17
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES	19
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES	21
2.2 BASES TEÓRICAS	21
2.2.1 TALUD	21
2.2.2 ÍNDICES DE ESTABILIDAD	22
2.2.3 MÉTODO DE ANÁLISIS	23

2.2.4	TIPOS DE FALLAS.....	26
2.2.5	SISTEMA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES	27
2.2.6	INESTABILIDAD DE TALUDES	28
2.2.7	MURO CLAVETEADO (SOIL NAILING).....	28
2.2.8	PARTE DE UN SISTEMA DE MURO CLAVETEADO ...	29
2.2.9	FUNCIONAMIENTO Y APLICABILIDAD DEL SISTEMA DE MURO CLAVETEADO.....	31
2.2.10	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MURO CLAVETEADO.....	32
2.2.11	PROGRAMA SLIDE	33
2.3	DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	34
2.4	HIPÓTESIS	35
2.5	VARIABLES.....	35
2.5.1	VARIABLE DEPENDIENTE.....	35
2.5.2	VARIABLE INDEPENDIENTE	35
2.6	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)	36
CAPÍTULO III		38
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		38
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	38
3.1.1	ENFOQUE.....	38
3.1.2	ALCANCE O NIVEL.....	38
3.1.3	DISEÑO	39
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	39
3.2.1	POBLACIÓN.....	39
3.2.2	MUESTRA	39
3.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	40
3.3.1	PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	40
3.3.2	PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	41
3.3.3	PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	41
CAPÍTULO IV.....		42
RESULTADOS.....		42

4.1	PROCESAMIENTO DE DATOS	42
4.1.1	TOPOGRAFÍA DE LA POBLACIÓN Y MUESTRA	42
4.1.2	PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL TALUD.....	45
4.1.3	CONFIGURACIÓN DEL PENDIENTE DEL KM 369+800 EN SLIDE	46
4.1.4	ANÁLISIS DEL TALUD KM 369+800	47
4.1.5	APLICACIÓN DEL MURO CLAVETEADO EN EL TALUD KM 369+800	50
4.1.6	ANÁLISIS DEL TALUD KM 369+800 CON EL MURO CLAVETEADO.....	52
4.2	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	55
4.2.1	PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	55
4.2.2	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	55
	CAPÍTULO V.....	58
	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	58
5.1	CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	58
	CONCLUSIONES	60
	RECOMENDACIONES.....	62
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
	ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Índices de estabilidad sugeridos	22
Tabla 2 Clases de falla en los taludes	25
Tabla 3 Clases de falla en los taludes	26
Tabla 4 Operacionalización de variables	36
Tabla 5 Coordenadas UTM del Km 369+300 hasta el Km 372+200.....	42
Tabla 6 Características del talud Km 369+800	44
Tabla 7 Las coordenadas del Km 369+800	44
Tabla 8 Clasificación SUCS de la muestra del Km 369+800	45
Tabla 9 Características del suelo del Km 353+800 y Km 354+400.....	45
Tabla 10 Síntesis de los Índices de Estabilidad Sin el Uso del Muro Claveteado	49
Tabla 11 Propiedades de Resistencia del Clavo.....	50
Tabla 12 Síntesis de los Índices de Estabilidad Con el Uso del Muro Claveteado.....	54
Tabla 13 Índices de Estabilidad para la contrastación de Hipótesis	55
Tabla 14 Prueba t de Student para la hipótesis General del Km 369+800 ..	56
Tabla 15 Matriz de Consistencia.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Partes de un talud artificial y ladera natural	22
Figura 2 Clasificación del método Equilibrio limite	23
Figura 3 Consideraciones del método de análisis (Equilibrio limite)	24
Figura 4 Tipos de sistemas de estabilización	27
Figura 5 Causas de la inestabilidad de los taludes	28
Figura 6 Representación básica de un talud con el sistema de muro claveteado	29
Figura 7 Sistema de instalación y partes del muro claveteado	31
Figura 8 Representación de un muro claveteado en el programa Slide	34
Figura 9 Población y muestra del Km 369+800 de la carretera Cerro de Pasco- Huánuco	43
Figura 10 Perfil longitudinal de la pendiente en estudio.....	44
Figura 11 Perfil y propiedades de la pendiente Km 369+800 en Slide	46
Figura 12 Índice de estabilidad por Spencer.....	47
Figura 13 Índice de estabilidad por Morgenstern Price	47
Figura 14 Índice de estabilidad por Bishop	48
Figura 15 Índice de estabilidad por Fellenius.....	48
Figura 16 Índice de estabilidad por Janbu	49
Figura 17 Columnas Agrupadas de los Índices Sin el Uso del Muro Claveteado	50
Figura 18 valores asignados en el programa Slide del Soil Nail	51
Figura 19 Dimensión asignadas de los clavos del muro claveteado Km 369+800.....	51
Figura 20 Índice de estabilidad por Spencer.....	52
Figura 21 Índice de estabilidad por Morgenstern Price	52
Figura 22 Índice de estabilidad por Bishop	53
Figura 23 Índice de estabilidad por Fellenius.....	53
Figura 24 Índice de estabilidad por Janbu	54
Figura 25 Columnas Agrupadas de los Índices Sin el Uso del Muro Claveteado	55
Figura 26 Gráfico de comparación para la Prueba de Hipótesis.....	57
Figura 27 Plano de ubicación y localización del proyecto de estudio	73

RESUMEN

El objetivo del presente estudio es evaluar la eficacia del muro claveteado como solución para la inestabilidad de los taludes en el tramo de la carretera Cerro de Pasco a Huánuco, específicamente en el tramo desde el Km 369+300 hasta el Km 372+200. Esta región está sufriendo problemas de estabilidad que afectan la seguridad de las personas y vehículos que transitan por la zona.

Para ello, se realizó un levantamiento topográfico y un estudio de suelos que permitieron modelar el talud en el programa Slide. Los coeficientes de seguridad del talud sin intervención y con la implementación del muro claveteado se determinarán mediante un análisis utilizando el programa Slide. Los resultados indicaron que el método de Spencer tuvo un índice de estabilidad de 1.239, Morgenstern-Price de 1.236, Bishop de 1.242, Fellenius de 1.217 y Janbu de 1.218 en el talud sin refuerzo, todos por debajo del valor mínimo recomendado de 1.50. Tras la implementación del muro claveteado, los índices mejoraron significativamente y superaron el umbral de seguridad, llegando a 1.772 por Spencer, 1.771 por Morgenstern-Price, 1.781 por Bishop, 1.571 por Fellenius y 1.525 por Janbu.

Además, se llevó a cabo una comparación de hipótesis que confirme la capacidad del muro claveteado para aumentar la estabilidad de los taludes.

Palabras Claves: estabilidad de taludes, muro claveteado, coeficiente de seguridad, geotecnia, carretera Cerro de Pasco–Huánuco, Slide.

ABSTRACT

The objective of the present study is to evaluate the effectiveness of the spiked wall as a solution for the instability of the slopes in the section of the Cerro de Pasco to Huánuco highway, specifically in the section from Km 369+300 to Km 372+200. This region is suffering stability problems that affect the safety of people and vehicles traveling through the area.

To do this, a topographic survey and a soil study were carried out that allowed the slope to be modeled in the Slide program. The safety coefficients of the slope without intervention and with the implementation of the nailed wall will be determined through an analysis using the Slide program. The results indicated that the Spencer method had a stability index of 1.239, Morgenstern-Price of 1.236, Bishop of 1.242, Fellenius of 1.217 and Janbu of 1.218 on the unreinforced slope, all below the minimum recommended value of 1.50. After the implementation of the spiked wall, the indices improved significantly and exceeded the safety threshold, reaching 1,772 for Spencer, 1,771 for Morgenstern-Price, 1,781 for Bishop, 1,571 for Fellenius, and 1,525 for Janbu.

In addition, a comparison of hypotheses was carried out to confirm the ability of the spiked wall to increase the stability of the slopes

Keywords: Slope stability, nailed wall, safety coefficient, geotechnics, Cerro de Pasco–Huánuco highway, Slide.

INTRODUCCIÓN

La capacidad de transporte es fundamental para el progreso económico y social, tanto en el mundo como en Perú. La seguridad y la estabilidad de las carreteras son esenciales para mantener la seguridad de los usuarios y preservar el medio ambiente alrededor. La estabilidad de los taludes es especialmente crucial en la ingeniería geotécnica y civil porque su debilidad puede tener consecuencias catastróficas.

Se han detectado problemas importantes de inestabilidad de taludes en el segmento desde el Km 369+300 hasta el Km 372+200 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco. Se propone la implementación del muro claveteado, una técnica de refuerzo que ha demostrado ser eficaz en mejorar la estabilidad de pendientes, para abordar esta problemática.

El objetivo principal de este estudio es determinar cuán efectivo es el muro claveteado para estabilizar los taludes de ese tramo. Para lograr esto, se realizaron simulaciones utilizando el programa geotécnico Slide para comparar los índices de estabilidad obtenidos antes y después de la implementación del muro claveteado. Spencer, Morgenstern-Price, Bishop Simplificado, Fellenius y Janbu ofrecen una evaluación exhaustiva de la estabilidad del talud.

Como resultado, la tesis está organizada en los capítulos siguientes:

El Capítulo I describe el problema y los objetivos de la investigación. Además, se analizan las razones detrás de la realización del estudio, sus limitaciones y su viabilidad. La revisión de los antecedentes a nivel nacional, local e internacional se lleva a cabo al principio.

El Capítulo II aborda el marco teórico de la investigación. Después se presentan los términos clave y los fundamentos teóricos de las variables de estudio. Además, se identifican las variables, se desarrollan hipótesis generales y específicas y se crea una matriz de consistencia para su evaluación.

El Capítulo III establece el tipo, el enfoque, el nivel y el diseño de la investigación. Se proporcionan detalles sobre la población y la muestra del estudio, así como las técnicas, herramientas y procedimientos utilizados para recopilar, presentar, analizar e interpretar los datos.

El Capítulo IV examina el proceso de procesamiento de datos de la investigación y prueba y contrasta las hipótesis establecidas.

El Capítulo V analiza los resultados, las conclusiones y las sugerencias del estudio.

Por último, pero no menos importante, se incluyen los anexos de investigación y las referencias bibliográficas pertinentes.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Una preocupación común en la construcción de carreteras y ferrocarriles a nivel mundial es la inestabilidad de los taludes, lo que puede llevar a la acumulación gradual de tierras peligrosas y costosas. Estos eventos causan interrupciones significativas en las rutas de transporte y ponen en peligro la vida de las personas, además de comprometer la infraestructura. La búsqueda de soluciones efectivas para los taludes inestables es crucial a nivel global, ya que son un problema constante en la ingeniería civil y la geotecnia.

En el Perú, este problema no es exclusivo de la nación. Los taludes estables a lo largo de las carreteras son esenciales para la conectividad y el transporte de personas y mercancías debido a la diversidad geográfica y climática del país.

Para abordar la inestabilidad de los taludes, se han propuesto diversas soluciones a nivel mundial y nacional. Entre ellas el uso del muro claveteado, también conocido como Soil Nailing, es una técnica que ha demostrado ser efectiva. Esta técnica de estabilización de taludes implica un anclaje en el terreno y la inserción de elementos estructurales, generalmente barras o clavos, en la masa del talud. Estos componentes estructurales fortalecen el suelo, lo hacen más resistentes a la carga y mejoran la resistencia del talud a los reducidos.

La carretera Huánuco-La Unión ha enfrentado problemas persistentes relacionados con la inestabilidad de los taludes en el tramo de estudio, factores como las precipitaciones pueden saturar el suelo, aumentar la presión de poros y reducir la resistencia al corte.

La investigación actual se centra en el uso del muro claveteado para resolver la inestabilidad de los taludes en el tramo de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco del tramo Km 369+300-hasta el Km 372+200. El objetivo del estudio es determinar si el muro claveteado es una solución efectiva para este problema geotécnico. Para lograr esto, se realizará una simulación exhaustiva del programa Slide para evaluar su eficacia y determinar si cumple con los estándares de seguridad y estabilidad requeridos.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿En qué medida el uso del muro claveteado conseguirá solucionar la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco – Huánuco del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200?

1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO

¿Cómo influye las propiedades geotécnicas del suelo en el uso del muro claveteado para solucionar la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco–Huánuco del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200?

¿Cómo influye las propiedades del refuerzo en el uso del muro claveteado para solucionar la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco–Huánuco del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200?

¿Qué índices de estabilidad en obtendrá sin y con el uso del muro claveteado para solucionar la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco–Huánuco del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200?

¿Cómo influye la elección y configuración del programa geotécnico Slide, en los resultados de simulación del uso del muro claveteado para solucionar la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco–Huánuco del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200?

1.3 OBJETIVO GENERAL

Determinar si el uso del muro claveteado conseguirá solucionar la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco–Huánuco del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar y determinar cómo influye las propiedades geotécnicas del suelo en el uso del muro claveteado para solucionar la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco–Huánuco del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200.

Determinar cómo influye las propiedades del refuerzo en el uso del muro claveteado para solucionar la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco–Huánuco del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200.

Calcular los índices de estabilidad sin y con el uso del muro claveteado para solucionar la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco–Huánuco del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200.

Determinar cómo influye la elección y configuración del programa geotécnico Slide, en los resultados de simulación del uso del muro claveteado para solucionar la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco–Huánuco del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200.

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

A nivel teórico, esta investigación se basó en la necesidad de ampliar el conocimiento en el campo de la ingeniería geotécnica y de estructuras. El uso de muros claveteados como solución a la inestabilidad de taludes es un área de estudio que requiere más atención.

Un aspecto que aún va a requerir una comprensión más profunda es la teoría detrás de la interacción entre las propiedades geotécnicas del suelo, las propiedades de refuerzo y la elección del programa geotécnico, así como cómo influyen en la estabilidad del talud. El objetivo de esta investigación llenó ese vacío teórico proporcionando información útil para futuros estudios y proyectos de ingeniería geotécnica.

1.5.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

En la actualidad, la inestabilidad de los taludes en las carreteras es un problema importante porque afecta tanto la infraestructura vial como la seguridad de los usuarios. En el área ubicada entre los kilómetros 369+300 y 372+200 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco, se han registrado frecuentes deslizamientos de taludes. Estos eventos no solo han causado interrupciones en el tráfico, sino que también han puesto en peligro la población y el medio ambiente cercano. La justificación práctica de esta investigación radica en la necesidad imperante de encontrar y modelar una solución práctica para la estabilización de estos taludes contribuye a la seguridad vial y al bienestar de la comunidad local.

1.5.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Utilizando programas geotécnicos como Slide, la metodología de esta investigación se apoyó en la simulación en base a dicho programa. La eficacia de este método o enfoque se basó en su justificación metodológica. La simulación permitió replicar las condiciones reales, se evaluó el comportamiento del muro claveteado y se determinó su efectividad en la estabilización de los taludes. Este método proporcionó resultados confiables y precisos sin necesidad de intervenciones directas en el sitio, lo que lo convierte en una metodología rentable y segura.

1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Una limitación fue la disponibilidad estudios similares a nivel local en el lugar de estudio o cercanos a ella con uso de muro claveteado.

Además, debido a la complejidad entre interacciones suelo-refuerzo-programa geotécnico, se requirió de una cierta simplificación del modelo. Además, es importante tener en cuenta que, al ser una simulación, los resultados pueden no reflejar completamente la realidad, aunque se aproximó mucho a ella.

1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La viabilidad de la investigación es alta debido a varias razones:

Se llevó a un cabo un levantamiento topográfico y un estudio de mecánica del suelo en el lugar para obtener datos precisos que serán necesarios para los análisis correspondientes.

La accesibilidad de esta investigación se basó en la accesibilidad a programas geotécnicos avanzados, como Slide, que permitió realizar simulaciones de alta calidad.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Caussin y Cruz (2019) en su tesis con título: *“Estabilidad de talud mediante el método de Soil Nailing”*; presentada a la Universidad Mayor de san Andrés; con el objetivo de calcular la estabilidad del talud en estudio por medio del suelo clavado o también conocido como Soil nailing, llegando a las siguientes conclusiones: 1) En suelos rocosos con alta dureza y baja cohesión entre las partículas, el método Soil nailing aumenta la resistencia y prolonga la vida útil de la estructura. Por lo tanto, la técnica es una herramienta segura y veloz para estabilizar el talud. 2) Se hizo un énfasis en el dimensionamiento adecuado del voladizo del muro para reducir las deformaciones excesivas en la parte superior del muro y lograr una redistribución de las presiones en el suelo. Además, la separación entre los dientes debe ser adecuada, tomando en cuenta los valores mínimos y máximos establecidos por la metodología de diseño, para evitar grandes magnitudes de los momentos accionantes. 3) En base a las características del suelo se tuvieron en cuenta para determinar la longitud adecuada de los clavos. 4) La técnica de deconstrucción del muro de claveteado depende del proyecto en sí, de lo accidental del talud y de la finalidad del muro de claveteado. Por lo general, se utiliza este método para taludes casi verticales con un ángulo de 10° a 15°. La técnica de ejecución es la excavación de arriba hacia abajo, que consiste en realizar una excavación inicial a una profundidad de 2 a 3 metros con el ángulo mencionado anteriormente y una longitud de 3.

Bustos y Datan (2021) en su tesis con título: *“Alternativas de diseño de estabilización de taludes (terraceo y Soil nailing) tomando en cuenta los costos de movimientos de tierras en función de la distancia de escombreras”*, presentada a la Escuela Superior Politécnica del Litoral; Se planteó como objetivo evaluar los efectos de dos opciones de diseño de estabilización de taludes (terraceo y anclaje) en los costos de

construcción para los taludes ubicados en los redondeles IESS y 12 de Octubre de la Autopista Cuenca - Azogues - Biblián. Se tomarán en cuenta los costos de movimiento de tierras en función de la distancia a las escombreras; llegando a las siguientes conclusiones: 1) En los dos casos examinados, se logró estabilizar los taludes cumpliendo con los requisitos de seguridad mínimos establecidos por la normativa ecuatoriana (NEC, 2015), a costos comparables con la técnica de terraceo. La técnica de tallado de suelo es una alternativa viable para estabilizar los taludes en varios tipos de suelo. 2) En el caso del talud estudiado en Redondel 12 de octubre, si la escombrera se encuentra a 10 Km, la propuesta de intervención con tallado de tierra es un 22% más costosa que la estabilización con terraceo, mientras que esta diferencia se reduce a un 7% si la escombrera se encuentra a 20 Km y el punto de equilibrio se encuentra a 25 Km. En otras palabras, si la escombrera se encuentra a esta distancia, las dos propuestas tendrán un costo similar. 3) Se sugiere examinar otras técnicas de estabilización, como la técnica Soil nailing, cuando la estabilización de un talud mediante la implementación de terrazas y bermas requiere grandes volúmenes de movimiento de tierras.

Calderón (2023) en su tesis con título: *“Diseño de un sistema de estabilización de un talud, en el barrio “Espejo” de la parroquia Chillogallo, Cantón Quito, provincia de Pichincha”*, presentado a la Universidad Politécnica Salesiana, se planteó como objetivo analizar la estabilización del talud mediante la colocación de una geomalla en base de fibra de coco, llegando a las siguientes conclusiones: 1) Se utilizó la modelación en GEO5 para diseñar un sistema de estabilización claveteado para este proyecto. Se aplicó a las especificaciones técnicas, normas y NEC 2015 y ACI 318-19. El mismo asegura la seguridad y el bienestar de los habitantes de la zona. 2) Se utilizó el software Geo5 para modelar el sistema de estabilización para observar el comportamiento del muro claveteado. Este análisis sísmico produjo un factor de seguridad promedio de 2,02. Esto garantizó la estabilidad y la seguridad. 3) En el proyecto se determinaron dos opciones de solución: muros de retención anclados y claveteados, que son respectivamente

tres veces más costosos. Sin embargo, cuando se trata de grandes alturas, son extremadamente efectivos.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Mendo (2018) en su tesis con título: *“Análisis de estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero y propuesta de solución con el sistema Soil Nailing- Jicamarca, 2018”*; presentada a la Universidad Cesar Vallejo; con el objetivo de determinar el impacto del uso del sistema Soil Nailing en el análisis de la estabilidad del talud de un Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca; llegando a las siguientes conclusiones: 1) El sistema Soil Nail incorporado tuvo resultados muy aceptables, ya que los factores de seguridad arrojados son $FS > 1$. De esta manera, se puede garantizar que este método mejora la estabilidad del talud en el lugar de estudio. Además, se concluye que los diseños ingenieriles tipo Soil Nailing, se adecúan efectivamente a las condiciones del talud, generando estabilidad a su problemática. 2) Además, se decide que el diseño de muro clavado con separación de 1 metro en sentido vertical y 1 metro en sentido horizontal es la mejor comparación con los otros dos diseños. Esto se debe a que utilice menos acero, cuesta menos tiempo de construcción y construye más rápido. 3) Finalmente, se llegó a la conclusión de que las separaciones entre clavos de 1 m, 1,5 m y 2 m tienen un impacto en el factor de seguridad porque sus resultados dependen de la separación que tienen. Sin embargo, los análisis realizados con estas separaciones muestran un valor superior a 1, por lo que se estaría cumpliendo con las normas nacionales e internacionales que dicen que un talud debe tener un FS superior a 1.

Hospinal y Laureano (2020) en su tesis con título: *“Propuesta de estabilidad de taludes en tramos sinuosos en la carretera Mollepata - Pallasca”*; la cual fue presentada a la Universidad Ricardo Palma; tiene como objetivo de proponer estabilizar los taludes en zonas complicadas de la carretera Mollepata-Pallasca, llegando a las siguientes conclusiones: 1) Al analizar la estabilidad del talud natural, encontraron que no es estable ya que los factores de seguridad son menores en condiciones realistas (menos de 1,5) y menores en condiciones pseudoestáticas (menos de 1,25). Para realizar un corte de acuerdo con

la clasificación de materiales, este talud se cortaría para tener un ángulo de 83° con la altura del espacio si se ampliara la vía, la inestabilidad inicial se agravaría al realizar ese corte, por lo que se optó el Soil Nailing como solución porque permite realizar la estabilidad del talud en esas circunstancias. 2) Finalmente se puede observar que los factores de seguridad cumplen en condiciones estáticas y pseudoestáticas al realizar el análisis de estabilidad utilizando el método probabilístico con el sistema Soil Nailing.

Díaz (2021) en su tesis con el título: *“Uso del sistema Soil nailing para solucionar la inestabilidad del talud, en la carretera PE-3S kilómetro 628+300 al 628+450 sector Yahuarí, distrito de Santa María de Chicmo - 2021”*; presentada a la Universidad Continental, con un objetivo de que la inestabilidad del talud en el sector Yahuarí de la carretera PE-3S kilómetro 628+300 al 628+450 en el distrito de Santa María de Chicmo se puede resolver mediante el uso del sistema Soil nailing; llegando a las siguientes conclusiones: 1) En este estudio, se encontró que el sistema logró solucionar la inestabilidad del talud en la carretera PE-3S kilómetro 628+300 al 628+450 en el sector Yahuarí. Los factores de seguridad determinísticos obtenidos, que fueron de 1,58 en condiciones estáticas y 1,28 en condiciones pseudoestáticas, indicaron que el talud era seguro y estable. La estabilización se logra con una separación de un metro entre los clavos y una longitud de doce metros. 2) Cuando se incluye el sistema, se encuentra que la relación de la longitud del clavo sobre la altura del muro (L/H) tiene un impacto significativo en el factor de seguridad general del talud. Esto se debe a que a medida que aumenta la longitud de los clavos, estos tendrán más capacidad para intersectar y atravesar la superficie de falla del talud, lo que aumenta la resistencia a la extracción de clavos. Además, para transferir las cargas permitidas al suelo, los clavos de menor longitud requieren una inclinación mayor ($>15^\circ$). 3) Debido a que la distancia entre los anclajes aumenta el área tributaria y la carga en los anclajes individuales, la separación de los anclajes influye en el factor de seguridad del talud. El factor de seguridad es igual a 1.577 cuando el clavo tiene un ángulo de inclinación de 20 grados y una longitud de 12 metros, con una separación

horizontal y vertical de 1 metro. Cuando la separación aumenta a 1,80 metros, el factor de seguridad disminuye a 1,244. 4) De igual manera, el factor de seguridad se reduce a 1.093 cuando la separación alcanza los 2.50 m. Por lo tanto, se cree que el talud es estable pero inseguro. Es necesario que la distancia entre los clavos sea lo más corta posible (al menos 1 m), para garantizar que el factor de seguridad sea superior a 1,50 en condiciones estáticas y 1,25 en condiciones pseudoestáticas.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

En la actualidad, resulta difícil encontrar estudios relacionados a la variable independiente que involucren el uso de un muro claveteado para solucionar la inestabilidad de los taludes (variable dependiente), tanto en la Universidad de Huánuco (UDH) como en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán (UNHEVAL).

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 TALUD

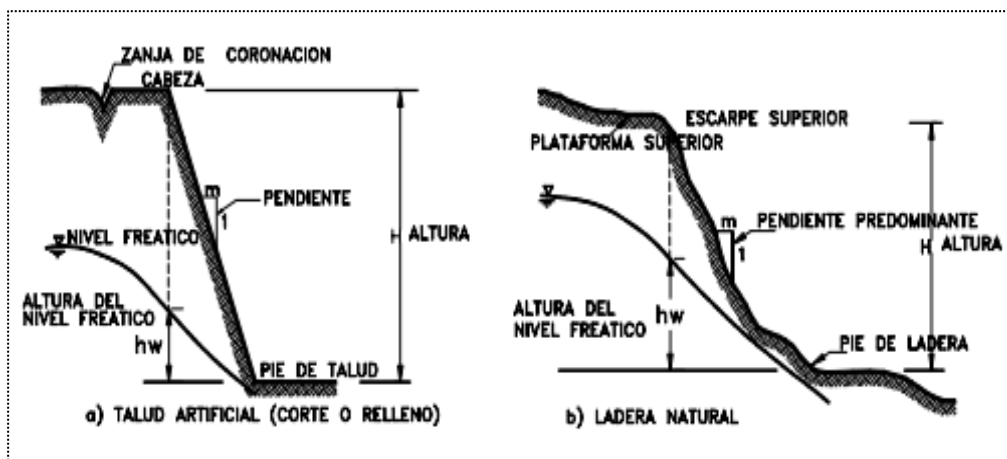
Según Suarez (1998) un talud o ladera es una masa de tierra con grandes pendientes o cambios de altura a pesar de ser plana. En la literatura técnica, se define como ladera cuando su conformación actual fue causada por un proceso natural y talud cuando su conformación fue causada por un proceso artificial.

Las laderas que han permanecido estables durante muchos años pueden fallar de manera imprevista debido a cambios topográficos, sismicidad, flujos de agua subterráneo, cambios en la resistencia del suelo, meteorización o factores antrópicos o naturales que alteran su estado natural de estabilidad.

Los terraplenes, los cortes de laderas naturales y los muros de contención son las tres categorías principales de taludes. También se pueden presentar combinaciones de varios tipos de laderas y taludes.

Figura 1

Partes de un talud artificial y ladera natural



Fuente. Suarez, 199)

Nota. La imagen muestra la geometría o perfil estándares de una ladera y talud.

2.2.2 ÍNDICES DE ESTABILIDAD

Montenegro y Tipán (2016) menciona que el índice de estabilidad es una relación entre las fuerzas que actúan sobre el talud y las fuerzas resistentes del suelo que lo conforman. Si las fuerzas accionantes y resistentes son iguales, la técnica de equilibrio límite establece un valor mínimo de 1. Siempre se enfoca en lograr factores de seguridad mínimos o admisibles mayores para la unidad.

Si un talud, ya sea natural o artificial, tiene un valor de seguridad menor que uno, se debe proyectar un sistema de estabilización que pueda aumentar el valor del factor de seguridad, siempre y cuando se justifique su ejecución.

Tabla 1

Índices de estabilidad sugeridos

Factor de Seguridad	Estado
<1	Inestable
1-1.20	Estabilidad cuestionable
1.20-1.50	Estabilidad bajo condiciones estáticas
>1.50	Estable bajo condiciones dinámicas

Fuente. Montenegro y Tipán, 2016

Nota. Muestra los rangos de los índices de estabilidad y el estado donde se encuentre de acuerdo con el valor obtenido.

2.2.3 MÉTODO DE ANÁLISIS

Montenegro y Tipán (2016) menciona que el análisis de la estabilidad de los taludes se basa en la búsqueda de índices llamados de estabilidad que satisfagan los requisitos de estabilidad del talud en análisis.

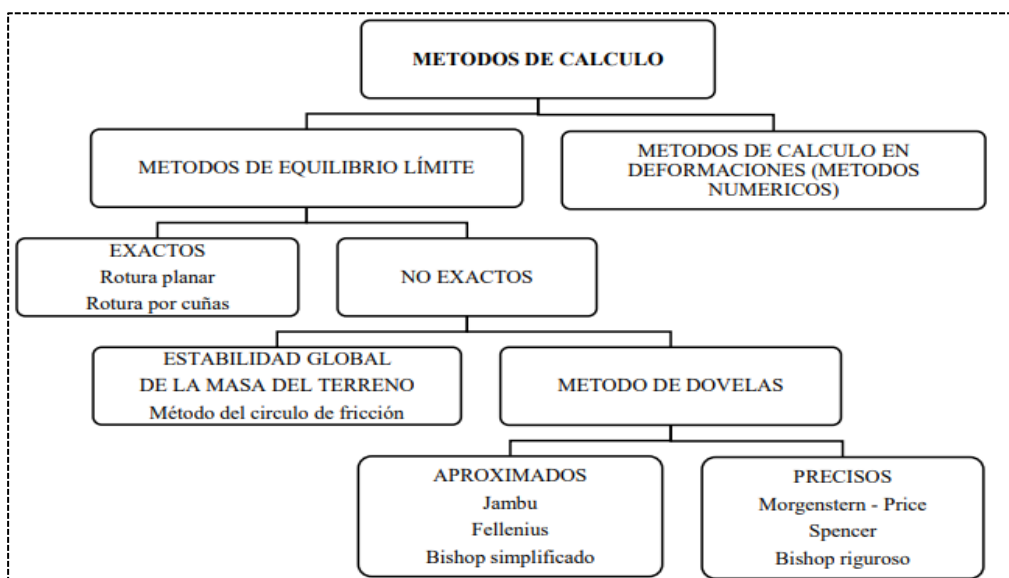
La técnica del límite de equilibrio se ha utilizado para analizar los movimientos de masas de tierra en taludes. Esta técnica establece un factor de seguridad de 1 cuando las fuerzas o momentos accionantes y resistentes son iguales.

Esta técnica utiliza datos sobre la resistencia del suelo, pero no datos sobre la relación esfuerzo-deformación.

Suarez (1998) menciona que los métodos de límite de equilibrio son exactos o no exactos. Debido a la geometría simple de la superficie de falla, la aplicación de las leyes de la estática en los métodos exactos facilita una solución precisa del problema. Además, en los métodos no precisos, el uso de las leyes de la estática no da una solución precisa, lo que resulta en un problema hiperestático donde el número de incógnitas es mayor que el número de ecuaciones disponibles. Por lo tanto, para su solución se realizan simplificaciones o hipótesis previas.

Figura 2

Clasificación del método Equilibrio límite

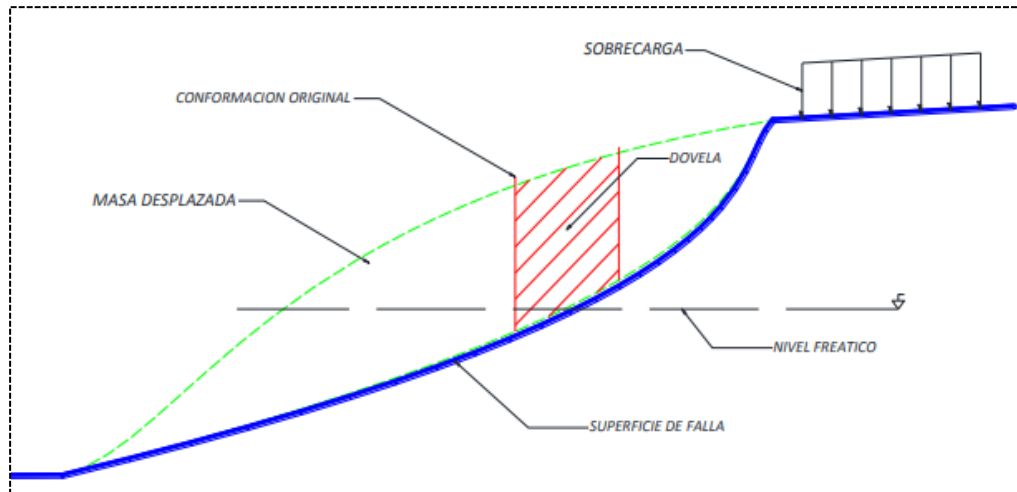


Fuente. Montenegro y Tipán, 2016

Nota. Los métodos precisos y aproximados aparecen en el programa Slide.

Figura 3

Consideraciones del método de análisis (Equilibrio límite)



Fuente. Montenegro y Tipán, 2016

Nota. Se puede realizar el análisis utilizando técnicas que toman en cuenta la longitud de una superficie de falla potencial en la masa de tierra y luego dividen la masa deslizada por encima de la superficie de falla prevista en trozos o palomas, como se muestra en un esquema.

A continuación, se proporciona un resumen breve de los métodos más ampliados para el análisis de la estabilidad de los taludes principales, con una descripción de sus características más pertinentes:

Tabla 2

Clases de falla en los taludes

Método	Superficie	Consideraciones	Aplicación	Ventajas	Limitaciones	Formula
Janbu	No circular	Desprecia las fuerzas verticales entre dovelas, pero satisface el equilibrio de momentos en cada dovela.	Gran utilización práctica. Deben ser consideradas las limitaciones de las rutinas de cálculo.	Superficie de rotura realística. Implementación simple en computadores.	Aplicar en suelos uniformes. Puede ignorar un factor de seguridad. Esta limitación no se aplica al método generalizado.	$F.S. = \frac{f_o \sum \left\{ [c \cdot b + (W - ub) \tan \phi] \frac{1}{\cos \alpha \cdot m_\alpha} \right\}}{\sum (W \tan \alpha)}$ $m_\alpha = \cos \alpha \left(1 + \frac{\tan \alpha \cdot \tan \phi}{F.S.} \right)$
Bishop simplificado	Circular	Considera un equilibrio de fuerzas y momentos entre las dovelas. Resultante de fuerzas verticales entre dovelas es nula.	Método muy usado en la práctica. Un método simplificado y recomendado para proyectos simples.	Método simple con cálculos manuales o en un computador. Resultados conservativos.	Método iterativo. Aplicación imprecisa para suelos estratificados.	$F = \frac{1}{\sum W \cdot \sin \alpha} \sum \left\{ [c \cdot b + (W - u \cdot b) \tan \phi / m_\alpha] \right\}$ $m_\alpha = \cos \alpha \left[1 + \frac{\tan \alpha \cdot \tan \phi}{F} \right]$
Morgenstern y Price	No circular	Satisface todas las condiciones de equilibrio estático. Resuelve el equilibrio general del sistema. Es un método riguroso	Para estudios o análisis detallados (retro análisis)	Consideraciones más precisas que el método de Janbu.	No es un método simple. Exige cálculos en el ordenador	Se calcula por iteraciones

Fuente. Braja, 2015

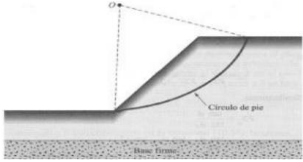
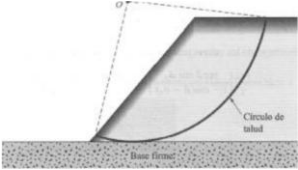
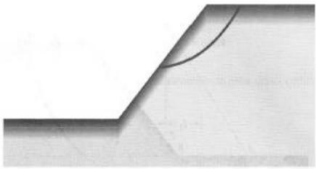
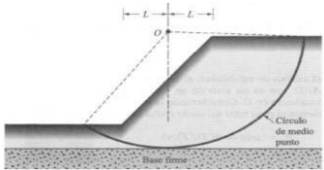
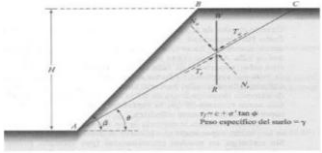
Nota. La tabla el tipo de falla en la superficie de los taludes y sus gráficos representativos.

2.2.4 TIPOS DE FALLAS

Estos conceptos se utilizan en el análisis de estabilidad de taludes para evaluar las condiciones cruciales de gradualmente y encontrar el índice de estabilidad del talud. La geometría del talud, las características del suelo y las condiciones particulares del sitio determinan la superficie de deslizamiento adecuada. Para realizar estos cálculos, se utilizan métodos como el método del límite de equilibrio y el método de las dovelas.

Tabla 3

Clases de falla en los taludes

Tipo de falla	Superficie de Falla	Gráfico
Falla de Talud	Circulo de pie	
Falla de Talud	Circulo de talud	
Falla superficie de talud	Circulo de Talud	
Falla de base	Circulo de medio punto	
Falla plana	Falla plana	

Fuente. Braja, 2015

Nota. La tabla el tipo de falla en la superficie de los taludes y sus gráficos representativos.

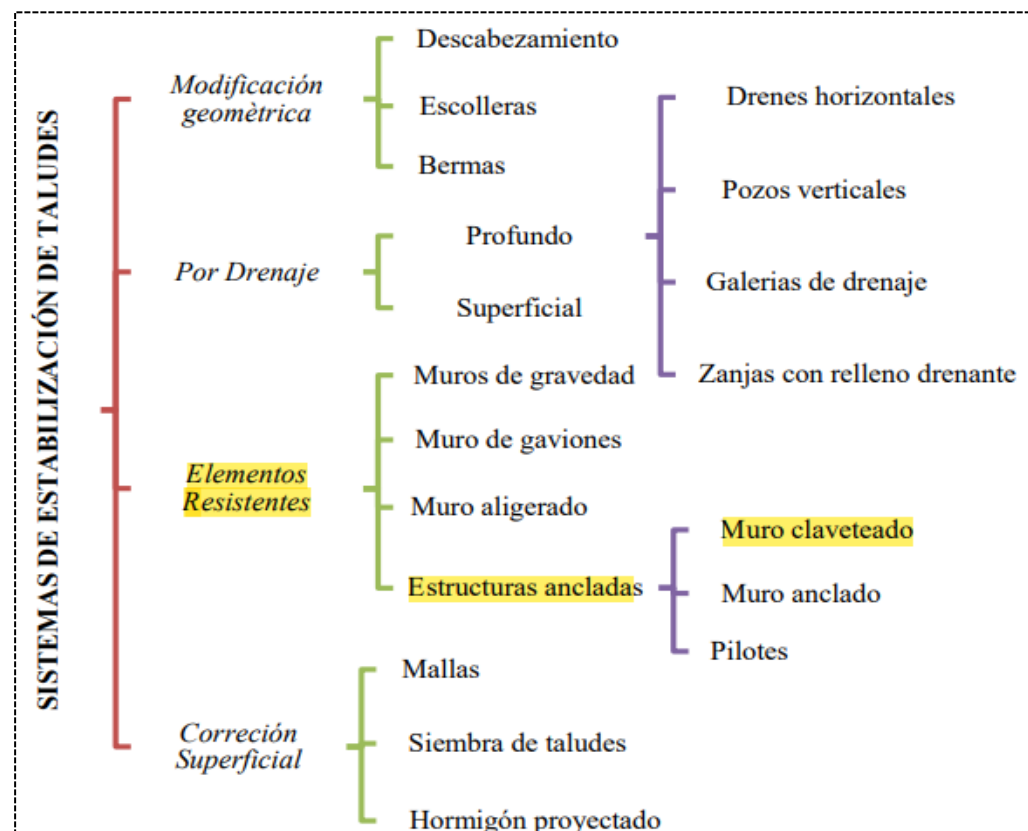
2.2.5 SISTEMA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

Montenegro y Tipán (2016) menciona que en función del tipo de suelo y las características particulares del talud, hay una variedad de sistemas de solución disponibles para taludes con problemas de estabilidad.

El Manual de Taludes del Instituto Geológico y Minero de España propone una clasificación amplia y sintetizada de los sistemas de estabilización, en la que se explica de manera detallada cada uno de los sistemas existentes. Los mismos están representados en el siguiente esquema:

Figura 4

Tipos de sistemas de estabilización



Fuente. Montenegro y Tipán, 2016

Nota. La figura muestra el sistema que es el Muro claveteado, es decir es una estructura anclada de elementos resistentes.

La implementación de cualquier sistema de estabilización requiere la evaluación de varios parámetros para encontrar la solución ideal, incluso si se considera una combinación de varios de estos sistemas.

2.2.6 INESTABILIDAD DE TALUDES

Rico y Juárez (2005) menciona que existen tres tipos de factores que indican en la estabilidad:

Factores geomorfológicos.

La topografía y geometría de del talud.

La distribución de las discontinuidades y estratificaciones.

Factores internos.

Las propiedades mecánicas de los suelos.

El estado de esfuerzos actuantes.

Factores climáticos, el agua superficial y subterránea.

Figura 5

Causas de la inestabilidad de los taludes

Causas de índole geológica	Causas por procesos físicos
Materiales débiles Materiales sensibles Materiales intemperizados Materiales sujetos a cizallamiento Materiales con fisuras y diaclasas Discontinuidades estructurales Permeabilidad contrastante Contraste de materiales con diferente plasticidad	Precipitación intensa Derretimiento rápido de nieve o hielo Eventos precipitación extraordinarios Actividad sísmica Erupciones volcánicas Gelifracción Expansión e hidratación de arcillas
Causas morfológicas	Causas de origen antrópico
Levantamientos tectónicos o volcánicos Erosión glacial Erosión fluvial al pie de laderas Erosión marina al pie de acantilados Erosión glacial al pie de laderas Erosión en márgenes laterales Erosión subterránea Remoción de vegetación por incendios o sequías	Excavación de laderas o del pie de laderas Incremento de peso en laderas Disecación de cuerpos de agua Deforestación Irrigación Actividad minera Vibraciones artificiales

Fuente. Cruden y Varnes, 1996

Nota. La figura muestra los detalles de los factores principales que ocasionan los movimientos de tierra.

2.2.7 MURO CLAVETADO (SOIL NAILING)

Para Pilotes (2015) menciona que el sistema de suelo claveteado (Soil Nailing), consiste en reforzar el suelo in situ mediante la instalación de Soil (clavos) pasivos paralelos, generalmente inclinados hacia abajo con respecto a la horizontal.

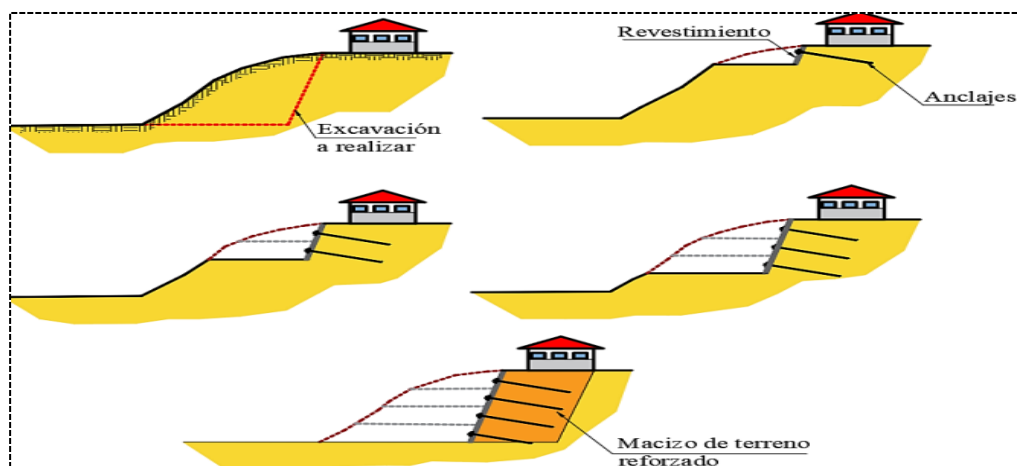
Estos funcionan principalmente en tracción, pero también en flexión y corte. Los Nails se sienten tensas cuando hay fricción entre el suelo y las Nail.

De la misma manera Yepes (2019) hace referencia que el método de Soil nailing, conocido como claveteado de suelo, clavado de suelo, suelo enclavado, muro de suelo enclavado o cosido de suelo. Consiste en perforar e introducir anclajes de refuerzo pasivos o activos, generalmente subhorizontales, para reforzar un talud o suelo a medida que se desciende en la excavación. Estos anclajes funcionan principalmente a tensión, pero también pueden soportar cargas de flexión y corte.

Por otro lado, Ball (2012) también sostiene que el Soil Nailing es una técnica para estabilizar estructuralmente un talud en pendientes que están propensas a deslizarse y que han sido cortados recientemente. Esta técnica implica enlechar una barra de acero hueca o sólida dentro de un orificio perforado y colocar un revestimiento superficial.

Figura 6

Representación básica de un talud con el sistema de muro claveteado



Fuente. Ortuño, 2010

Nota. La figura muestra el proceso de cómo se realiza el sistema de muro claveteado en el talud ya sea natural o artificial.

2.2.8 PARTE DE UN SISTEMA DE MURO CLAVETEADO

Pilotes (2015) menciona que el muro claveteado es un método que consta de tres componentes: anclajes, malla de acero y shotcrete (hormigón proyectado). Se puede usar en cualquier tipo de inclinación, ya sea vertical o de gran inclinación y destaca que su uso más común es en la construcción de túneles.

Por otro lado, Lazarte, et al. (2003) menciona que los componentes principales de un sistema de Soil Nailing son los siguientes:

Barras de acero de refuerzo

El sistema de muros de clavos de suelo utiliza barras de refuerzo de acero. Estos componentes se colocan en perforaciones que ya han sido perforadas y se cementan en su lugar. En respuesta a la deformación de los materiales retenidos durante actividades de excavación posteriores, el esfuerzo de tracción se aplica de forma pasiva a los clavos.

Lechada

Después de la instalación de la varilla, la lechada se introduce en el barreno mediante inyección a baja presión; esta varilla transmite principalmente el voltaje desde el suelo al clavo. La lechada protege también la varilla contra la corrosión.

Cabeza del Nail

El extremo roscado de la varilla que sobresale de la pared se conoce como la cabeza de la varilla.

Tuerca hexagonal, arandela y la placa de apoyo

Estos elementos se adhieren a la cabeza del clavo y conectan la varilla al revestimiento.

Revestimiento Temporal y Permanente

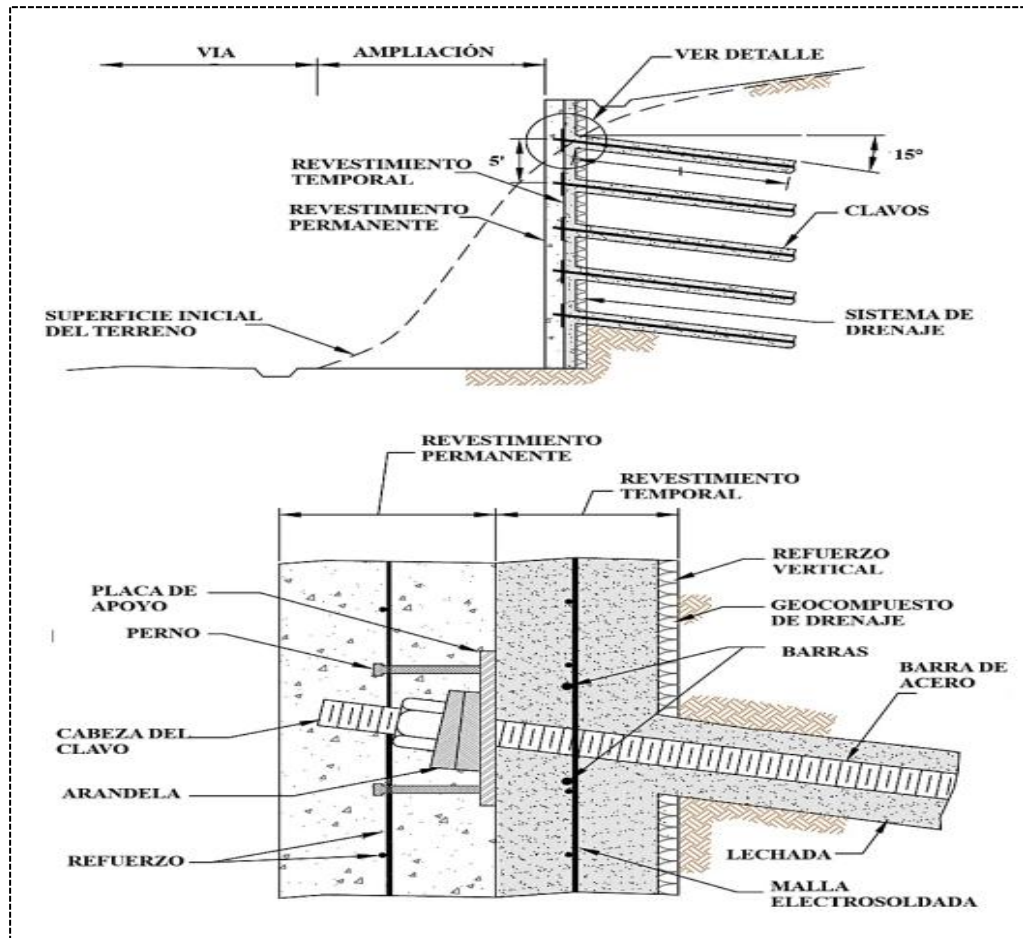
La capa proporciona conectividad estructural. El temporal soporta la placa de apoyo y resiste el suelo expuesto. Antes de avanzar a los siguientes niveles de excavación, este revestimiento se coloca en la excavación sin soporte. Después de instalar los clavos de tierra y apretar la tuerca hexagonal, se coloca el revestimiento permanente sobre el temporal. Este es responsable de brindar conectividad estructural a largo plazo.

Franja de Drenaje Geocompuesta

Para permitir la recolección y transmisión de agua de filtración que puede migrar al revestimiento, se coloca antes de la aplicación del revestimiento temporal.

Figura 7

Sistema de instalación y partes del muro claveteado



Fuente. Lazarte, et al., 2003

Nota. La figura muestra una representación básica del muro claveteado, menciona los componentes principales y función en conjunto como sistema.

2.2.9 FUNCIONAMIENTO Y APLICABILIDAD DEL SISTEMA DE MURO CLAVETADO

Respecto al funcionamiento y para garantizar la estabilidad de un talud Suarez (1998) menciona que se utiliza una estructura claveteada en función de los siguientes factores:

- Creación de fricción o adherencia en la interfaz suelo-clavo
- Una resistencia pasiva que se desarrolla a lo largo de la superficie que se encuentra perpendicular a la dirección del clavo.
- Transferir las cargas de un suelo suelto o blando a uno más resistente.

Por otro lado, Suarez (1998) respecto a la aplicabilidad menciona que muchas obras de contención de suelos utilizan el sistema de clavado de suelos, algunas de las cuales son:

- Excavaciones en cortes de carreteras en forma semivertical.
- Estribos utilizados en puentes.
- Estructuras temporales para la reparación de otros edificios.
- Estabilizar los taludes en rocas fracturadas y meteorizadas, suelos residuales y saprolitos
- Estructuras de contención que protegen los cimientos de los taludes.

2.2.10 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MURO CLAVETEADO

Lazarte, et al. (2003) menciona que las principales ventajas del uso del muro claveteado:

Bajo costo porque las varillas de acero son más económicas que los torones o los cables.

Los clavos se instalan con relativa rapidez y generalmente requieren menos materiales de construcción que los muros anclados.

Cuando hay obstrucciones como cantos rodados, cables o tuberías, se pueden ajustar fácilmente la inclinación y ubicación del clavo.

Debido a que se utilizan muchos más clavos, es más sencillo realizar cambios en el diseño en el campo sin comprometer la seguridad.

Debido a que generalmente se usan equipos pequeños, suelen ser ventajosos en lugares de acceso reducido.

La flexibilidad del sistema ha permitido que se desempeñe bien durante eventos sísmicos.

Para otros sistemas de muros, el revestimiento de concreto proyectado, también conocido como shotcrete, suele ser menos costoso.

De la misma manera Lazarte, et al. (2003) menciona que las principales desventajas del uso del muro claveteado:

Los refuerzos son más necesarios que los de un muro anclado.

Los taludes deben ser lo suficientemente resistentes para resistir las excavaciones sin fallas.

Cuando se filtra una gran cantidad de agua subterránea durante la excavación, los sistemas de suelo claveteado no son adecuados porque el agua aflorante en la superficie del talud puede provocar arrastres del suelo.

2.2.11 PROGRAMA SLIDE

Rocinante (2023) menciona que el conjunto de programas geotécnicos Slide se utiliza ampliamente en ingeniería geotécnica y estructural para el análisis y diseño de estructuras, como muros de contención y sistemas de anclajes como muros claveteados o soil nailing. La versión y los módulos que tengan disponibles determinarán su capacidad para simular y analizar sistemas de anclajes y muros claveteados.

La versatilidad de Slide y su capacidad para abordar una amplia gama de problemas geotécnicos lo convierten en una herramienta útil para analizar la estabilidad de los taludes con sistemas de anclajes con clavos. Slide podría ser una buena opción para esta simulación por varias razones:

BENEFICIOS

Interfaz Amigable: Para ingenieros o estudiantes que no son expertos en programación, Slide generalmente ofrece una interfaz de usuario fácil de entender que facilita la entrada de datos y la interpretación de resultados.

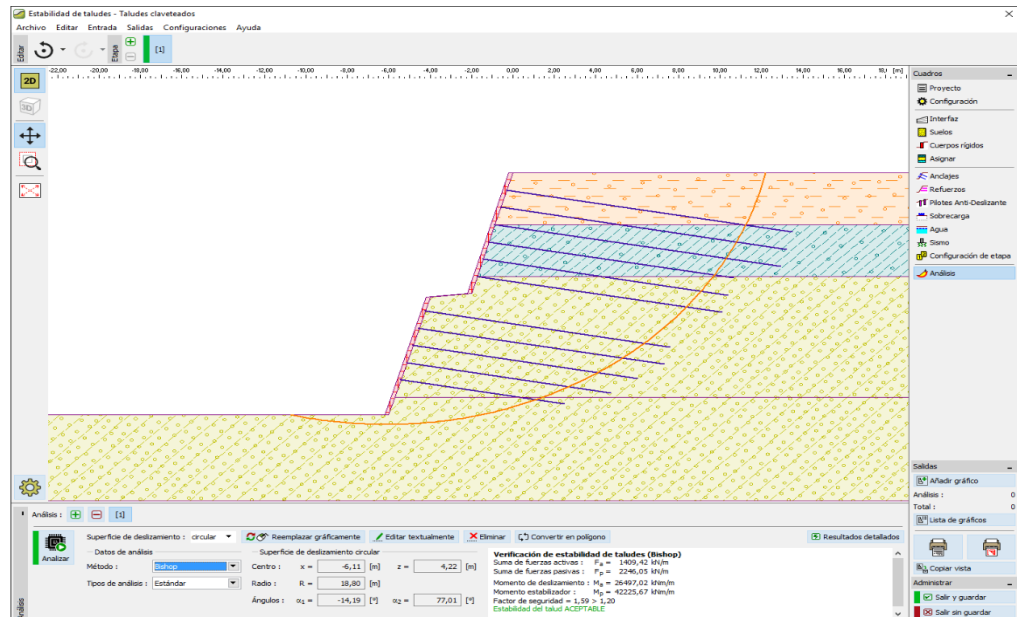
Verificación de Normativas: Con frecuencia, Slide incluye herramientas de verificación basadas en estándares geotécnicos y normativas, lo que garantiza que sus diseños cumplan con los requisitos de seguridad y calidad.

Variedad de módulos: Los módulos de Slide se pueden usar para abordar una variedad de aspectos de la ingeniería geotécnica, como muros de contención, anclajes, asentamientos y otros. Esto permite un análisis completo.

Resultados y Gráficos Claros: El programa produce resultados claros y gráficos que facilitan la interpretación de los análisis, lo que facilita la toma de decisiones de diseño.

Figura 8

Representación de un muro claveteado en el programa Slide



Fuente. Rocinante, 2023

Nota. La imagen muestra un ejemplo representativo de un análisis de estabilidad de un talud con el sistema soil nailing.

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

Análisis Geotécnico: Evaluación de propiedades del suelo y condiciones geológicas para tomar decisiones en el diseño de estructuras geotécnicas. (Suárez, 1998).

Anclajes: Dispositivos que se insertan en el suelo para proporcionar anclaje y resistencia al talud. (Lazarte, et al., 2003).

Ángulo de fricción: Medida de la resistencia al deslizamiento entre partículas de suelo. (Suárez, 1998).

Cohesión: Capacidad del suelo para resistir fuerzas cortantes internas. (Suárez, 1998).

Deslizamiento: Movimiento de masa de suelo en un talud, a menudo causado por factores como la lluvia o la erosión. (Maccaferri, 2005).

Esfuerzo de tensión: Fuerza aplicada a un anclaje que genera una resistencia al deslizamiento del suelo en un talud. (Suárez, 1998).

Muro Claveteado: Sistema de estabilización de taludes que utiliza anclajes y clavos para aumentar la resistencia del suelo. (Suárez, 1998).

Sistema Soil Nailing: Técnica geotécnica que implica la inserción de barras o clavos en el suelo para reforzar un talud. (Lazarte, et al., 2003).

Seguridad Vial: Garantizar que las carreteras sean seguras y funcionales para los usuarios, evitando riesgos. (Suárez, 1998).

Sostenibilidad: Consideración de factores económicos, sociales y ambientales en la implementación de soluciones de estabilización para garantizar resultados a largo plazo. (Lazarte, et al., 2003).

Topografía: Estudio de las características del terreno, incluyendo pendientes, altitudes y características geográficas. (CE.020, 2016).

2.4 HIPÓTESIS

Hi: El uso del muro claveteado conseguirá solucionar efectivamente la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco–Huánuco del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200.

Ho: El uso del muro claveteado no conseguirá solucionar efectivamente la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco–Huánuco del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200.

2.5 VARIABLES

2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Inestabilidad de los taludes.

2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

Uso del muro claveteado.

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)

Tabla 4

Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
V. dependiente Inestabilidad de los taludes	La inestabilidad de los taludes se refiere a la falta de resistencia de una pendiente de terreno a las fuerzas externas, lo que puede provocar pasos, colapsos o movimientos no deseados. Es un fenómeno geotécnico que pone en peligro la seguridad tanto de las personas como de la infraestructura.	Se medirá mediante dos dimensiones la primera dimensión se refiere a una medida cuantitativa de la estabilidad de los taludes. Se calculará utilizando métodos geotécnicos estándar y software especializado, como el índice de estabilidad de Bishop, la segunda dimensión incluye características del suelo, como cohesión, ángulo de fricción interna y características de resistencia al corte.	Índices de estabilidad	• Valor numérico cuando es estable	Cuantitativa de razón	Discreta
				• Valor numérico cuando es inestable	Cuantitativa de razón	Discreta
		Propiedades geotécnicas del suelo		• Peso unitario (kN/m ³)	cuantitativa de razón	Discreta
				• Cohesión (Kpa)	cuantitativa de razón	Discreta
				• Ángulo interno (°)	cuantitativa de razón	Discreta

v. independiente Uso del muro claveteado	Para mejorar la estabilidad de los taludes, el uso del muro claveteado implica la aplicación de estructuras de refuerzo compuestas por clavos o bulones anclados en el terreno. Estos muros se construyen utilizando una técnica de ingeniería geotécnica para prevenir o corregir la inestabilidad de los taludes.	Se utilizarán dos dimensiones para medir. La primera dimensión se refiere a las características de los clavos o bulones utilizados para construir muros claveteados, como la longitud, el diámetro y la resistencia. La segunda dimensión, denominada se refiere al programa informático utilizado para simular la implementación del muro claveteado y evaluar su impacto en la estabilidad del talud.	Propiedades del refuerzo	Longitud de los clavos	Cuantitativa de razón	Discreta
				Diámetro de los clavos	Cuantitativa de razón	Discreta
				Separación de los clavos	Cuantitativa de razón	Discreta
				Inclinación de los clavos	Cuantitativa de razón	Discreta
			Programa Geotécnico Slide	Configuraciones de Slide	Nominal	Continua
				Versión de Slide	Nominal	Continua
				Resultados de Simulación en Slide	Cuantitativa de razón	Discreta

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Oseda (2011) sostiene que una investigación de tipo aplicada se enfoca en resolver problemas prácticos del mundo real. En lugar de respuestas abstractas o teóricas, se concentra en utilizar el conocimiento existente para abordar desafíos concretos en la vida cotidiana o en áreas específicas. El objetivo principal es generar soluciones prácticas y aplicables a situaciones reales en el campo de estudio.

Por ende, dado que se empleó el uso de una solución específica llamada muro claveteado para abordar un problema específico, la inestabilidad de los taludes en la carretera Huánuco-La Unión, la investigación que se realizó fue considerada principalmente de tipo aplicado.

3.1.1 ENFOQUE

Oseda (2011) menciona que el tipo de investigación cuantitativo se enfoca en la recopilación y el análisis de datos numéricos y medibles. El objetivo principal es medir, cuantificar y analizar fenómenos, variables o relaciones utilizando métodos cuantitativos, como encuestas, experimentos, análisis estadístico y cálculos matemáticos.

Dado que se recopiló datos mediante simulaciones en el programa Slide y el cálculo de índices de estabilidad, el enfoque de la investigación será cuantitativo. Además, se examinó el impacto cuantitativo de las propiedades geotécnicas del suelo y las propiedades de refuerzo.

3.1.2 ALCANCE O NIVEL

Oseda (2011) sostiene que la investigación explicativa es un tipo de investigación que busca comprender las causas de un fenómeno o evento. El objetivo de esta investigación es identificar las relaciones de causa y efecto, explicar las razones por las que suceden ciertos eventos y analizar los factores que los afectan.

El alcance de la investigación fue explicativo, ya que se buscó explicar cómo funcionan los factores relacionados con el uso del muro claveteado y cómo afectará la estabilidad de los taludes. No fue una

investigación exploratoria, ya que no está creando nuevas teorías o conceptos, sino que se estuvo basado en un método existente.

3.1.3 DISEÑO

Oseda (2011) menciona que una investigación no experimental es un tipo de investigación en la que el investigador observa y analiza los fenómenos en su entorno natural sin intervenir ni alterar deliberadamente las variables involucradas.

El diseño de la investigación se clasificó como no experimental porque se llevó a cabo simulaciones en programas geotécnicos. No se manipuló las variables en un entorno controlado directamente; en cambio, se observó y se analizó las situaciones actuales.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

Baena (2017) hace referencia que, en una investigación la población se refiere al conjunto completo de cosas o personas que comparten un rasgo y son el foco de estudio. La población es un grupo que contiene toda la información necesaria para responder a las preguntas de investigación.

Por ende, la población en esta investigación se consideró a todos las pendientes del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco, ubicada en el Distrito de Ambo, provincia y región de Huánuco.

3.2.2 MUESTRA

Baena (2017) hace referencia que una muestra es una pequeña parte de la población total. Se toma una muestra más pequeña pero significativa que se considera representativa de la población en su conjunto en lugar de estudiar o analizar a todos los elementos de la población.

Por ende, la muestra en esta investigación fue considerado el tramo del Km 369+800 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco; la cual se basó en observar el talud en la topografía del lugar de estudio.

Además, Baena (2017) menciona que el muestreo no probabilístico significa se utilizó criterios subjetivos o conveniencia en lugar de muestreos aleatorios, la cual se usó para elegir la muestra.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

TÉCNICAS

Baena (2017) menciona que las técnicas son los métodos y enfoques para recopilar información relevante y específica para una investigación.

Por ello en esta tesis se utilizaron las siguientes técnicas:

- ❖ Observación: La metodología consistió en visitar al sitio de estudio, el segmento o tramo de la carretera entre Huánuco y Lima, con la cual se documentó visualmente las condiciones de los taludes, las características del terreno y cualquier indicación de inestabilidad.
- ❖ Documentos: Se revisó informes previos, registros geotécnicos, mapas topográficos y documentos de construcción y mantenimiento de la carretera para obtener información histórica sobre las condiciones del talud y la geología de la región.

INSTRUMENTOS

Baena (2017) menciona que las herramientas sirven para implementar técnicas de recolección de datos.

Por ello en esta tesis se utilizaron los siguientes instrumentos:

- ❖ Ensayos de Laboratorio: Se llevó a cabo ensayos de laboratorio como ensayos de corte directo, granulometría, límites líquidos, plásticos, entre otros; para obtener datos precisos sobre las propiedades geotécnicas del suelo.
- ❖ Levantamiento Topográfico: Se utilizó instrumentos topográficos como estaciones totales o GPS para obtener información precisa sobre las características del terreno y las curvas de nivel en la zona de estudio.

3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Para el procesamiento de la información fueron los siguientes:

Digitalización de Datos

Para crear un modelo digital del terreno, los datos del levantamiento topográfico se introdujeron en software de cartografía como Civil 3D.

Análisis de Datos Geotécnicos

Se utilizó el programa especializado para procesar y analizar los datos de laboratorio, con el fin de determinar propiedades del suelo como la cohesión, el ángulo de fricción y la resistencia al corte.

Simulación en Programas Geotécnicos

Para simular la estabilidad de los taludes tanto antes como después de la implementación del muro claveteado, se utilizó los datos geotécnicos e información recopilada en programas geotécnicos como Slide.

3.3.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Para el análisis de la información se basó en los siguientes:

ANÁLISIS DE RESULTADOS DE SIMULACIÓN

Los resultados de las simulaciones se evaluaron para determinar la estabilidad de los taludes tanto con cómo sin el uso del muro claveteado. Los índices de estabilidad se calcularon para comparar los escenarios.

COMPARACIÓN DE ÍNDICES DE ESTABILIDAD

Los índices de estabilidad obtenidos en las simulaciones se compararon con los obtenidos después de la implementación del muro claveteado.

INTERPRETACIÓN DE DATOS

Para determinar si el uso del muro claveteado mejora la estabilidad de los taludes, se interpretó los datos geotécnicos y los resultados de las simulaciones.

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Para facilitar una interpretación más efectiva, los resultados se presentaron gráficamente y en interpretaciones detallados.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1 TOPOGRAFÍA DE LA POBLACIÓN Y MUESTRA

El estudio topográfico se llevó a cabo en los kilómetros 369+300 y 372+200 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco arrojó los siguientes hallazgos:

Tabla 5

Coordenadas UTM del Km 369+300 hasta el Km 372+200

Punto	Este	Norte	Z	Descrip
1	372921.8	8870991.6	2380.8	Talud
2	372942.7	8870951.6	2370.5	Talud
3	372970.3	8870912.9	2367.6	Talud
4	372990.8	8870894.8	2370.5	Talud
5	373022	8870882.5	2378.1	Talud
6	373076.4	8870876.2	2365.9	Talud
7	373125.2	8870871.6	2353.8	Talud
8	373161.1	8870852.2	2362.2	Talud
9	373183.3	8870814	2372.6	Talud
10	373226	8870818.1	2357.9	Talud
11	373216.8	8870853.3	2354.7	Talud
12	373202.3	8870869.2	2353.8	Talud
13	373182.3	8870890.3	2353	Talud
14	373146.7	8870904.8	2357	Carretera
15	373101.6	8870901.1	2352.5	Carretera
16	373054.1	8870901.9	2351.5	Carretera
17	373026.7	8870906.5	2356.6	Carretera
18	372998.4	8870923.6	2352.4	Carretera
19	372983.5	8870939.6	2354.7	Carretera
20	372970.3	8870962.5	2356.3	Carretera
21	372949.6	8871003.8	2363.1	Carretera
22	372937.4	8870999.8	2370.8	Carretera
23	372972.6	8870932.6	2358.4	Carretera
24	372997.7	8870910.3	2359.6	Carretera
25	373034.9	8870896.2	2358	Carretera
26	373067.7	8870891.8	2350.7	Carretera
27	373114.6	8870890.1	2351.7	Carretera
28	373150.1	8870880.2	2351.8	Carretera

29	373180	8870856.8	2359.1	Carretera
30	373192.1	8870835	2368.3	Carretera
31	373199.5	8870816.5	2365.9	Carretera

Nota. El levantamiento topográfico muestra las coordenadas este, norte y altitud.

Figura 9

Población y muestra del Km 369+800 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco



Nota. Se observa la ubicación de población y muestra en el programa Google Earth Pro.

Tabla 6*Características del talud Km 369+800*

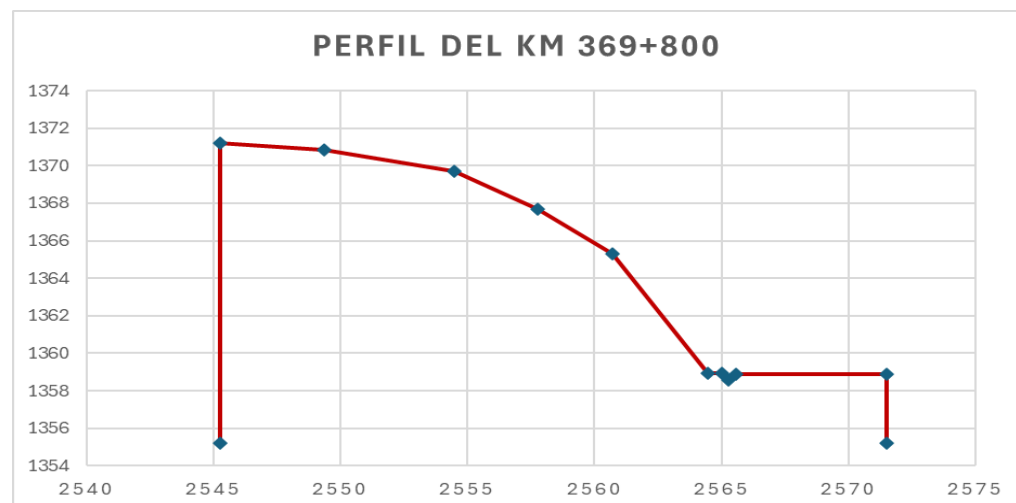
Características	Dimensión talud
Pendiente Prom. (°)	52.00°
Distancia Vertical (m)	12.29 m
Distancia Horizontal (m)	19.24 m

Nota. En el estudio del perfil longitudinal, donde se introdujeron estas medidas al programa de análisis, se observarán las dimensiones del talud.

Tabla 7*Las coordenadas del Km 369+800*

Punto X	Punto Y
2571.52	1355.19
2571.52	1358.9
2565.56	1358.9
2565.26	1358.55
2565.04	1358.91
2564.46	1358.91
2560.71	1365.3
2557.74	1367.66
2554.47	1369.69
2549.36	1370.85
2545.22	1371.2
2545.22	1355.19

Nota. Se registran las coordenadas de los ejes "X" e "Y" para su inclusión en el programa geotécnico, lo que permite una modelación precisa del talud.

Figura 10*Perfil longitudinal de la pendiente en estudio*

Nota. Se observa el perfil del talud Km 353+800 en estudio en relación con la tabla 6 realizado en el programa Excel.

4.1.2 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL TALUD

El estudio de mecánica de suelos realizado por la C-1 en el Km 369+800 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco resultaron.

Tabla 8

Clasificación SUCS de la muestra del Km 369+800

Parámetro	C-1
Clasific. SUCS	GC
Descripción	Grava Arcillosa

Nota. De acuerdo con la C-1 el suelo es Grava Arcillosa (GC) respectivamente según la clasificación SUCS, como se muestra en el Anexo 5.

Tabla 9

Características del suelo del Km 353+800 y Km 354+400

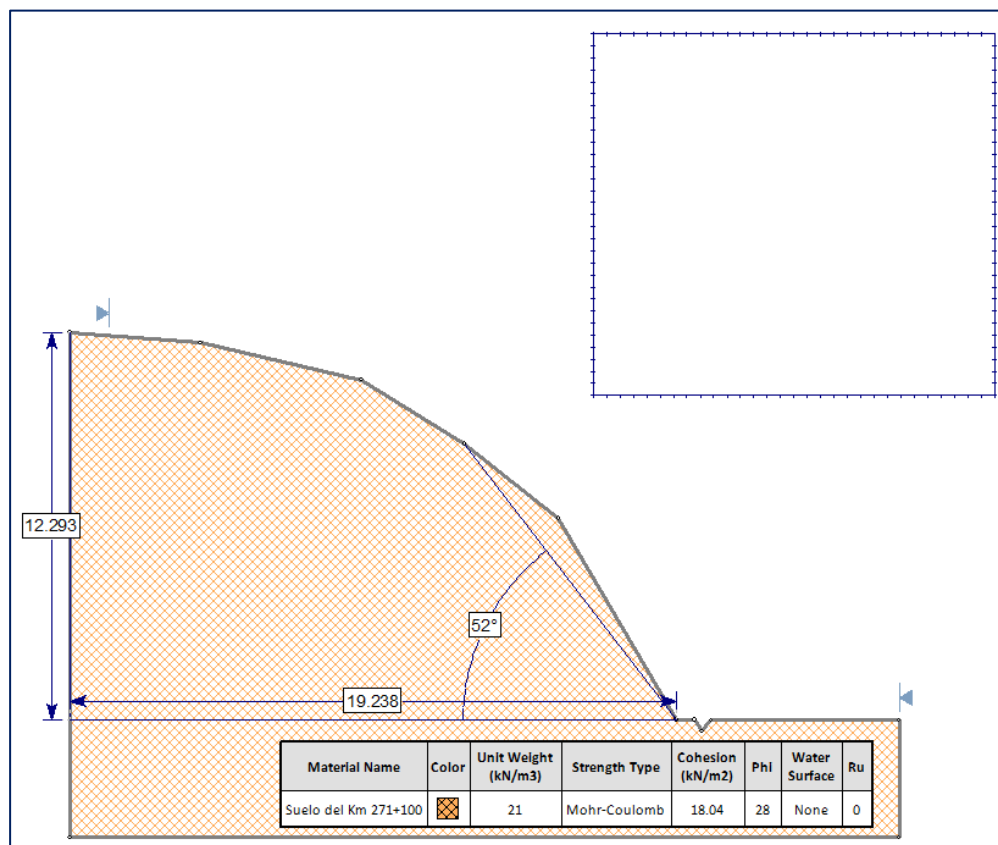
Parámetro Geotécnicos	C-1
	Programa
Angulo de fricc. Interna	28.00°
Peso Unitario	21.00 kN/m ³
Cohesion	18.44 kN/m ²

Nota. Se muestra las unidades correspondientes para introducir al programa Slide, como se muestra en el Anexo 5.

4.1.3 CONFIGURACIÓN DEL PENDIENTE DEL KM 369+800 EN SLIDE

Figura 11

Perfil y propiedades del pendiente del Km 369+800 en Slide



Interpretación: Se observa la geometría externa del perfil del talud Km 369+800, modelada a través de la interfaz del programa Slide, con sus correspondientes propiedades geotécnicas asignadas y con las unidades correspondientes, las dimensiones del talud y una rejilla para representar los índices de estabilidad.

4.1.4 ANÁLISIS DEL TALUD KM 369+800

Figura 12

Índice de estabilidad por Spencer

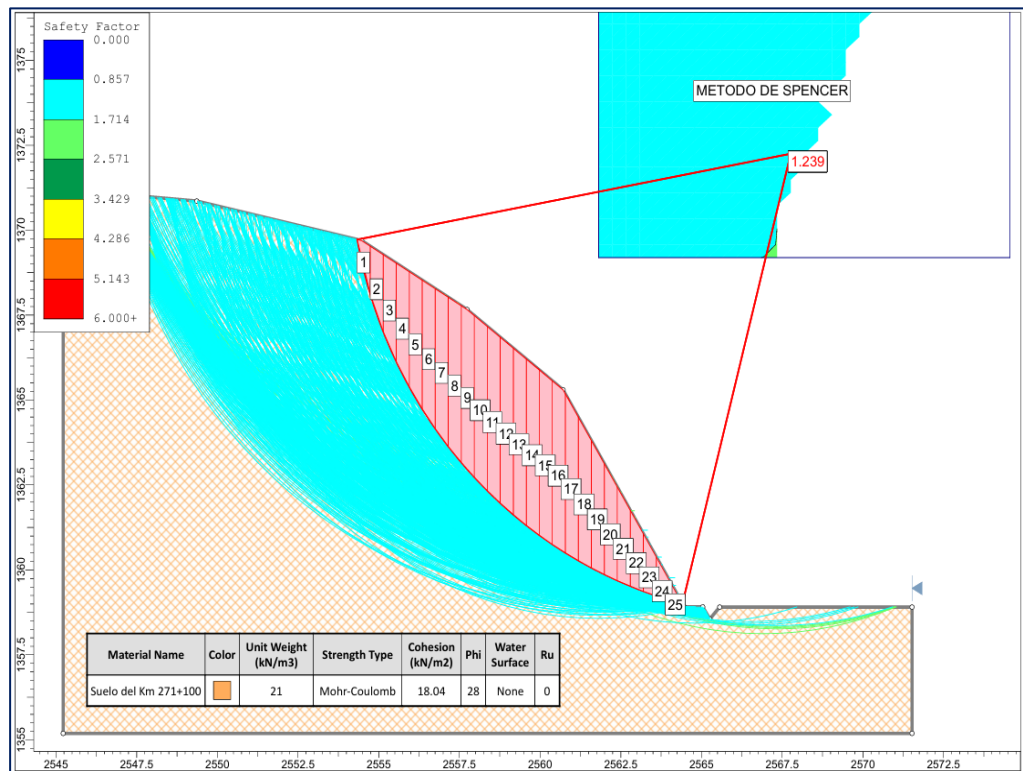


Figura 13

Índice de estabilidad por Morgenstern Price

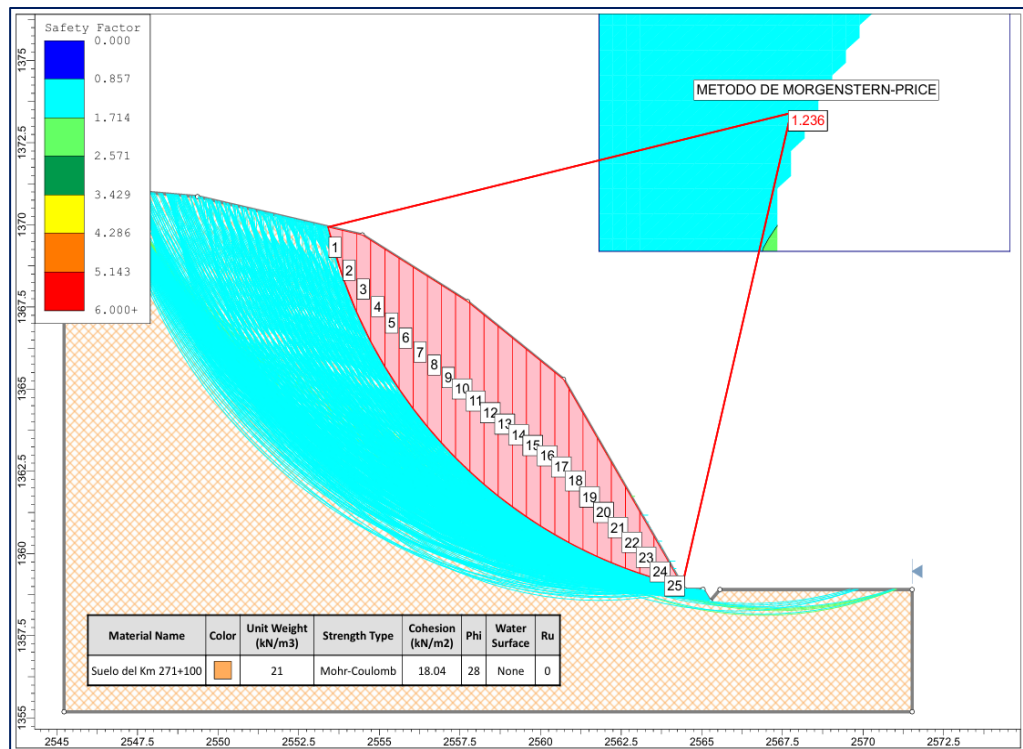


Figura 14

Índice de estabilidad por Bishop

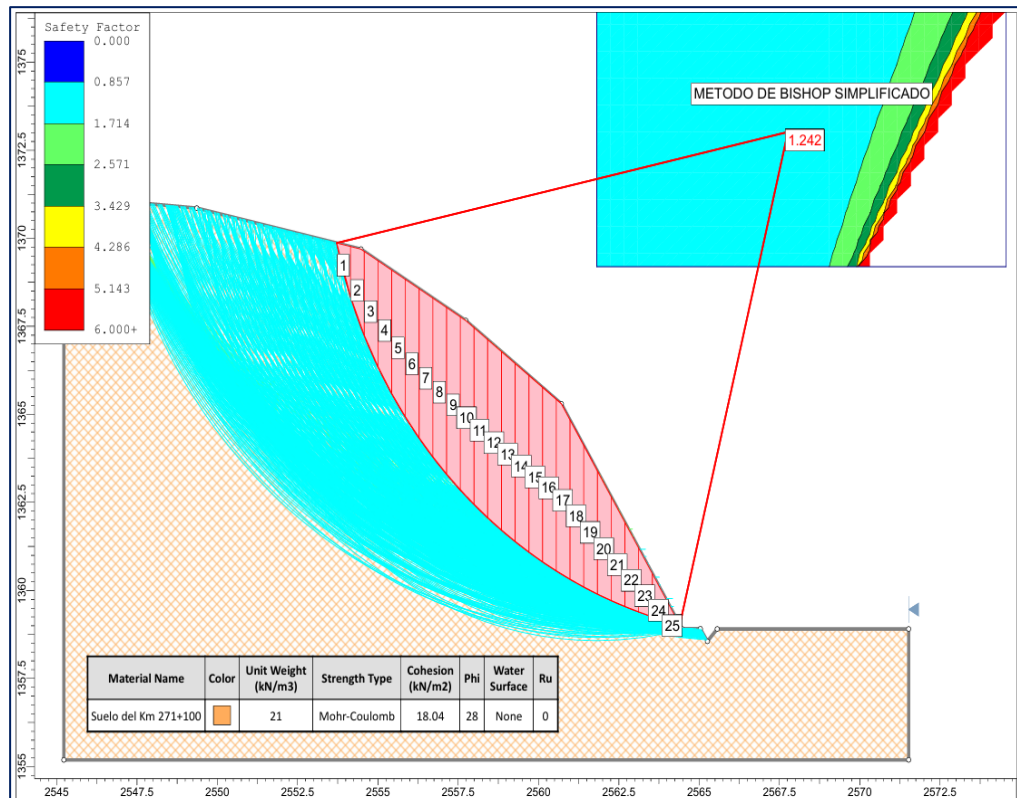


Figura 15

Índice de estabilidad por Fellenius

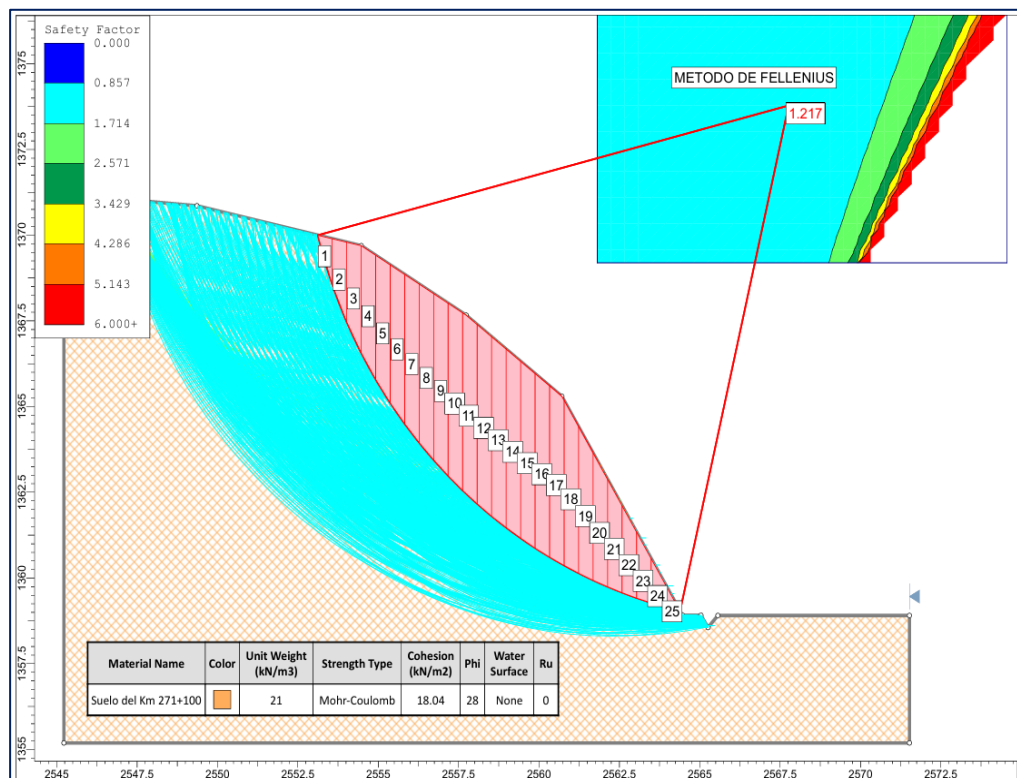
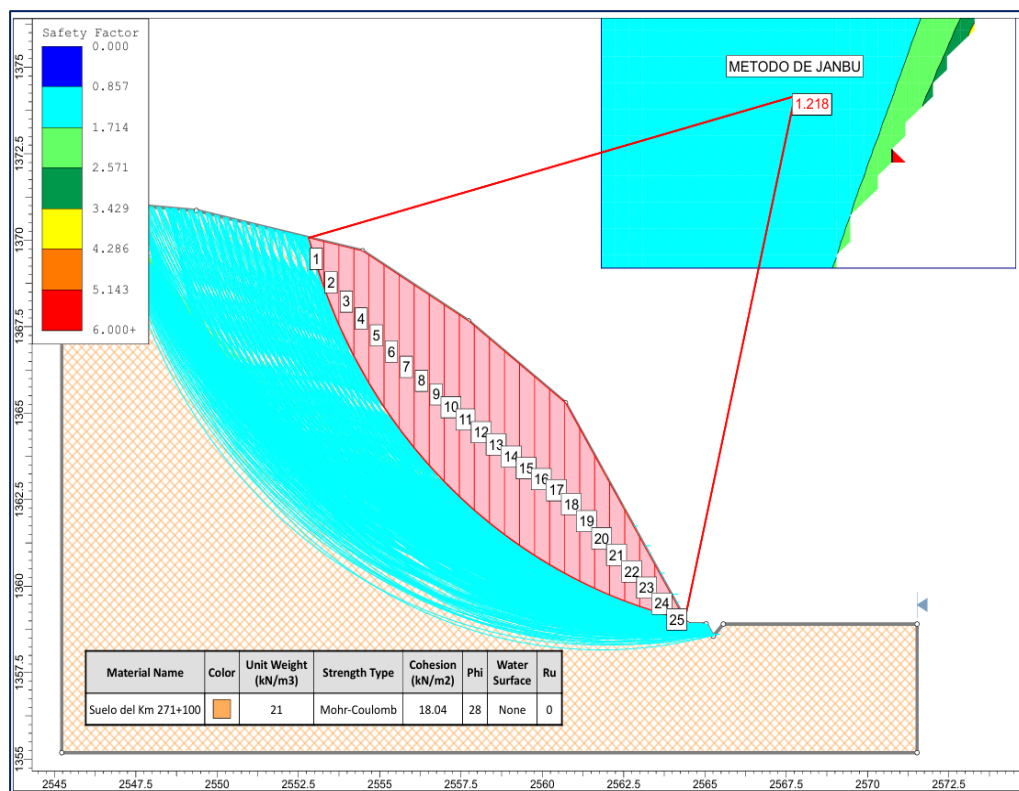


Figura 16

Índice de estabilidad por Janbu



Interpretación: De la figura 12, 13, 14, 15 y 16 se muestra el resultado del análisis del talud Km 369+800 por los cinco métodos del programa Slide, con índices de 1.239 por Spencer, 1.236 por Morgenstern Price; 1.242 por Bishop, 1.217 Fellenius y 1.218 por Janbu; se puede observar que los niveles de estabilidad están por debajo de 1.50 de lo que indica la norma para casos normales.

Tabla 10

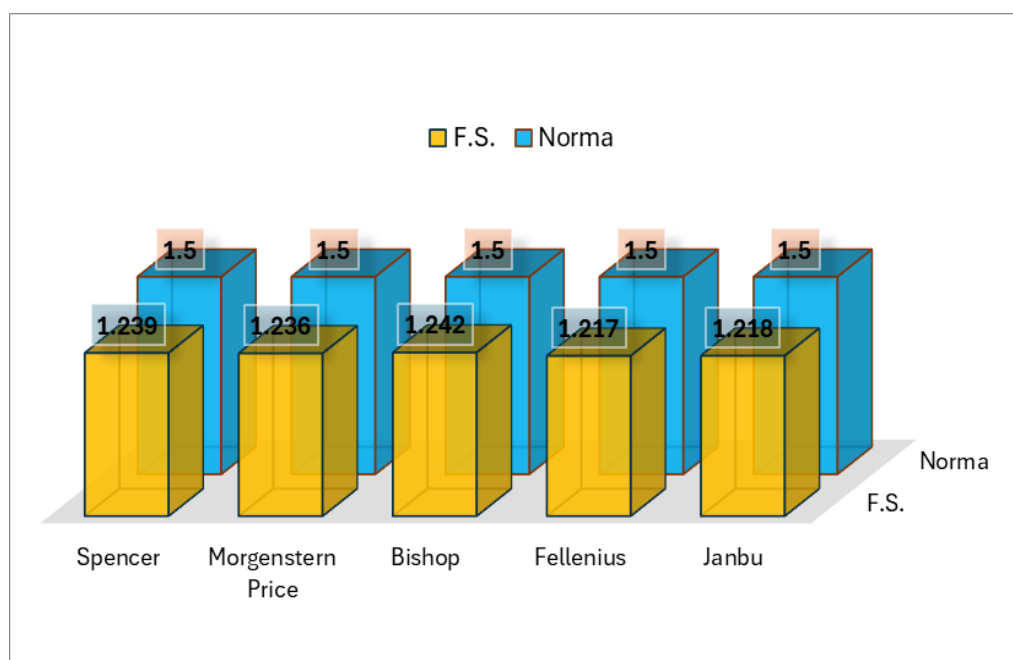
Síntesis de los Índices de Estabilidad Sin el Uso del Muro Claveteado

Método	F.S.	Norma	FS Máximo	FS Mínimo
Spencer	1.239	1.5		
Morgenstern				
Price	1.236	1.5	1.242	1.217
Bishop	1.242	1.5		
Fellenius	1.217	1.5		
Janbu	1.218	1.5		

Nota. Se observa la tabla con el resumen de los cinco métodos que se obtuvo en el programa Slide, la cual nos da un mínimo de 1.217 y un máximo de 1.242 con la comparación de 1.50 de la Norma.

Figura 17

Columnas Agrupadas de los Índices Sin el Uso del Muro Claveteado



Interpretación: Se muestra el grafico de columnas agrupadas en 3D sobre los índices de estabilidad calculados por los cinco métodos sin el uso del muro claveteado del talud Km 369+800, donde se observa que todos los índices son inferiores a 1.50.

4.1.5 APLICACIÓN DEL MURO CLAVETEADO EN EL TALUD KM 369+800

Tabla 11

Propiedades de Resistencia del Clavo

Nombre	Tipo de Clavo	Espacio en clavos	Capacidad de Tracción	Capacidad de la cabeza de clavo	Resistencia al arrancamiento
GEWI 25					
mm, Grado					
Nail	60	1.2 m	115 Kn	74 kN	28kN/m

Nota. Se observa en la tabla las propiedades estándares que se asume del clavo para el muro claveteado Fuente: GEWI, 2024.

Figura 18

Valores asignados en el programa Slide del Soil Nail

SOIL NAIL(GEWI 25mm, Grade 60)

Name: SOIL NAIL(GEWI 25mm, Grade 60) Support Colour: v

Support Type: Soil Nail

Used for: Soil Nails



 New Support Type...

Force Application
☒ Active (Method A) ☐ Passive (Method B)

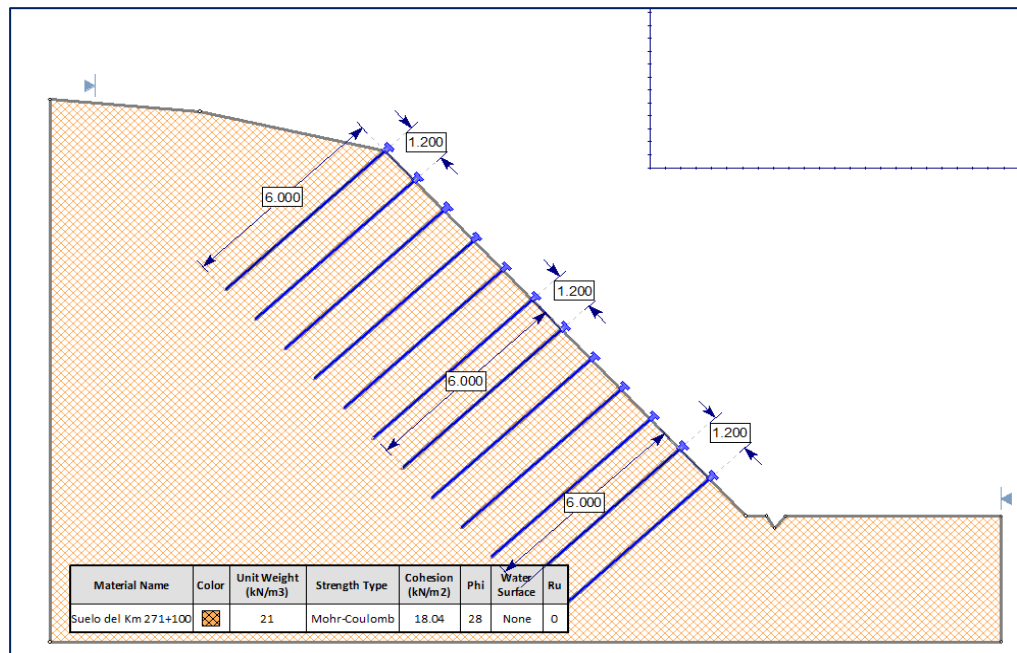
Capacity and Spacing
 Out-of-plane spacing: 1.2 m
 Tensile Capacity: 115 kN
 Plate Capacity: 74 kN
☐ Shear Capacity 0 kN
☐ Compression Capacity 0 kN

Pullout Strength
 Bond Strength: 28 kN/m
☐ Material Dependent Define...

Interpretación: Se observa los valores asignados de los clavos en el programa Slide.

Figura 19

Dimensiones asignadas de los clavos del muro claveteado Km 369+800



Interpretación: Se observa las dimensiones de los clavos de 6 metros y la separación de 1.20 metros entre ellas.

4.1.6 ANÁLISIS DEL TALUD KM 369+800 CON EL MURO CLAVETEADO

Figura 20

Índice de estabilidad por Spencer

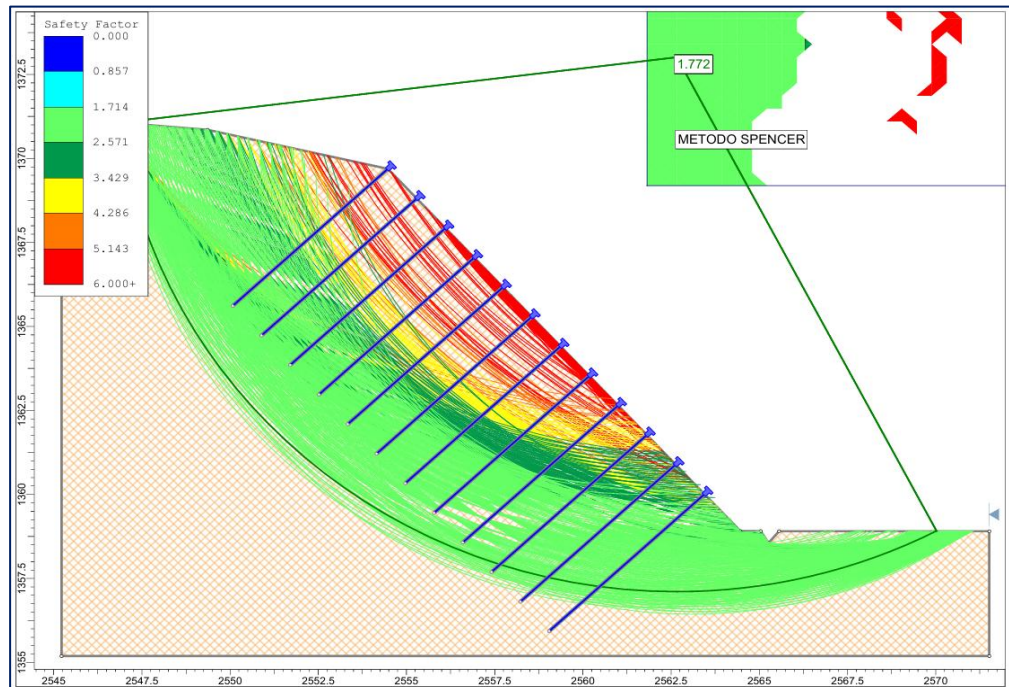


Figura 21

Índice de estabilidad por Morgenstern Price

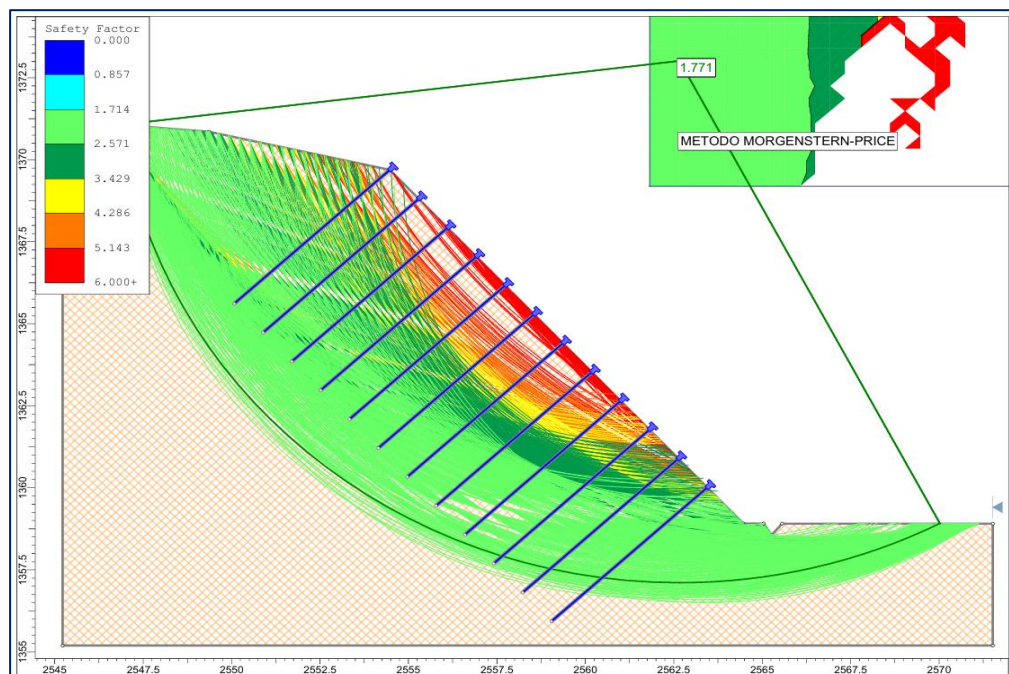


Figura 22

Índice de estabilidad por Bishop

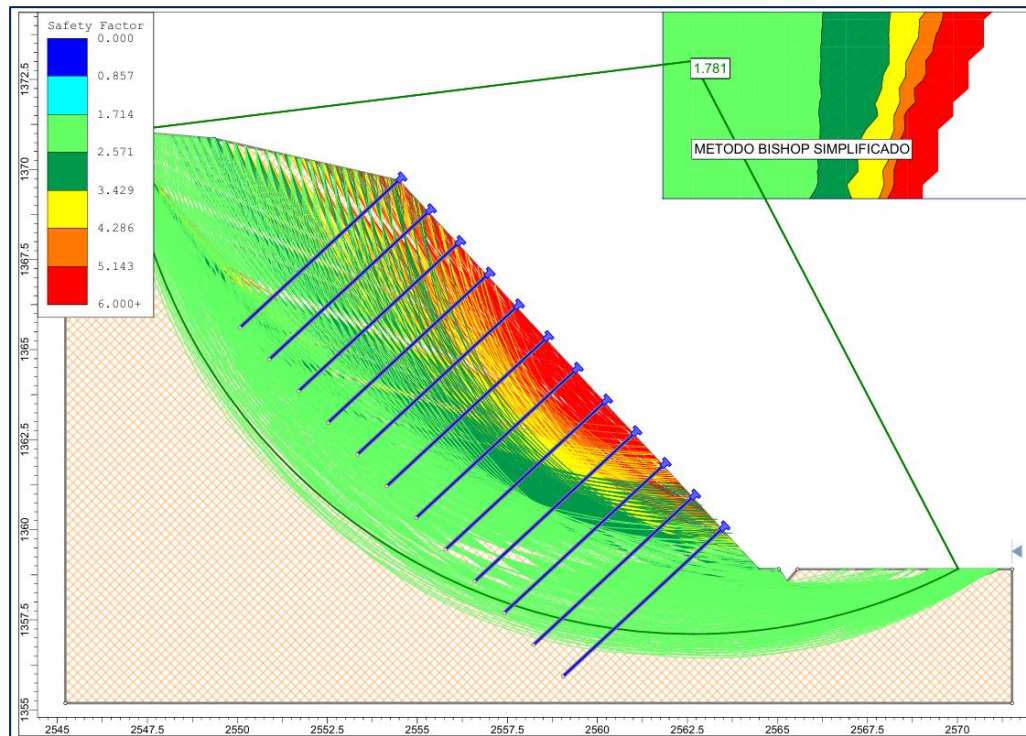


Figura 23

Índice de estabilidad por Fellenius

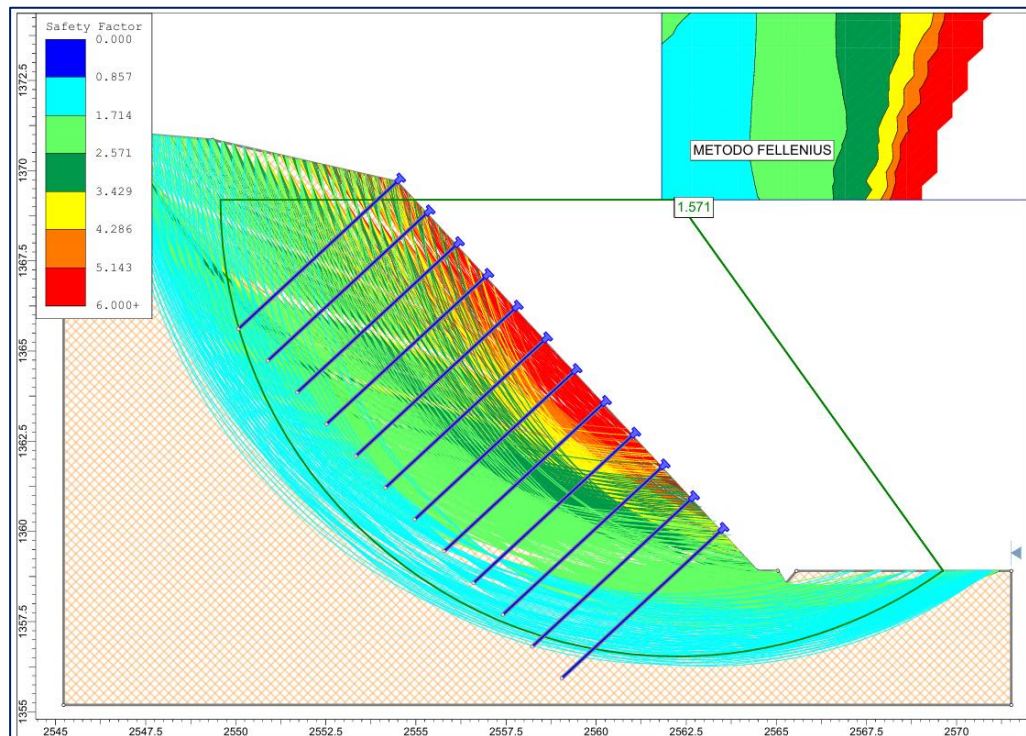
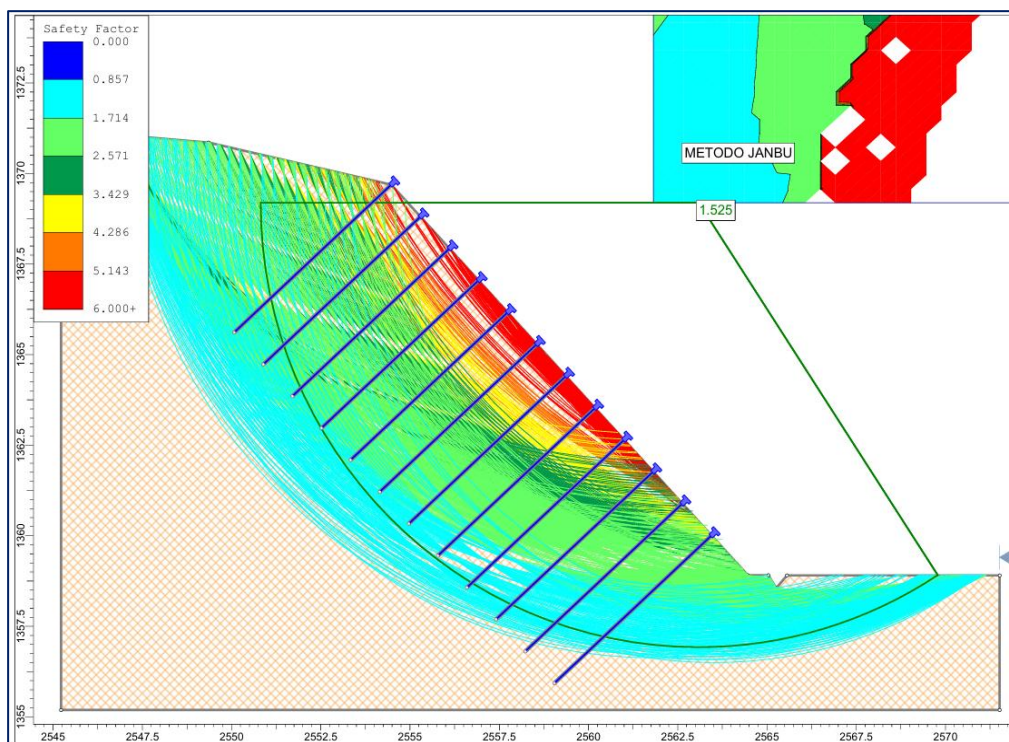


Figura 24

Índice de estabilidad por Janbu



Interpretación: De la figura 19, 20, 21, 22 y 23 se muestra el resultado del análisis del talud Km 369+800 por los cinco métodos del programa Slide, con índices de 1.772 por Spencer, 1.771 por Morgenstern Price; 1.781 por Bishop, 1.571 Fellenius y 1.525 por Janbu; se puede observar que los niveles de estabilidad están por encima de 1.50 de lo que indica la norma para casos normales.

Tabla 12

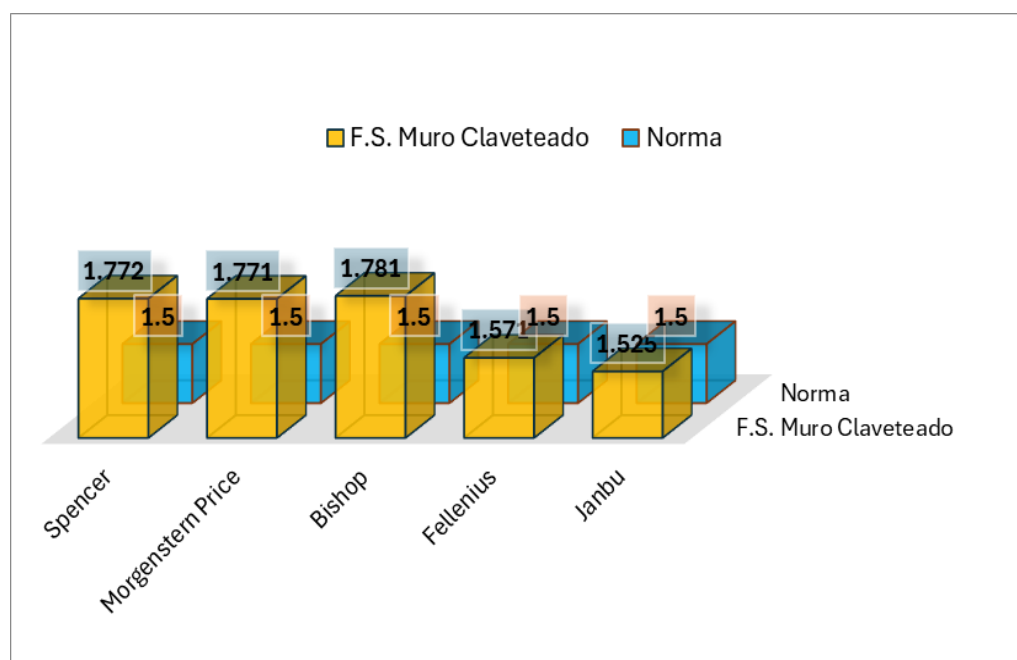
Síntesis de los Índices de Estabilidad Con el Uso del Muro Claveteado

Método	F.S. Muro		FS Máximo	FS Mínimo
	Claveteado	Norma		
Spencer	1.772	1.5		
Morgenstern				
Price	1.771	1.5	1.781	1.525
Bishop	1.781	1.5		
Fellenius	1.571	1.5		
Janbu	1.525	1.5		

Nota. Se observa la tabla con el resumen de los cinco métodos que se obtuvo en el programa Slide, la cual nos da un mínimo de 1.525 y un máximo de 1.781 con la comparación de 1.50 de la Norma.

Figura 25

Columnas Agrupadas de los Índices Sin el Uso del Muro Claveteado



Interpretación: Se muestra el gráfico de columnas agrupadas en 3D sobre los índices de estabilidad calculados por los cinco métodos con el uso del muro claveteado del talud Km 369+800, donde se observa que todos los índices son superiores a 1.50.

4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.2.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para contrastar la hipótesis, usaremos los índices de estabilidad obtenidos antes y después de la implementación del muro claveteado. Usaremos una prueba t de muestras relacionadas (o t de Student pareada) porque los datos provienen del mismo talud antes y después de la intervención.

4.2.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Utilizaremos los índices de estabilidad obtenidos del talud **Km 369+800** del análisis con el software Slide con la prueba de comparación de medias (t-test).

Tabla 13

Índices de Estabilidad para la contrastación de Hipótesis

Método	Índice de estabilidad (sin muro)	Índice de estabilidad (con muro)	Diferencia (con-sin)
--------	----------------------------------	----------------------------------	----------------------

Spencer	1.239	1.772	0.533
Morgenstern-Price	1.236	1.771	0.535
Bishop	1.242	1.781	0.539
Fellenius	1.217	1.571	0.354
Janbu	1.218	1.525	0.307

Nota. Se observa la tabla con el resumen de los cinco métodos que se obtuvo en el programa Slide y la diferencia de ellas las cuales van a servir para realizar la contrastación de la hipótesis.

Formulación de la hipótesis

Hipótesis nula (H_0): No hay diferencia significativa en los índices de estabilidad del talud antes y después de la implementación del muro claveteado.

(Diferencia media = 0)

Hipótesis alternativa (H_i): Hay una diferencia significativa en los índices de estabilidad del talud antes y después de la implementación del muro claveteado.

(Diferencia media $\neq$ 0)

Tabla 14

Prueba t de Student para la hipótesis General del Km 369+800

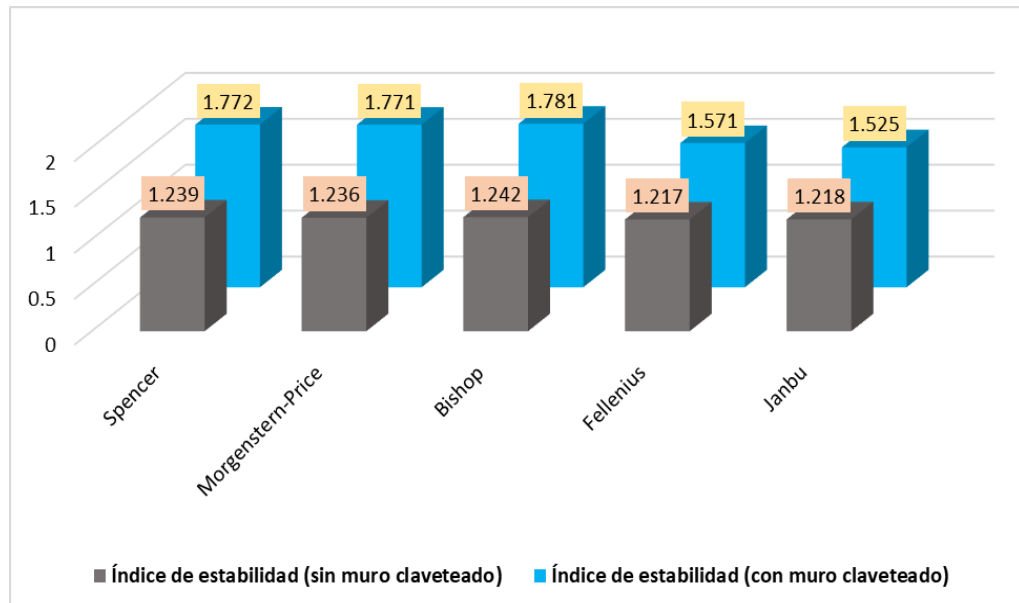
Medidas de Tendencia Central				Prueba t de Student			
Talud Km 369+800	Media	Desv. Est.	Gl	Estad. t	Val crítico	p-valor	Comparación
Sin/Con El Muro	1.2304	0.0001	5	-8.927	2.132	0.0004	0.0004<0.05
Claveteado	1.684	0.0157	5				Se rechaza H_0

Nota. Dado que estadístico t es |-8.927| es mucho mayor que el valor crítico de 2,132, lo que no se encuentra dentro del rango de valores esperados bajo la hipótesis nula. También se puede determinar mediante la comparación entre p-valor (0,004), que es

menor al nivel de significancia 0,05. Por lo tanto, hay suficiente evidencia para afirmar que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Figura 26

Gráfico de comparación para la Prueba de Hipótesis



Interpretación: Se observa el gráfico de columnas agrupadas en 3D sobre los índices de estabilidad del Km 369+800 con y sin el Muro Claveteado.

Por lo tanto, en base a la contratación; podemos estar seguros de que existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis general nula y aceptar la hipótesis alterna de la investigación, concluyendo que El uso del muro claveteado consiguió solucionar efectivamente la inestabilidad del talud Km 369+800 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Los hallazgos de nuestra investigación coinciden con los estudios previos que utilizaron el muro claveteado para estabilizar taludes en varios aspectos. A continuación, se realiza una comparación detallada:

Calderón (2023) trabajó con taludes de suelo limoso arenoso (MS) y demostró una inestabilidad crítica del talud al reportar factores de seguridad iniciales muy bajos, con valores de 0.56 en condiciones estática y 0.48 en sísmica. Los factores de seguridad mejoraron significativamente a 2.02 en condiciones estáticas y 1.98 en condiciones sísmicas después de implementar un muro claveteado con clavos de 9.40m y 10.20.

Hospinal y Laureano (2020) por su parte trabajó con taludes de suelo renas limosas (SM), también encontró un factor de 1.011 en condiciones estáticas y 0.905 en pseudoestáticas. Después de la implementación de un muro claveteado con barras autoperforantes y una configuración de pernos de 12 metros, los factores de seguridad aumentaron a 1.607 y 1.543 en condiciones estáticas, y a 1.463 y 1.351 en condiciones pseudoestáticas.

Díaz (2021) también encontró situaciones similares trabajando con suelos de grava arcillosa (GS); los factores de seguridad iniciales fueron de 1.03 en condiciones estáticas y de 0.83 en pseudoestáticas. El factor estático se incrementó a 1.59 y 1.28 en condiciones sísmicas después de implementar un sistema de corte de tierra con clavos de 12 metros y una separación de 1.20 metros.

En nuestra investigación, se trabajó con un talud de grava arcillosa (GS) al igual que Díaz, donde los factores de seguridad iniciales también eran inferiores al umbral recomendado con valores de 1.217 y 1.242, pero tras la implementación del muro claveteado, se lograron factores de seguridad que oscilaban entre 1.525 y 1.781. Las diferencias en los resultados numéricos entre los estudios pueden atribuirse a las variaciones en las propiedades del suelo (MS, SM, GS) y a las especificaciones de los clavos utilizados en cada caso, como la resistencia del clavo, su longitud, separación e inclinación, sin

embargo, todos coinciden en que el uso de muros claveteados es una solución efectiva para aumentar la estabilidad de los taludes, superando los factores de seguridad mínimos recomendados y garantizando la seguridad.

CONCLUSIONES

OG: En el tramo Km 369+800 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco, la implementación del muro claveteado ha demostrado ser una solución efectiva para mejorar la estabilidad de los taludes. Los índices de estabilidad obtenidos con el muro claveteado son significativamente superiores a los obtenidos sin él, superando el valor mínimo recomendado de 1.50, lo que confirma que esta estrategia es adecuada para las condiciones geotécnicas del área.

PE 1: Según el estudio, las características geotécnicas del suelo son esenciales para la estabilidad del talud, los análisis realizados, las características del suelo, como la cohesión y el ángulo de fricción, tienen un impacto significativo en los resultados de los índices de estabilidad, tanto en el estado natural del talud como en el uso del muro claveteado.

PE 2: Las propiedades del refuerzo, como la resistencia del clavo GEWI 25 mm Grado 60, la longitud de 6m y el espaciado de los clavos de 1.20m, determinaron la efectividad del refuerzo. La cual demostraron que la aplicación de un muro claveteado aumentó significativamente los factores de seguridad del talud, lo que indica que la elección y configuración adecuada de estos elementos de refuerzo es esencial para estabilizar los taludes. El refuerzo adecuado permitió que los índices de estabilidad superaran el umbral de seguridad de 1.50, asegurando la estabilidad del talud y la seguridad de la infraestructura vial.

PE 3: En el tramo de la carretera Cerro de Pasco a Huánuco, los estudios demostraron que los índices de estabilidad del talud sin intervención estaban por debajo del valor mínimo recomendado, con factores de seguridad entre 1.217 y 1.242, dependiendo del método utilizado. Estos números muestran una inestabilidad que podría amenazar la integridad del talud y la seguridad de las vías. No obstante, después de la implementación del muro claveteado, los índices de estabilidad experimentaron una mejora notable, alcanzando valores que oscilaban entre 1.525 y 1.781. Esto demuestra que el uso del muro de claveteado es una solución efectiva para aumentar la estabilidad del talud al elevar los factores de seguridad por encima del umbral de 1.50.

PE 4: Utilizando una variedad de métodos de análisis, incluidos los de Spencer, Bishop y Janbu, el programa geotécnico Slide permite modelar y simular la estabilidad de los taludes. Los resultados de los factores de seguridad están influenciados por la elección del método de análisis del software Slide. En el estudio, se demostró que los diferentes métodos utilizados en el software proporcionan factores de seguridad ligeramente diferentes, aunque todos indicaron una mejora significativa después de la implementación. Por lo tanto, para obtener resultados confiables, es esencial seleccionar el método de análisis más adecuado para las condiciones particulares del talud y realizar configuraciones precisas en el software del muro claveteado.

RECOMENDACIONES

RG: Se sugiere la aplicación del muro claveteado en otros segmentos de la ruta Cerro de Pasco-Huánuco y en zonas con características geotécnicas similares. Los resultados positivos obtenidos en el tramo Km 369+800 indican que esta estrategia podría ser efectiva en otros lugares donde se presentan problemas de inestabilidad de taludes.

R1: Antes de implementar soluciones de estabilización, se deben llevar a cabo estudios geotécnicos exhaustivos. Para diseñar soluciones de refuerzo adecuadas y eficientes, optimizar recursos y asegurar la efectividad de las intervenciones, es necesario conocer las características específicas del suelo en cada área.

R2: Es fundamental seleccionar materiales de refuerzo con características adecuadas, como resistencia, longitud y espaciado ideal de los clavos, para futuros estudios o proyectos de estabilización de taludes. Estos parámetros deben calcularse utilizando las características geotécnicas particulares del talud objeto de estudio.

R3: Para obtener una visión más completa de la estabilidad del talud, es recomendable que los investigadores utilicen software como Slide para la evaluación de taludes realicen simulaciones utilizando una variedad de métodos de análisis (por ejemplo, Spencer, Bishop y Janbu). Esto permite validar los hallazgos y garantizar que las soluciones propuestas, como el uso de muros claveteados.

R4: Se recomienda que los ingenieros y técnicos reciban capacitación continua sobre el uso de programas geotécnicos avanzados como Geo5 y Slide. Mejorar la precisión de los análisis y la efectividad de las soluciones implementadas será posible gracias a la actualización de los métodos y técnicas más recientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baena Paz, Guillermina. (2017). *Metodología de la investigación*. Grupo Editorial Patria.
doi:http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf
- Ball P., M. G. (2012). *Soil Nailing Construction*. Univesity College London. Pilotes Terratest. doi:http://terratest.com.pe/tec7_soilnailing.html
- Braja M. Das . (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. Cengage Learning.
doi:https://www.academia.edu/37854899/Fundamentos_de_Ingenieria_Geotecnica_Braja_M_Das
- Bustos Cabrera, Cristian y Dután Sanango, Italo. (2021). *Alternativas de diseño de estabilización de taludes (Terraceo y Soil Nailing) tomando en cuenta los costos de movimientos de tierras en función de la distancia de escombreras*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. doi:<https://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/53984/1/T-70626%20Bustos-Dut%c3%a1n.pdf>
- Calderón Cabascango, Washington B. (2023). *Diseño de un sistema de estabilización de un talud, en el barrio “Espejo” de la parroquia Chillogallo, cantón Quito, provincia de Pichincha*. Universidad Politécnica Salesiana. doi:<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25528/1/TTS1382.pdf>
- Caussin Ortiz, Victor H. y Cruz Mamani Cristian D. (2021). *Estabilidad de talud mediante el método de Soil Nailing*. Universidad Mayor de San Andrés. doi:<https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/31987>
- Cruden y Varnes. (1996). *Landslides types and processes*. Transportation Research Board. doi:[https://geo.libretexts.org/Bookshelves/Geology/Fundamentals_of_Geology_\(Schulte\)/10%3A_Mass_Movement/10.05%3A_Landslide_Types_and_Processes](https://geo.libretexts.org/Bookshelves/Geology/Fundamentals_of_Geology_(Schulte)/10%3A_Mass_Movement/10.05%3A_Landslide_Types_and_Processes)

- Diaz Pezua, Cristian J. (2021). *Uso del sistema Soil Nailing para solucionar la inestabilidad del talud, en la carretera PE-3S kilómetro 628+300 al 628+450 sector Yahuarí, distrito de Santa María de Chicmo - 2021*. Universidad Continental.
doi:<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13181>
- GEWI. (2024). *Threadbar System High Yield Steel for Reinforcement of Concrete*. Threadbar System. doi:<https://bluebaybp.co.uk/wp-content/uploads/2021/02/dywidag-gewi-threadbar-tds.pdf>
- Hernandez Sampieri Roberto, Fernández Collado Carlos y Baptista Lucio María del Pilar. (2018). *Metodología De La Investigación*. Mc Graw Hill. doi:<https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Hospinal Vilchez, Marco A. y Laureano Vislao, Diana M. (2020). *Propuesta de estabilidad de taludes en tramos sinuosos en la carretera Mollepata - Pallasca*. Universidad Ricardo Palma.
doi:<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/3831>
- Lazarte Carlos, Robinson Helen, Gómez Jesús, Baxte Andrew, Ryan Bergy y Allen Cadden. (2003). *Manual Técnico 2001-2002 de ingeniería Geotécnica Circular No.7 Muros Soil Nailing*. FHWA Consultas Técnicas.
doi:<https://www.fhwa.dot.gov/engineering/geotech/pubs/nhi14007.pdf>
- Mendo Taquire, Daniel Antonio. (2018). *Análisis de estabilidad del talud del Megacentro Comercial 30 de enero y propuesta de solución con el sistema Soil Nailing- Jicamarca, 2018*. Universidad Cesar Vallejo. doi:<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/24266>
- Montenegro Procel Katherine y Tipán Guallasamín Danilo. (2016). *Alternativas de estabilización del talud ubicado en el kilómetro 6+479 del proyecto de ampliación de la Av. Simón Bolívar, tramo Panamericana Norte – Tajamar*. Universidad Central Del Ecuador.
doi:<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/7023>

- Ortuño Abad, Luis. (2010). *Claveteado del terreno*. Uriel y Asociados S. A.
doi:<http://www.urielyasociados.es/en/img/formacion/ponencia2.pdf>
- Oseda G., Dulio. (2011). *Metodología de la Investigación*. Editorial Pirámide.
doi:<https://pdfcoffee.com/-sesion-n-06-metodologia-de-la-investigacion-pdf-free.html>
- Pilotes Terratest. (2015). *Soil Nailing*. Pilotes Terratest.
doi:https://www.terratest.com.pe/wp-content/uploads/2020/11/catalogo_soil-nailing-Pilotes-Terratest-2020.pdf
- Pineda Elia, Luz de Alvarado y De Canales Francisa. (1994). *Metodología de la investigación: manual para el desarrollo de personal de salud*. Copyrigh.
doi:<http://187.191.86.244/rceis/registro/Metodologia%20de%20la%20investigacion%20Manual%20para%20el%20Desarrollo%20de%20Personal%20de%20Salud.pdf>
- Rico Rodriguez Alfonso y Juarez Badillo Eulalio. (2005). *MECANICA DE SUELOS*. LIMUSA.
doi:<https://veteranos1927.files.wordpress.com/2014/05/mecanica-de-suelos-tomo-1-juarez-badillo.pdf>
- Rocinante. (2023). *Gavión/Slide Software Geotécnico*. slide.
doi:<https://www.icog.es/TyT/index.php/2016/10/slide-la-mejor-aplicacion-estabilidad-taludes/>
- Suarez Diaz, Jaime. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Publicaciones UIS.
doi:[https://recordcenter.sgc.gov.co/B23/662_19MemExPI_373_Las_Acacias/Documento/pdf/Anexo1_InveRecoBibl/Su%C3%A1rez%20\(1998\).%20Deslizamientos%20y%20estabilidad%20de%20taludes%20en%20zonas%20tropicales.pdf](https://recordcenter.sgc.gov.co/B23/662_19MemExPI_373_Las_Acacias/Documento/pdf/Anexo1_InveRecoBibl/Su%C3%A1rez%20(1998).%20Deslizamientos%20y%20estabilidad%20de%20taludes%20en%20zonas%20tropicales.pdf)
- Yepes, Víctor. (2019). *Soil nailing o suelo claveteado*. Universitat Politècnica de València. doi:<https://victoryepes.blogs.upv.es/2019/07/05/soil-nailing-o-suelo-claveteado/>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Vara Saravia, G. (2024). *Uso del muro claveteado para solucionar la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco-Huánuco del tramo Km 369+300-hasta el Km 372+200, 2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 1247-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 29 de mayo de 2024

Visto, el Oficio N° 885-2024-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"USO DEL MURO CLAVETEADO PARA SOLUCIONAR LA INESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUÁNUCO DEL TRAMO KM 369+300-HASTA EL KM 372+200, 2024"**, presentado por el (la) Bach. Gustavo Sergio VARA SARAVIDA.

CONSIDERANDO:

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

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

Que, mediante Resolución N° 2825-2023-D-FI-UDH, de fecha 27 de noviembre de 2023, perteneciente al Bach. Gustavo Sergio VARA SARAVIDA se le designó como ASESOR(A) a la Mg. Ingrid Delia Dignarda Arteaga Espinoza, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 885-2024-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"USO DEL MURO CLAVETEADO PARA SOLUCIONAR LA INESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUÁNUCO DEL TRAMO KM 369+300-HASTA EL KM 372+200, 2024"**, presentado por el (la) Bach. Gustavo Sergio VARA SARAVIDA, integrado por los siguientes docentes: Mg. Leonel Marlo Aguilar Alcántara (Presidente), Mg. Biseth Miraval Rojas (Secretario) y Mg. Martín Cesar Valdivieso Echevarría (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

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

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: **"USO DEL MURO CLAVETEADO PARA SOLUCIONAR LA INESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUÁNUCO DEL TRAMO KM 369+300-HASTA EL KM 372+200, 2024"**, presentado por el (la) Bach. Gustavo Sergio VARA SARAVIDA para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

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

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Jbarani Manzano Lozano
SECRETARIO DOCENTE



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

Distribución:

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

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN Nº 2825-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 27 de noviembre de 2023

Visto, el Oficio Nº 1944-2023-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente Nº 454422-0000010348, del Bach. Gustavo Sergio VARA SARAVIDA, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

CONSIDERANDO:

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

Que, según el Expediente Nº 454422-0000010348, presentado por el (la) Bach. Gustavo Sergio VARA SARAVIDA, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone a la Mg. Ingrid Delia Dignarda Arteaga Espinoza, como Asesor de Tesis, y;

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

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

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - DESIGNAR, como Asesor de Tesis del Bach. Gustavo Sergio VARA SARAVIDA a la Mg. Ingrid Delia Dignarda Arteaga Espinoza, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

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

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
[Firma]
Ing. Ethel Johana Manzana Lozano
SECRETARÍA DOCENTE



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

Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIC – Asesor – Mt. y Reg.Acad. – Intermedio – Archivo.
BLCR/EJML/ato.

ANEXO 3

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 15

Matriz de Consistencia

TÍTULO: “USO DEL MURO CLAVETEADO PARA SOLUCIONAR LA INESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUÁNUCO DEL TRAMO KM 369+300 HASTA EL KM 372+200, 2023”					
Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	Población y muestra
Problema general: ¿En qué medida el uso del muro claveteado conseguirá solucionar la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco–Huánuco del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200?	Objetivo General Determinar si el uso del muro claveteado conseguirá solucionar la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco–Huánuco del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200.	Hipótesis General Hi: El uso del muro claveteado conseguirá solucionar efectivamente la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco–Huánuco del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200.	Variable dependiente: • Inestabilidad de los taludes Variable independiente: • Uso del muro claveteado	Enfoque • Cuantitativo Alcance o nivel • Explicativo Diseño • No experimental	Población La población en esta investigación se considerará a todos las pendientes del tramo Km 369+300 hasta Km 372+200 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco, en el distrito de Ambo, provincia y departamento de Huánuco. Muestra
Problema específico: • ¿Cómo influye las propiedades geotécnicas del suelo en el uso del muro claveteado para solucionar la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de	Objetivos específicos • Realizar y determinar cómo influye las propiedades geotécnicas del suelo en el uso del muro claveteado para solucionar la inestabilidad de los				

Pasco–Huánuco del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200? • ¿Cómo influye las propiedades del refuerzo en el uso del muro claveteado para solucionar la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco–Huánuco del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200? • ¿Qué índices de estabilidad en obtendrá sin y con el uso del muro claveteado para solucionar la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco–Huánuco del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200? • ¿Cómo influye la elección y configuración del programa geotécnico Slide, en los resultados de simulación del uso	taludes en la carretera Cerro de Pasco–Huánuco del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200. • Determinar cómo influye las propiedades del refuerzo en el uso del muro claveteado para solucionar la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco–Huánuco del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200. • Calcular los índices de estabilidad sin y con el uso del muro claveteado para solucionar la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco–Huánuco del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200. • Determinar cómo influye la elección y configuración del programa geotécnico Slide, en	H0: El uso del muro claveteado no conseguirá solucionar efectivamente la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco–Huánuco del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200.	La muestra en esta investigación será considerada el tramo Km 369+800 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco; la cual se basará en observar el talud en la topografía del lugar de estudio.
--	--	--	--

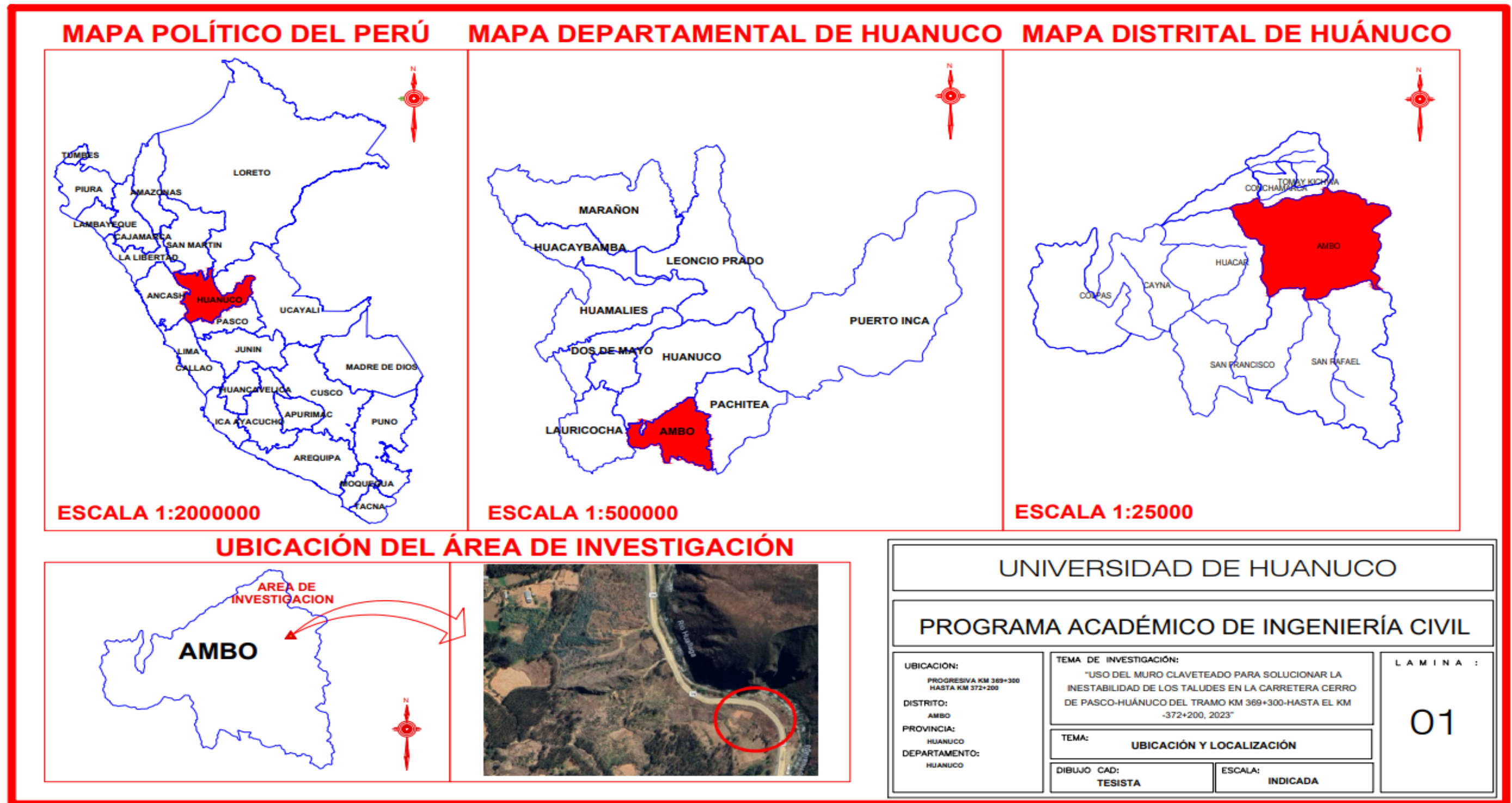
del muro claveteado para solucionar la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco–Huánuco del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200?	los resultados de simulación del uso del muro claveteado para solucionar la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco–Huánuco del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200.
--	--

ANEXO 4

PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Figura 27

Plano de ubicación y localización del proyecto de estudio



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO						
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS						
	TESIS:					
RESPONSABLE:						
LUGAR:						
FECHA:						
N° ENSAYO:	LÍMITE LÍQUIDO					
CALICATA:						
DESCRIPCIÓN	DATOS OBTENIDOS					OBSERVACIONES
Peso del tarro (gr)						
Peso del tarro + suelo húmedo (gr)						
Peso del tarro + suelo seco (gr)						
Peso del suelo húmedo (gr)						
Número de golpes						
Contenido de Humedad (%)						
LÍMITE LÍQUIDO (%)						
N° ENSAYO:	LÍMITE PLASTICO					
CALICATA:						
NTP:	339.130					
DESCRIPCIÓN	DATOS OBTENIDOS					OBSERVACIONES
Peso del tarro (gr)						
Peso del tarro + suelo húmedo (gr)						
Peso del tarro + suelo seco (gr)						
Peso del suelo húmedo (gr)						
Peso del suelo seco (gr)						
LÍMITE PLASTICO (%)						

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO						
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS						
	TESIS:					
RESPONSABLE:						
LUGAR:						
FECHA:						
N° ENSAYO:	PESO ESPECIFICO					
CALICATA:						
DESCRIPCIÓN	DATOS OBTENIDOS					OBSERVACIONES
Peso del recipiente + muestra húmeda (gr)						
Peso del recipiente + muestra seca (gr)						
Peso del recipiente (gr)						
Peso del recipiente (gr)						
Volumen recipiente (gr)						
RESULTADOS						
Peso de la muestra húmeda (gr)						
Peso de la muestra seca (gr)						
Peso del agua (gr)						
Peso específico de la muestra húmeda (gr/m3)						
Peso específico de la muestra seca (gr/m3)						
Humedad (%)						

TESIS:



RESPONSABLE:

LUGAR:

FECHA:

Nº ENSAYO:

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

CALICATA:

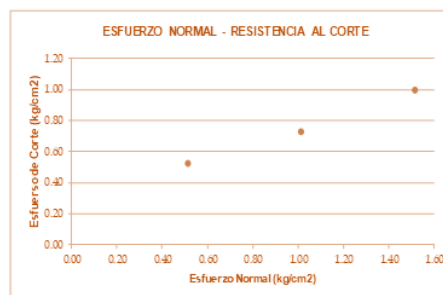
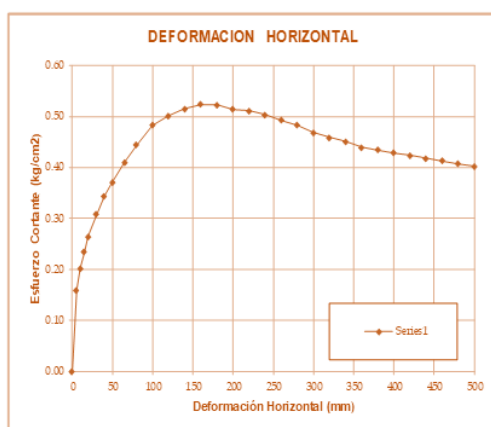
ASTM - D3080

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA			DATOS DE CORTE	
Diametro	(cm.)		Sobre carga	(gr.)
Altura	(cm.)		Peso de Muestra	(gr.)
Densidad Natural	(gr/cm ³)		Carga Adicionada	(kg.)
Area	(cm ²)		Relación de Carga	
Volumen	(cm ³)		Carga Normal Total	(kg.)
Peso	(gr.)		Velocidad de Carga	(mm/min)
Densidad Seca	(gr/cm ³)		Esfuerzo Normal	(kg/cm²)

CONTENIDO DE HUMEDAD FINAL		TIPO DE MUESTRA	
P. Suelo Húmedo + Tara (gr.)		Natural	
P. Suelo Seco + Tara (gr.)		Compactado	
P. de Tara (gr.)		Humedad Natural	
Contenido de Humedad		Clasificación	(SUCS)

[illegible]

GRAFICO DE CORTE DIRECTO



COHESIÓN

ANGULO DE FRICCIÓN

(C)

(f)

Kg/cm2

ANEXO 6

INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA TOPOGRAFÍA

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO		
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS		
	TESIS:	
FECHA:		
HORA:		
CONDICIONS CLIMATOLOGICAS		
INTRUMENTOS UTILIZADOS		
COORDENAS DE PUNTOS		
OBSERVACION-:		