

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“Análisis de estabilización de ladera mediante el sistema de
pastos vetiver, en el km 350-km 353 de la carretera Cerro de
Pasco-Huánuco-San Rafael-2024”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

AUTOR: Peña Ramírez, Diego Felix

ASESOR: Narro Jara, Luis Fernando

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H



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

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

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

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería del transporte

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): 47061925

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 18206328

Grado/Título: Maestro en ingeniería con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0003-4008-7633

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745
3	Valdivieso Echevarría, Martín César	Maestro en gestión pública	22416570	0000-0002-0579-5135



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:00 horas del día viernes 27 de junio de 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

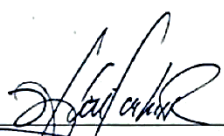
❖ DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS	PRESIDENTE
❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA	SECRETARIA
❖ MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 1220-2025-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "ANÁLISIS DE ESTABILIZACIÓN DE LADERA MEDIANTE EL SISTEMA DE PASTOS VETIVER, EN EL KM 350-KM 353 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO- HUÁNUCO-SAN RAFAEL-2024", presentado por el (la) Bachiller. Bach. Diego Felix PEÑA RAMÍREZ, 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 13 y cualitativo de Suficiente. (Art. 47).

Siendo las 16:50 horas del día 27 del mes de junio del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS
DNI: 40895876
ORCID: 0000-0001-7920-1304
PRESIDENTE


MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA
DNI: 70502371
ORCID: 0000-0002-5650-3745
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: DIEGO FELIX PEÑA RAMIREZ, de la investigación titulada "ANÁLISIS DE ESTABILIZACIÓN DE LADERA MEDIANTE EL SISTEMA DE PASTOS VETIVER, EN EL KM 350-KM 353 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUANUCO-SAN RAFAEL- 2024", con asesor(a) LUIS FERNANDO NARRO JARA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2387-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 20 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

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

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

Huánuco, 27 de mayo de 2025



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



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

166. PEÑA RAMIREZ DIEGO FELIX.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

6%

2

distancia.udh.edu.pe

Fuente de Internet

3%

3

repositorioacademico.upc.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

2%



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



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

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia por su constante apoyo durante este viaje difícil. A mis padres y hermanos, por ser mi fuente constante de inspiración. Este logro también es gracias a mis amigos y familiares, quienes siempre me han dado la fuerza para lograr mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis maestros y asesores por su orientación, sabiduría y apoyo constante en mi búsqueda de conocimiento. Me gustaría expresar mi gratitud a mis compañeros de clase por compartir esta experiencia conmigo y por establecer una comunidad de aprendizaje valiosa. Agradezco especialmente a mi asesor, cuya paciencia y experiencia fueron esenciales para este proceso.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	XV
CAPÍTULO I	17
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	17
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	17
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	18
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	18
1.3. OBJETIVOS	18
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	18
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	19
1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	20
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	20
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	21
CAPÍTULO II	22
MARCO TEÓRICO	22
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	22
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	22
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	24
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	26
2.2. BASES TEÓRICAS	27
2.2.1. ESTABILIDAD DE LADERA	27
2.1.2. ÍNDICE DE SEGURIDAD	28

2.2.2. MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE.....	29
2.2.3. PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN EL MÉTODO (EQUI. LIMITE).....	30
2.2.4. ENFOQUES DEL EQUILIBRIO LÍMITE	31
2.2.5. TÉCNICAS DE BIOINGENIERÍA PARA ESTABILIZACIÓN DE LADERA.....	33
2.2.6. SISTEMA DE PASTOS VETIVER.....	34
2.2.7. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS	36
2.2.8. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	38
2.2.9. PROGRAMA GEOTÉCNICO PARA EL ANÁLISIS (SLIDE)	44
2.2.10. CONSIDERACIONES EN EL PROGRAMA SLIDE.....	45
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	46
2.4. HIPÓTESIS.....	48
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	48
2.5. VARIABLES.....	48
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE	48
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	48
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	49
CAPÍTULO III.....	50
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	50
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	50
3.1.1. ENFOQUE	50
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	50
3.1.3. DISEÑO	51
3.1.4. ESQUEMA PARA EL DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	51
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	52
3.2.1. POBLACIÓN	52
3.2.2. MUESTRA.....	53
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	53
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	53
3.3.2. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS..	57
CAPÍTULO IV.....	59
RESULTADOS.....	59
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	59

4.1.1. DATOS OBTENIDOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	59
4.1.2. DATOS OBTENIDOS DEL ESTUDIO DE SUELOS.....	63
4.1.3. MODELAMIENTOS DE LADERA KM 351 EN EL PROGRAMA SLIDE	64
4.1.4. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA LADERA KM 351+000 SIN LA INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER CONDICIONES ESTÁTICAS.....	66
4.1.5. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA LADERA KM 351+000 SIN LA INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER CONDICIONES SÍSMICAS	70
4.1.6. CONFIGURACIÓN DEL PROGRAMA SLIDE CON LAS PROPIEDADES DE LOS PASTOS VETIVER.....	74
4.1.7. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA LADERA KM 351+000 CON LA INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER CONDICIONES ESTÁTICAS.....	79
4.1.8. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA LADERA KM 351+000 CON LA INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER CONDICIONES SÍSMICAS.....	82
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS..	86
4.2.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS	86
4.2.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	88
CAPÍTULO V.....	92
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	92
5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	92
CONCLUSIONES	94
RECOMENDACIONES.....	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97
ANEXOS.....	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Índice de Seguridad Mínimas Establecidas	28
Tabla 2 Enfoques Conocidos para el Análisis de Estabilidad	33
Tabla 3 Los esfuerzos promedios de corte de la raíz vetiver	40
Tabla 4 Fuerzas a la tracción de varios tipos de plantas	40
Tabla 5 Variación de los parámetros geotécnicos durante los 3 años	41
Tabla 6 Variación de los parámetros geotécnicos de la raíz del vetiver	43
Tabla 7 Operacionalización de variables	49
Tabla 8 Tabla para rellenar los puntos topográficos en coordenadas UTM. 56	
Tabla 9 Tabla para rellenar con índices de seguridad obtenidos-estática ...	56
Tabla 10 Tabla para rellenar con índices de seguridad obtenidos-Sísmica. 56	
Tabla 11 Puntos topográficos de ladera km 351+000 en coordenadas UTM	59
Tabla 12 Las coordenadas del perfil longitudinal de la ladera altura del km 351+000.....	62
Tabla 13 Características geométricas de la ladera en estudio km 351+000	63
Tabla 14 Clasificación del suelo según SUCS y AASHTO de la ladera km 351+000.....	63
Tabla 15 Parámetros de resistencia del suelo de la ladera del km 351+000	63
Tabla 16 Peso unitario del suelo de la ladera del km 351+000.....	64
Tabla 17 Resumen de los niveles de estabilidad sin influencia sistema de pastos Vetiver en estado estática	69
Tabla 18 Resumen de los niveles de estabilidad sin influencia sistema de pastos Vetiver en estado sísmico	73
Tabla 19 Parámetros de suelo con influencia del sistema de pastos Vetiver del estudio referencial.....	74
Tabla 20 Efecto del sistema de pastos vetiver sobre las propiedades del suelo	75
Tabla 21 Relación (H: V) referencial en los taludes	76

Tabla 22 Resumen de los niveles de estabilidad con la influencia Sistema de Pastos Vetiver en Estado Estático	81
Tabla 23 Resumen de los niveles de estabilidad con influencia Sistema de Pastos Vetiver en Estado Sísmico	85
Tabla 24 Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk con los FS sin influencia del Sistema de Pastos Vetiver	87
Tabla 25 Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk con los FS con influencia del Sistema de Pastos Vetiver	88
Tabla 26 Prueba de Wilcoxon para la Contratación de Hipótesis en condición estática	89
Tabla 27 Prueba de Wilcoxon para la Contratación de Hipótesis en Condición Sísmica	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Nomenclatura de las Partes de un Talud y Ladera	28
Figura 2 Zonificación Sísmica del Perú.....	29
Figura 3 Esquema del Método o Enfoque de Equilibrio Limite	30
Figura 4 Clasificación de los Enfoques de Cálculos	32
Figura 5 La vegetación como alternativa de solución ante la inestabilidad..	34
Figura 6 Las hileras de planta vetiver con el talud o ladera	35
Figura 7 Relación del tiempo de siembra y profundidad de las raíces	36
Figura 8 La estructura de los pastos Vetiver.....	37
Figura 9 Crecimiento de los pastos Vetiver	38
Figura 10 La resistencia a la tracción en base al diámetro del pasto vetiver	39
Figura 11 La deformación del suelo vs el esfuerzo cortante sin el sistema vetiver	41
Figura 12 La deformación del suelo vs el esfuerzo cortante con un año del sistema vetiver	42
Figura 13 La deformación del suelo vs el esfuerzo cortante con dos años del sistema vetiver	42
Figura 14 La deformación del suelo vs el esfuerzo cortante con tres años del sistema vetiver	43
Figura 15 Calculo de los índices sin y con los pastos vetiver	44
Figura 16 Ejemplo referencial de aplicación del programa Slide	45
Figura 17 Ejemplo referencial de aplicación del sistema de pastos vetiver .	46
Figura 18 Plantilla de grafico de barras agrupadas de para completar	55
Figura 19 Plantilla para la presentación de la topografía y perfil longitudinal de la ladera	57
Figura 20 Curvas de nivel del lugar de intervención	61
Figura 21 Perfil longitudinal de la ladera analizada (km 351)	62
Figura 22 Perfil geométrico de la ladera km 351+000	64
Figura 23 Configuración de los 5 enfoques de Equilibrio Limite	64

Figura 24 Asignación de los parámetros geotécnicos de suelo de la ladera km 351+000.....	65
Figura 25 Modelado final de la ladera en condiciones naturales en el programa Slide.....	65
Figura 26 Nivel de estabilidad mediante Fellenius en estado estática.....	66
Figura 27 Nivel de estabilidad mediante Bishop en estado estática	66
Figura 28 Nivel de estabilidad mediante Jambu en estado estática	67
Figura 29 Nivel de estabilidad mediante Spencer en estado estática.....	67
Figura 30 Nivel de estabilidad mediante Morgenstern-Price en estado estática	68
Figura 31 Gráfico de comparación de los niveles sin influencia sistema de pastos Vetiver en estado estática	69
Figura 32 Configuración de los coeficientes sísmicos vertical y horizontal..	70
Figura 33 Nivel de estabilidad mediante Fellenius en estado sísmico.....	70
Figura 34 Nivel de estabilidad mediante Bishop en estado sísmico	71
Figura 35 Nivel de estabilidad mediante Jambu en estado sísmico.....	71
Figura 36 Nivel de estabilidad mediante Spencer en estado sísmico	72
Figura 37 Nivel de estabilidad mediante Morgenstern-Price en estado sísmico	72
Figura 38 Gráfico de comparación de los niveles sin influencia sistema de pastos Vetiver en estado sísmico	73
Figura 39 Comparación de parámetros sin y con influencia de pastos vetiver	75
Figura 40 Corte de la ladera con relación (H: V)-1:1 del km 351+000.....	76
Figura 41 Asignación de los parámetros geotécnicos en la ladera km 351+000 con la influencia de las raíces de los pastos vetiver	77
Figura 42 Distribución de la geometría de las raíces del sistema de pastos vetiver	78
Figura 43 Índice de Seguridad con Influencia del Sistema de Pastos Vetiver mediante el Enfoque Fellenius en Condición Estática	79

Figura 44 Índice de Seguridad con Influencia del Sistema de Pastos Vetiver mediante el Enfoque Bishop en Condición Estática.....	79
Figura 45 Índice de Seguridad con Influencia del Sistema de Pastos Vetiver mediante el Enfoque Janbu en Condición Estática.....	80
Figura 46 Índice de Seguridad con Influencia del Sistema de Pastos Vetiver mediante el Enfoque Spencer en Condición Estática	80
Figura 47 Índice de Seguridad con Influencia del Sistema de Pastos Vetiver mediante el Enfoque Morgenstern-Price en Condición Estática	81
Figura 48 Gráfico de comparación de los índices con Influencia Sistema de Pastos Vetiver en Condiciones Estáticas.....	82
Figura 49 Índice de Seguridad con Influencia del Sistema de Pastos Vetiver mediante el Enfoque Fellenius en Condición Sísmica	82
Figura 50 Índice de Seguridad con Influencia del Sistema de Pastos Vetiver mediante el Enfoque Bishop en Condición Sísmica.....	83
Figura 51 Índice de Seguridad con Influencia del Sistema de Pastos Vetiver mediante el Enfoque Janbu en Condición Sísmica.....	83
Figura 52 Índice de Seguridad con Influencia del Sistema de Pastos Vetiver mediante el Enfoque Spencer en Condición Sísmica	84
Figura 53 Índice de Seguridad con Influencia del Sistema de Pastos Vetiver mediante el Enfoque Morgenstern-Price en Condición Sísmica	84
Figura 54 Gráfico de comparación de los índices con Influencia Sistema de Pastos Vetiver en Condiciones Estáticas.....	85
Figura 55 Representación virtual de la topografía de la ladera 351+000...	166
Figura 56 Curva de nivel y el perfil longitudinal de la ladera en estudio	167
Figura 57 Detalles del cálculo del nivel de estabilidad mediante Fellenius en estado estática sin influencia de los pastos Vetiver	168
Figura 58 Detalles del cálculo del nivel de estabilidad mediante Bishop simplificado en estado estática sin influencia de los pastos Vetiver	169
Figura 59 Detalles del cálculo del nivel de estabilidad mediante Janbu en condición estado sin influencia de los pastos Vetiver	170

Figura 60 Detalles del cálculo del nivel de estabilidad mediante Spencer en estado estática sin influencia de los pastos Vetiver	171
Figura 61 Detalles del cálculo del nivel de estabilidad mediante Morgenstern-Price en estado estática sin influencia de los pastos Vetiver	172
Figura 62 Detalles del cálculo del nivel de estabilidad mediante Fellenius en estado estática con influencia de los pastos Vetiver	173
Figura 63 Detalles del cálculo del nivel de estabilidad mediante Bishop simplificado en estado estática con influencia de los pastos Vetiver	174
Figura 64 Detalles del cálculo del nivel de estabilidad mediante Janbu en estado estática con influencia de los pastos Vetiver	175
Figura 65 Detalles del cálculo del nivel de estabilidad mediante Spencer en estado estática con influencia de los pastos Vetiver	176
Figura 66 Detalles del cálculo del nivel de estabilidad mediante Morgenstern-Price en estado estática sin influencia de los pastos Vetiver	177

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar el efecto del sistema de pastos Vetiver en el análisis de estabilidad de la ladera en el km 350-km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael, con una investigación de tipo aplicada, cuantitativa, de alcance explicativa y diseño pre - experimental. Se inicio con el reconocimiento del terreno donde se realizó un levantamiento topográfico y se determinó que la pendiente promedio era de 55° en estado natural, una altura alrededor de 7 m y una distancia horizontal de 9.6m, lo que permitió calcular el perfil longitudinal de la ladera en estudio. De igual manera, se analizaron las propiedades como la cohesión y el ángulo de fricción del suelo sin y con los pastos Vetiver, encontrándose un impacto significativo en el estudio de estabilidad. Al comparar el estudio con el mismo tipo de clasificación de suelo, se observó un aumento en la cohesión del 48.35% (de 13.17 kN/m² a 25.5 kN/m²), así como un aumento en el ángulo de fricción del 11.17% (de $21,86^\circ$ a $24,61^\circ$). En cuanto al cálculo de los índices de seguridad de la ladera en el estudio de estabilidad sin la influencia del sistema de pastos Vetiver, se obtuvo una estabilidad máxima de 1.628 para la condición estática (Enfoque Bishop) y 1.428 para la condición sísmica (Enfoque Spencer). En comparación, se determinó que, al inicio de la investigación, la ladera presentaba una inestabilidad con un índice máximo de 1.283 (Enfoque Morgenstern-Price) para la condición estática y 1.019 para la condición sísmica (Enfoque Fellenius). Finalmente se demostró que hubo una mejora y aumento significativo de los índices de seguridad por la implementación del sistema de pastos Vetiver para las condiciones estática y sísmica.

Palabras Claves: Análisis, estabilización, ladera, sistema, vetiver, carretera.

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the effect of the Vetiver grazing system in the analysis of slope stability at km 350-km 353 of the Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael highway, with an applied, quantitative, explanatory scope. and pre - experimental design. It began with the recognition of the land where a topographic survey was carried out and it was determined that the average slope was 55° in its natural state, a height of around 7 m and a horizontal distance of 9.6 m, which allowed the profile to be calculated. longitudinal of the slope under study. Likewise, properties such as Cohesión and friction angle of the soil with and without Vetiver grasses were analyzed, finding a significant impact in the stability analysis. When comparing the study with the same type of soil classification, an increase in Cohesión of 48.35% was observed (from 13.17 Kn/m² to 25.5 Kn/m²), as well as an increase in the angle of friction of 11.17% (from 21.86° to 24.61°). Regarding the calculation of slope safety indices in the stability analysis without influence of the Vetiver grass system, a maximum stability of 1.628 was obtained for the static condition (Bishop Approach) and 1.428 for the seismic condition (Spencer Approach). In comparison, it was determined that at the beginning of the investigation the slope presented instability with a maximum index of 1.283 (Morgenstern-Price Approach) for the static condition and 1.019 for the seismic condition (Fellenius Approach). Finally, it was demonstrated that there was a significant improvement and increase in safety indices due to the implementation of the Vetiver grass system for static and seismic conditions.

Keywords: Analysis, stabilization, hillside, system, vetiver, road.

INTRODUCCIÓN

La inestabilidad y los deslizamientos de las laderas han sido un problema constante en la ingeniería civil y la gestión de infraestructuras a lo largo de la historia. Debido a su tendencia a la erosión, los crecientes y los riesgos asociados con ellos para la vida humana y la infraestructura, las laderas o taludes han sido objeto de preocupación constante desde las antiguas civilizaciones hasta nuestros días.

A través del tiempo, se han creado y utilizado una variedad de métodos para estabilizar las laderas y evitar deslizamientos. Estas técnicas incluyen la construcción de muros de contención y la instalación de sistemas de drenaje y vegetación. Entre estas soluciones, se destaca el sistema de pastos Vetiver es una técnica emergente y prometedora que ha demostrado ser efectiva para estabilizar los taludes y reducir la erosión del suelo.

En este sentido, el presente proyecto se centra en el tramo en el km 351+000 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael. Para mejorar la estabilidad del suelo, se implementa el sistema de pastos Vetiver. Esta técnica se caracteriza por sus raíces profundas y densas, que pueden fortalecer y sujetar el suelo, reduciendo la erosión y estabilizando los taludes.

Desde una perspectiva práctico, la aplicación del sistema de pastos Vetiver proporciona una solución natural y sustentable para la estabilización de laderas, al mismo tiempo que fomenta prácticas ambientalmente responsables, complementando con el programa geotécnico (Slide) para facilitar la investigación y se justifica teóricamente utilizando enfoques analíticos conocidos, como los métodos de Spencer y Bishop, entre otros. Respecto a la justificación metodológica la aplicación de herramientas avanzadas, como el programa Slide para realizar el análisis de estabilidad.

La investigación tiene limitaciones como la búsqueda de antecedente a nivel local por ello solo se puso uno como referencia y la otra limitación es respecto a los cambios de las propiedades con los patos vetiver, ya que la mejora o cambio se ven en meses e incluso en años, por lo que, se optó por utilizar estudios referenciales.

Finalmente, la investigación se puede llevar a cabo en términos de recursos de información mediante el uso de software especializado. Este software es beneficioso porque permite realizar análisis de estabilidad mediante cálculos mucho más complejos, lo que produce resultados más precisos y eficientes.

Por lo tanto, el contenido de la tesis se divide en los siguientes capítulos:

En el Capítulo I, se plantea el problema de investigación y se redactan los objetivos de la investigación. Además, se analizan las justificaciones, las limitaciones y la viabilidad del estudio.

En el Capítulo II de la investigación se desarrolla el marco teórico, comienza con antecedentes internacionales, nacionales y locales, seguido de los bases teóricos relacionados con las variables de estudio y la definición de términos fundamentales. Además, se presenta tanto la hipótesis general como la específica, con la identificación de las variables y el desarrollo de la matriz de consistencia.

En el Capítulo III se definen el tipo, enfoque, nivel y diseño de la investigación. Además, se describen la población y la muestra, así como las técnicas y herramientas utilizadas para recopilar, presentar y analizar e interpretar los datos.

En el Capítulo IV, se revisa el procesamiento de datos del estudio, la contrastación y prueba de hipótesis.

El Capítulo V discute la contrastación de resultados de los hallazgos, las conclusiones y recomendaciones del estudio, finalmente la referencia bibliográfica y los anexos.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A nivel mundial, los deslizamientos de ladera son movimientos de masa de suelo y roca que ocurren en pendientes y pueden ser causados por una variedad de factores, como la saturación del suelo, la actividad sísmica y la erosión, entre otros. Estos eventos pueden causar graves daños a la infraestructura y poner en peligro la seguridad de las personas que viven en áreas propensas a deslizamientos. (Tsunaki, 2002).

A nivel nacional de igual forma los deslizamientos de ladera son una preocupación importante dentro de esta problemática global. Estos eventos geotécnicos, que pueden ser provocados por fuertes lluvias, cambios en las condiciones geológicas y otros factores, pueden tener un efecto devastador en la infraestructura y la seguridad de las comunidades locales.

El tramo de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael, alrededor de la altura entre los km 350 hasta el km 353, ha sufrido y sufre constantes problemas de deslizamiento y derrumbes a consecuencias de las constantes lluvias que se produce en los tres primeros meses del año, lo cual genera problemas en la transitabilidad afectando también al centro poblado más cercano de Racquia, distrito de San Rafael y más que nada pérdidas económicas que trae consigo las actividades de respuesta ante la problemática; que son los trabajos de limpieza y rehabilitación de la vía afectada que son un total de 3 km de la carretera. (Ingemet, 2015).

Es por ello que se propone la implementación mediante un sistema de pastos vetiver como una estrategia de bioingeniería para estabilizar los taludes en el programa Slide. Este sistema, desarrollado a partir de las características de enraizamiento profundo del pasto vetiver, tiene como objetivo prevenir la erosión del suelo y los deslizamientos de ladera.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el efecto del sistema de pastos Vetiver en el análisis de estabilidad de la ladera en el km 350 - km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿La topografía influye en el análisis de estabilidad de la ladera mediante el sistema de pastos de Vetiver en el km 350 - km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael?
- ¿Las propiedades mecánicas del suelo de la ladera influyen en el análisis de estabilidad con el sistema de pastos de Vetiver en el km 350 - km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael?
- ¿Cuál es la influencia de las propiedades de los pastos Vetiver en el análisis de estabilidad de la ladera en el km 350 - km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael?
- ¿Cuáles son los índices de seguridad de la ladera en el análisis de estabilidad en condiciones estáticas y sísmicas, mediante el sistema de pastos Vetiver en el km 350 - km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto del sistema de pastos Vetiver en el análisis de estabilidad de la ladera en el km 350 - km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el levantamiento de la topografía para el análisis de estabilidad de la ladera con el sistema de pastos de Vetiver en el km 350 - km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael.
- Realizar el estudio de las propiedades mecánicas del suelo de la ladera en el análisis de estabilidad mediante el sistema de pastos de Vetiver en el km 350 - km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael.
- Determinar la influencia de las propiedades de los pastos Vetiver en el análisis de estabilidad de la ladera en el km 350 - km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael.
- Determinar los índices de seguridad de la ladera en el análisis de estabilidad en condiciones estáticas y sísmicas, mediante el sistema de pastos Vetiver en el km 350 - km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

El presente estudio, el cual se ubica entre los kilómetros 350 y 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael, está sufriendo cambios progresivos en la morfología del suelo producto del clima tropical donde se ubica, haciendo que este sector sea vulnerable a una posible erosión y material de desplazamiento, poniendo en peligro su estabilidad, estructuras viales y también vidas humanas.

Por ello, la implementación del sistema de pastos Vetiver brindo una solución natural y sustentable para la estabilización de laderas, promoviendo prácticas ambientalmente responsables. Además, cuando se empleó los programas geotécnicos (Slide) facilito la investigación.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La justificación teórica de la investigación se basó en teorías y conceptos geotécnicos, como el método del equilibrio límite que es una herramienta fundamental en esta disciplina que contribuyó a la ingeniería geotécnica. Al aplicar estas teorías a un contexto específico, también contribuyó al avance de la comprensión teórica de la estabilidad de laderas.

La investigación utilizó enfoques analíticos bien conocidos, como los métodos de Spencer, Bishop, entre otros; para validar la eficacia de estas teorías en un entorno del mundo real, lo cual es importante tanto para la teoría como para la práctica de la ingeniería geotécnica.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La justificación metodológica de la investigación tuvo un enfoque integrado, lo que significó que se combinó el levantamiento topográfico, estudio de suelos, análisis de estabilidad y la implementación de la solución como el sistema de pastos Vetiver, que sirvió para tener un enfoque integrado, para futuras investigaciones.

Por la aplicación de herramientas avanzadas, se usó el programa Slide para análisis de estabilidad y referencias a estudios previos, donde se añadió un enfoque metodológico más avanzado, así se mejoró potencialmente la precisión de los resultados.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Una limitación fue la búsqueda de estudios previos o antecedentes de la investigación a nivel local; debido a la falta de estudios actualizados, solo se puso uno como referencia.

Otra limitación que se presentó fue en relación con la mejora o cambio de las propiedades del suelo con la implementación de los pastos Vetiver, ya que estos cambios se ven en meses e incluso en años, si en

todo caso se requiere un gran cambio. Por lo tanto, se optó por utilizar estudios referenciales, es decir, se usó datos de estudios previos realizados en otros lugares que utilizaron el sistema de pastos Vetiver.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

En términos de recursos de datos, el proyecto fue factible utilizando un software geotécnico especializado (Slide); esto fue beneficioso, ya que permitió analizar la estabilidad mediante cálculos más complejos, eso que resultó que los resultados fueran precisos y eficientes al momento de realizar el estudio. Además, el estudio produjo contribuciones teóricas novedosas y creíbles sobre el uso del sistema vetiver para la estabilización de pendientes.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Matías (2018) en su trabajo de tesis titulado: *“Evaluación de estabilidad y permeabilidad de talud con sistema Vetiver mediante diferentes ensayos de laboratorio y campo”*; presentada Universidad del Valle de Guatemala; el objetivo es analizar la evolución de la estabilidad de un talud donde se implementó el Sistema Vetiver en el 2012 y cómo este sistema afectó la permeabilidad del suelo a lo largo de su desarrollo, donde se obtuvo las siguientes conclusiones: 1) Se buscó el valor más importante del factor de seguridad, o el menor de todos. Según los hallazgos, los factores de seguridad son más altos que el valor recomendado de 1.5, lo que indica que el talud está estable. Además, se observa una mejora en la resistencia del suelo en las áreas examinadas. Es importante considerar que los precios también han aumentado debido a que las raíces de la planta ya han experimentado un crecimiento significativo en comparación con el año 2012. 2) La raíz de la planta de Vetiver es otro componente que contribuye a la estabilidad del talud. Se realizaron ensayos de corte y tensión para evaluar su resistencia. En cada uno, se creó una gráfica de diámetro versus esfuerzo. Se utilizaron plantas al azar de cada tramo para analizar el sistema de cada uno de manera equitativa y determinar cuál es más beneficioso. 3) Se puede observar al comparar estos valores con la estabilidad que el factor de seguridad del talud es mayor cuando el coeficiente de permeabilidad es menor. Esta observación se puede visualizar mejor cuando se combina el tramo con el geotextil. Esto se debe al hecho de que retiene mejores los nutrientes del suelo que ayudan al crecimiento de la planta Vetiver.

Reyes (2019) en su trabajo de tesis titulado: *“Análisis de Estabilidad de Taludes aplicando diferentes Técnicas de Revegetalización”*,

presentada a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia; se planteó como objetivo de incentivar la aplicación de técnicas para la estabilización de taludes de acuerdo con las características geomorfológicas y geofísicas de cada región, donde se obtuvo las siguientes conclusiones: 1) El impacto de la vegetación en la resiliencia de los taludes a diversos procesos erosivos ha demostrado que la tiene un impacto positivo en la reducción de problemas erosivos , problemas reptilianos , caídas subsuperficiales y molestias visuales para los usuarios de la vía. 2) De menor precipitación y mayores temperaturas, como fue el caso en el territorio de Risaralda, las condiciones del clima tropical y los patrones de precipitación en particular favorecen el crecimiento de las especies vegetales que se utilizaron en el presente estudio. 3) Los factores de seguridad determinados por SLIDE y MIDAS GTS NX no caen en el mismo rango ya que los métodos de análisis utilizados son diferentes. Un método utiliza equilibrio limitado para determinar factores de seguridad, mientras que el otro utiliza métodos numéricos con la técnica de elementos finitos. La recomendación es utilizar programas con elementos terminados porque producen resultados más precisos y con herramientas actualmente disponibles. 4) Para evitar la erosión erosiva e hidráulica, se deben plantar taludes continuamente durante la construcción de los caminos. Esto evita la pérdida de raíces que sirven de soporte a materiales como carriles guía y reduce el riesgo de que estos materiales queden expuestos y pongan en peligro la seguridad de los usuarios de la vía. 5) Para una pendiente mayor al 60%, es necesario contar con mecanismos de soporte de la cubierta vegetal, como celdas revestidas de geomembranas que aseguren la estabilidad de la estructura de soporte, así como la ampliación y mantenimiento de la cubierta vegetal.

Sánchez y Oviedo (2019) en su trabajo de tesis titulado: *“Control de la Erosión de taludes mediante el uso de Vetiver y Micorrizas Arbusculares, zona de Soceagro en el Municipio de Villavicencio – Meta”*, presentado a la Universidad Santo Tomás Villavicencio, se planteó como

objetivo calcular la efectividad del pasto de Vetiver a la que se le han inoculado microbios Arbusculares para prevenir el deterioro de taludes en una unidad experimental Piedemonte Llanero, donde se obtuvo las siguientes conclusiones: 1) Para limitar las pendientes y la erosión del suelo en la mayor parte del Piamonte, la introducción de vetiver es una forma económicamente viable y factible de evitar la vulnerabilidad. 2) En condiciones iniciales, se puede observar que el vetiver tiene buena tendencia a mejorar algunas propiedades físicas del suelo y del medio ambiente, lo que mejora la estructura del suelo y al mismo tiempo estimula la actividad de los organismos del suelo. 3) El Vetiver con Micorrizas es sencillo, barato, fácil de usar, efectivo y dura mucho tiempo. Además, en comparación con los sistemas tradicionales de estructuras artificiales, es de bajo costo de desarrollo y mantenimiento, se aplica rápidamente y tiene poco impacto ambiental.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Sánchez (2019) en su trabajo de tesis titulada: *“Estabilización de taludes mediante la técnica de bioingeniería con cultivo de pastos Vetiver en zonas tropicales, año 2019”*; presentada a la Universidad Continental; con el objetivo de identificar la variabilidad relacionada con el talud mediante el uso de técnicas de bioingeniería en zonas tropicales utilizando el cultivo de pasta de Vetiver, presentara un tipo de investigación aplicada, nivel explicativo y diseño preexperimental, donde se obtuvo las siguientes conclusiones: 1) Se logro determinar los factores de estabilidad de la salud , mediante la aplicación de técnicas de bioingeniería la cual dio como resultado un factor de estabilidad de la salud de 1.504 y 1.444 para el análisis estático , un factor de estabilidad de la salud de 1.278 1.218 para el análisis pseudoestáticas (enfoques de Bishop y Janbu); en comparación con la información obtenido al inicio del estudio , que determinó anemia con un factor de estabilidad de salud de 1,278 . 2) Lo es observado en el 66% y el 70% de los casos para estética y pseudoestáticas (enfoque Bishop) y en el 64% y 67% de los casos para estética y pseudoestáticas (enfoque Janbu); pasar de un

índice inestable a uno estable.

Portilla (2021), en su trabajo de tesis titulada: *“Propuesta de Estabilización de los Acantilados de la Costa Verde entre los Jirones Leoncio Prado y Castilla en el distrito de Magdalena del Mar mediante la ejecución de Banquetas Protegidas con el sistema Geoweb”*; presentada a la Universidad San Ignacio de Loyola, con un diseño aplicativo, cuantitativo y preexperimental, con el objetivo de proponer un diseño adecuado de banquetes protegidos mediante el sistema Geoweb, con el fin de estabilizar los taludes de la Costa Verde y generar el presupuesto necesario; donde se obtuvo las siguientes conclusiones: 1) Se confirma que la propuesta de diseño de banquetes protegidos por Geoweb permite la estabilización de los acantilados de la Costa Verde, además de la propuesta logro mejorar estabilidad mediante los factores obtenidos, que cumplen con la norma E0.50, se propuso la siembra del césped natural de Paspalum y esquejes vegetales de Vetiver, para poder prevenir la erosión y/o meteorización del talud banquetado. 2) Se utilizó el software Slide V.6.0 para un análisis de sensibilidad retrospectivo además del determinado a partir de los datos recolectados para determinar los parámetros de durabilidad del conglomerado de lodo (grava arenosa). Basado en la geometría original, este método nos permitió determinar y definir un conjunto de parámetros que reflejan con precisión el estado actual de la roca. 3) El costo total estimado para la ejecución de banquetes utilizando los sistemas Geoweb y gramíneas como forma final de protección para banquetes y taludes es de S/. 13,448,019.97. Los proyectos toman en cuenta estos porcentajes en promedio, este presupuesto se estimó utilizando un porcentaje de gastos generales del 16% del costo directo y un porcentaje de utilidad del 5%. El análisis de precios unitarios se realizó de acuerdo con los precios unitarios obtenidos de cotizaciones, estimaciones previas y publicaciones de revisión de costos.

Paytan (2022) en su trabajo de tesis titulado: *“Mejoramiento de suelo como medida de reforzamiento de un talud arcilloso natural usando*

la técnica de enraizamiento del grass Vetiver en la Asociación Agrupación de Familias Los Angeles de Carabayllo II, Lima"; presentada a la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; con un objetivo de demostrar que las características morfológicas del sistema de ascendencia del pasto Vetiver mejoran la resistencia al corte por arco para elevar el nivel de seguridad, presenta un nivel de investigación explicativa y con un diseño experimental; donde se obtuvo las siguientes conclusiones: 1) El FS en el análisis estadístico del talud es superior al FS mínimo exigido por la norma E 050, sin embargo la diferencia es sólo del 3,33%. En el análisis pseudoestadístico se encuentra que el FS está 4,61% por debajo del FS mínimo requerido por la norma E050. 2) Además se llegó a la conclusión de que las residencias de la asociación deberían reubicarse en el estudio o se debería designar un número máximo de pisos para edificios sobre el talud métodos para mejorar la salud, ya sea mediante el uso de materiales de bioingeniería, excavando el suelo o construyendo estructuras de contención claro que el astrágalo puede degradarse en presencia de condiciones sónicas; Como resultado, adoptar una solución de bioingeniería de bajo costo como medio para mejorar el colgante es una alternativa viable. 3) Se utilizó para determinar los nuevos parámetros de resistencia mejorando los resultados de dichos parámetros. Hubo 113,33% de variación del para la cohesión, pero sólo del 36,51% para el ángulo interno.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Pozo (2021) en su tesis titulado: "Propuesta del Sistema Vetiver como control de Deslizamiento de Suelos en la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco – 2019"; presentada a la Universidad de Huánuco; con el objetivo de proponer el sistema Vetiver para prevenir el deslizamiento en la parte superior del AAHH , determinar la inestabilidad del área definida sin la influencia de la propuesta y determinar el área definida con la influencia; con un tipo de investigación sistemática, cuantitativo, correlacional-descriptivo y experimental, donde se obtuvo las siguientes conclusiones: 1) Los factores de estabilidad de

las secciones desplazadas en el área de deslizamiento demuestran la inestabilidad del área de investigación, con valores que oscilan entre 1.117 y 1.233 en la sección S1, 1.217 a 1.367 en la sección S2 y 1.236 a 1.401 en la sección S3. Estos valores están por debajo de 1,50 fijado por el RNE.CE.020. 2) Respecto a los factores de seguridad influenciados por el sistema de Vetiver de las secciones atravesadas en el área de deslizamiento, los cuales tienen valores mínimos y máximos superiores a 1.50, con valores que oscilan entre 2.66 y 2.67 en la sección S1, 2.94 a 2.98 en la sección S2 y 3.68 a 3.72 en la sección S3. 3) Según los precedentes de la investigación, se ha confirmado que el uso de muestras de suelo tratadas con Vetiver da como resultado factores de seguridad más bajos que el uso de muestras naturales con tamiz de Vetiver. Es claro que al estabilizar el área de estudio con el sistema Vetiver, los índices de seguridad que van desde un mínimo de 2.656 hasta un máximo de 3.719 pueden dar valores más altos.

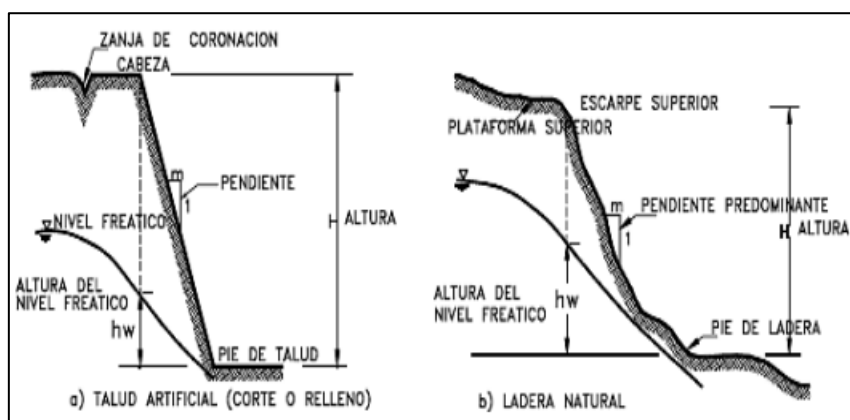
2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. ESTABILIDAD DE LADERA

Suarez (1998) menciona que el propósito del análisis de estabilidad es determinar un factor que indique que la pendiente es estable. Este coeficiente se obtiene comparando las fuerzas que causan el movimiento y las fuerzas que lo resisten.

También Braja y Khaled (1985) hace referencia que la estabilidad del talud se refiere a la capacidad de un talud o pendiente de terreno para resistir el colapso, gradual o deformación debido a las fuerzas que actúan sobre él. Este concepto es fundamental en ingeniería geotécnica porque se busca garantizar que las laderas de tierra, cortes de carreteras, taludes de represas u otras estructuras de tierra sean seguras y no presenten riesgos de colapso que puedan causar daños o peligros.

Figura 1
Nomenclatura de las Partes de un Talud y Ladera



Nota. La imagen muestra la geometría y partes principales de un talud y ladera. Fuente: Suarez (1998)

2.1.2 ÍNDICE DE SEGURIDAD

Con base en la Norma Peruana de Estabilización de Suelos y Taludes (CE.020, 2019), que establece que el profesional responsable debe evaluar la condición de estabilidad del talud según requerimientos estáticos y sísmicos. El factor mínimo de seguridad de la pendiente debe ser 1,5 para estudios estáticos y 1,25 para estudios sísmicos.

Tabla 1
Índice de Seguridad Mínimas Establecidas

CE.020	
Cond. Sísmica	Cond. Estática
1.25	1.5

Nota. Son los índices que se tomarán en cuenta para el cálculo de los resultados. Fuente: CE.020 (2019)

Respecto a la condición sísmica Suarez (1998) menciona que se trata de fenómenos naturales que se producen durante el movimiento de fallas geológicas en la corteza terrestre. A medida que las fallas se mueven se producen ondas de distintos tipos y de gran potencia.

Con base en la Norma de Diseño Sísmico del Perú (E.030, 2018), menciona que el territorio del país se divide en cuatro regiones. Además de la información neotectónica, la zonificación propuesta se basa en la

distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y su atenuación según la distancia epicentral. También incluye una lista de provincias y distritos correspondientes a cada región.

Figura 2
Zonificación Sísmica del Perú



Nota. Se muestra los factores sísmicos según las zonas en todo el Perú, como se puede observar Huánuco se encuentra en la zona 2. Fuente: CE.020 (2019)

2.2.2. MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE

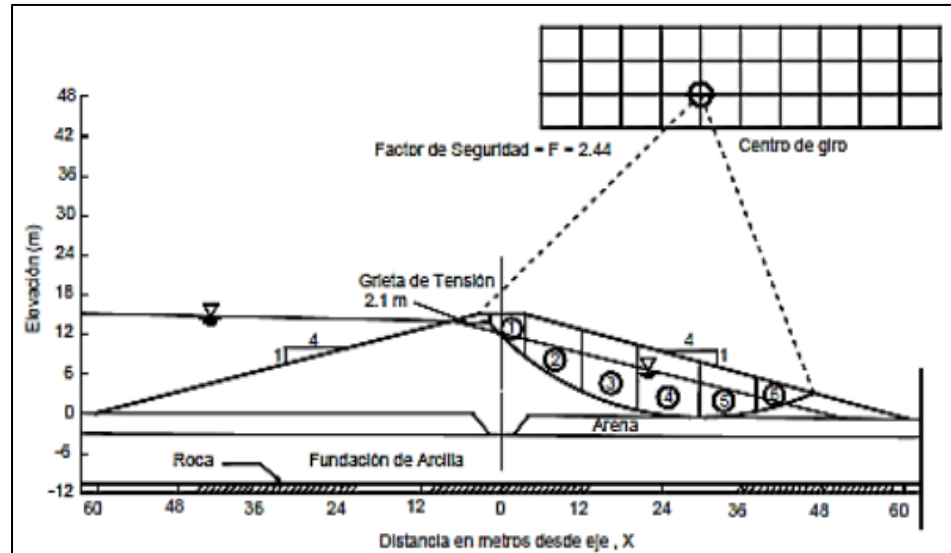
De igual manera Suarez (1998) menciona que el modelado y análisis de taludes forma parte de la práctica del diseño geotécnico, cuyo propósito es analizar tanto las condiciones de estabilidad como la seguridad y operatividad del diseño.

Por otra parte, Sanhueza Plaza et al, (2012) menciona que la teoría del equilibrio límite, una línea que representa la superficie de rotura representa el movimiento de masas. El error de inclinación es causado

por la masa de la tierra que se mueve por encima de esta línea en relación con la masa que se encuentra debajo.

Figura 3

Esquema del Método o Enfoque de Equilibrio Limite



Nota. La imagen muestra un ejemplo de cálculo de índice de seguridad de un talud por el método ya mencionado. Fuente: Suarez (1998).

2.2.3. PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN EL MÉTODO (EQUI. LIMITE)

Como menciona Braja (2016) en la ingeniería geotécnica, el método del límite de equilibrio es una técnica ampliamente utilizada para evaluar la estabilidad de taludes y otras estructuras en el suelo. Este método utiliza una variedad de parámetros geotécnicos y geométricos para evaluar la estabilidad. Los parámetros principales son:

- **El peso unitario del suelo:** El peso por unidad de volumen del suelo se conoce como peso unitario y depende de la densidad del suelo. Es un componente crucial en la evaluación de la estabilidad de los taludes porque afecta las cargas aplicadas al talud.
- **La cohesión:** La cohesión es una propiedad que describe la fuerza de unión entre partículas de suelo en suelos cohesivos, como la arcilla. Es particularmente importante en suelos con una gran cantidad de componentes cohesivos.

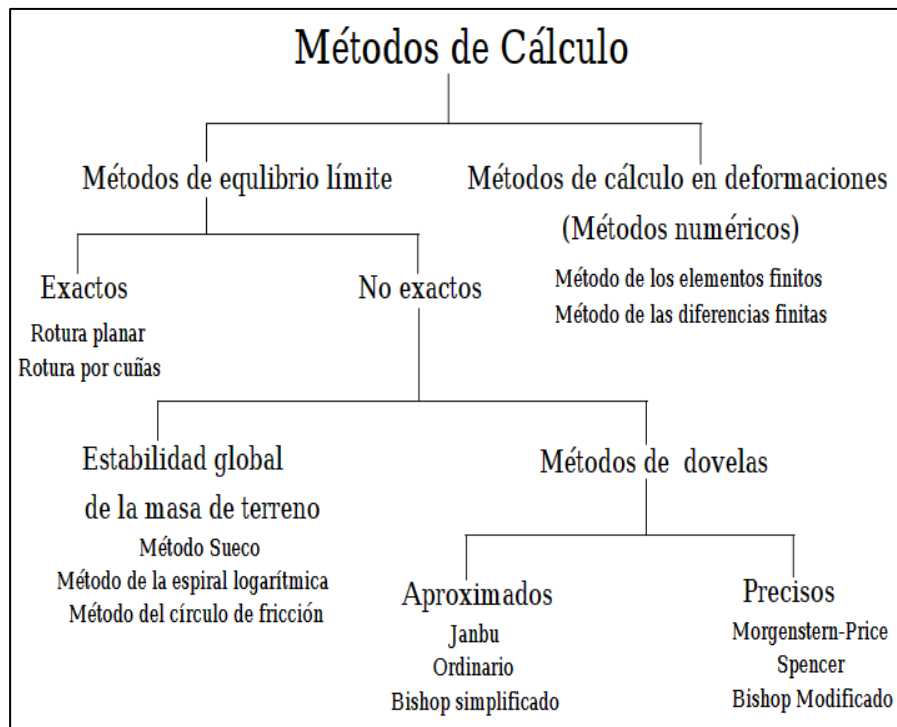
- **El ángulo de fricción interna (ϕ):** Es el ángulo entre el plano horizontal y los planos de deslizamiento potencial de un suelo. Representa la resistencia al deslizamiento entre las partículas del suelo y es fundamental para determinar la estabilidad del talud.
- **Condiciones de carga:** Esto incluye la aplicación de cargas externas al talud, como presión de agua, cargas sísmicas y cargas de construcción, que pueden afectar la estabilidad.
- **El índice de seguridad:** Es el cociente de las fuerzas de resistencia al deslizamiento y las fuerzas que suelen causar deslizamiento o colapso en el talud. Un índice superior a 1.5 indica estabilidad y un índice inferior a 1.5 indica inestabilidad.
- **El ángulo de Inclinación del Talud (β):** Este ángulo muestra la inclinación del talud o la pendiente de la ladera en cuestión. Es un componente geométrico crucial para la estabilidad del talud.
- **La longitud del talud (L):** la distancia horizontal a lo largo del talud desde el punto de interés se denomina longitud del talud. También es útil para evaluar la estabilidad.
- **La altura del talud (H):** La distancia vertical desde la base hasta la cima del talud se conoce como su altura. Es un parámetro geométrico crucial para evaluar la estabilidad de los taludes.

2.2.4. ENFOQUES DEL EQUILIBRIO LÍMITE

Oliva (2015) menciona que para evaluar la estabilidad de taludes y laderas se pueden dividir en dos categorías: métodos generales basados en el límite de la masa de suelo que se desplaza y métodos que toman en cuenta las deformaciones del suelo.

El límite de equilibrio se puede clasificar en los siguientes grupos según la precisión de las soluciones obtenidas al aplicarlas:

Figura 4
Clasificación de los Enfoques de Cálculos



Nota. La imagen muestra los diferentes enfoques dentro de ellos tomaremos en cuenta el método de dovelas; es decir los aproximados y precisos. Fuente: Oliva (2015).

- **Los métodos precisos,** La aplicación de leyes estadísticas proporciona una solución precisa al problema, preservando al mismo tiempo las simplificaciones inherentes a todos los métodos de equilibrio límite (ausencia de deformaciones y un factor de seguridad constante a lo largo de la curva de rotación). Esto sólo es posible con geometría simple, como grietas planas y grietas por cuñas.
- En la mayoría de los casos, **los métodos no exactos** no pueden obtener una solución precisa del problema simplemente aplicando las ecuaciones de la estática. El problema es hiperestático y necesita una simplificación o hipótesis previa para resolverlo.

Tabla 2
Enfoques Conocidos para el Análisis de Estabilidad

Métodos de Análisis de Estabilidad de Taludes y Laderas			
Enfoques	Superf. De falla	Equilibrio	Características
Ordinario o Fellenius	Circular	Fuerzas	Las fuerzas entre dovelas no se tienen en cuenta
Bishop Simplificado	Cualquier forma	Momentos	Asume que todas las fuerzas cortantes son cero.
Jambu Simplificado	Cualquier forma	Fuerzas	Asume que no hay fuerza cortante entre dovelas
Spencer	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	La inclinación de las fuerzas laterales es la misma para cada tajada.
Morgenstern y Price	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Utilizar el método de dovelas para calcular la magnitud de un coeficiente sísmico para producir una falla.

Nota. La imagen muestra los 5 enfoques que se usara en el programa Slide para el cálculo de los índices de seguridad. Fuente: Suarez (1998).

2.2.5. TÉCNICAS DE BIOINGENIERÍA PARA ESTABILIZACIÓN DE LADERA

Terán (2017) menciona que el sistema se define como un sistema práctico, rentable, de bajo mantenimiento y respetuoso con el medio ambiente que utiliza la vegetación para proporcionar soluciones de ingeniería, estabilizar el suelo y actuar como un agente anti erosivo. La vegetación y sus propiedades ayudan a reforzar el suelo para mejorar sus propiedades mecánicas, drenan o impiden que las partículas sueltas ingresen al suelo. Como resultado, se requiere un conocimiento profundo de la siembra de plantas, el análisis de estabilidad del talud y la mecánica de la erosión en el área de estudio.

Suarez (1998) menciona la experiencia ha demostrado que la vegetación ayuda a prevenir la erosión y las fallas del subsuelo y los arbustos proporcionan resistencia cohesiva a los suelos superficiales y facilitan el drenaje subterráneo, reduciendo la probabilidad de

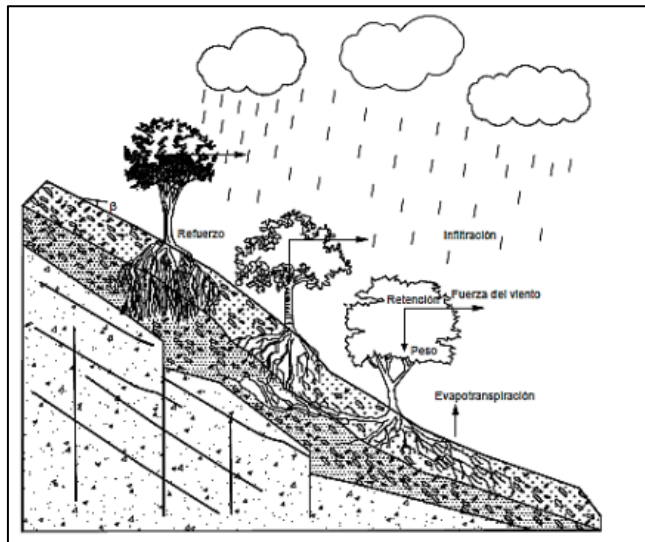
pendientes poco profundas. Sin embargo, su efecto varía para pendientes más profundas.

De la misma manera Oliva (2015) menciona que la vegetación no requiere la instalación de equipos pesados o complicados porque es multifuncional, tiene un precio razonable, se repara sola y es estéticamente agradable, pero posee varias limitaciones, como su susceptibilidad a quemas y sequías, su dificultad para establecerse en taludes altos pendientes, su incapacidad para resistir la acción del oleaje o las fuerzas de socavación, y su lenta tasa de germinación y crecimiento.

Si bien los trabajos de bioingeniería son muy populares, no siempre sirven para abordar los problemas de erosión. Las faltas en las estructuras de bioingeniería no se han mostrado como éxitos en general, y hay una tendencia a exagerar la habilidad de las plantas.

Figura 5

La vegetación como alternativa de solución ante la inestabilidad



Nota. La imagen muestra la relación entre muro ménsula y su entorno. Fuente: Suarez (1998).

2.2.6. SISTEMA DE PASTOS VETIVER

Truong, et al. (2006) menciona que el pasto Vetiver (*Chrysopogon*

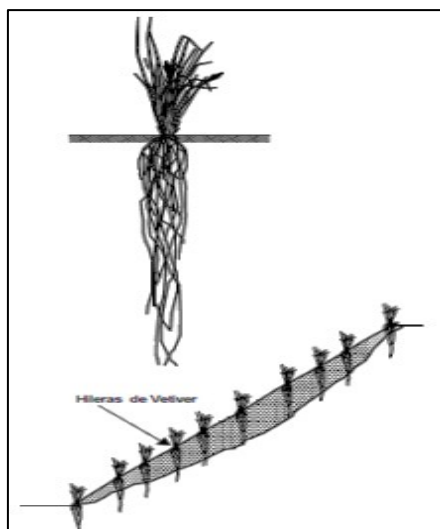
zizanioides) es una planta de rápido crecimiento que tiene algunas características únicas. Se originó en el sur de la India. El pasto Vetiver es ideal para combatir la erosión de las orillas de los ríos debido a sus características únicas. El sistema de rápido crecimiento y profunda penetración del pasto Vetiver también puede regular el movimiento de una capa superficial del suelo y prevenir la erosión del suelo.

Perea y Duran (2012) menciona que se caracteriza por tener raíces ramificadas y esponjosas que alcanzan hasta tres metros de profundidad y, cuando está bajo el suelo, se pueden formar nueve raíces a partir de nodos. Su tallo es erguido y mide entre 0,5 y 1,5 metros de altura. Están enhiestos y rígidos, y son capaces de mantenerse en el agua hasta un flujo bastante profundo. Los ojos son largos, puntiagudos y agudos. Tienen 8 milímetros de ancho y 75 centímetros de largo.

Para Suarez (1998) esta planta es una gramínea perenne que parece malaza en condiciones ideales y que puede alcanzar una altura de hasta 1,6 metros. Su sistema esquelético sistema contiene una gran cantidad de cilindros fibrosos que pueden alcanzar profundidades de 4 a 5 metros.

Figura 6

Las hileras de planta vetiver con el talud o ladera



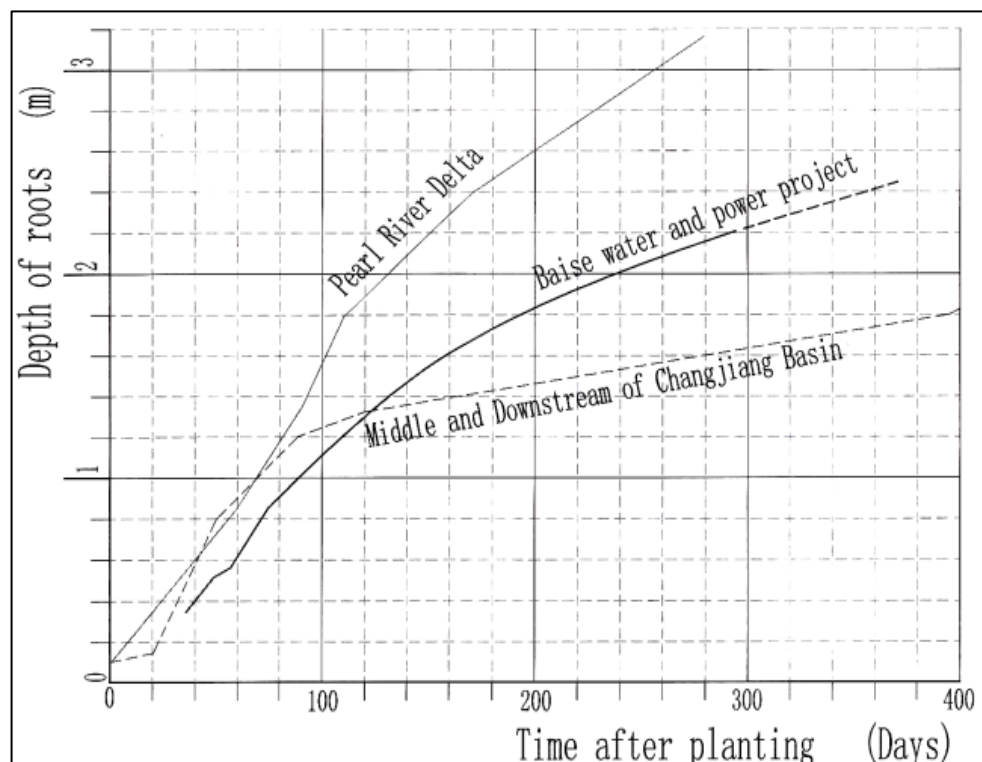
Nota. La imagen muestra que el talud está siendo estabilizada con el pasto Vetiver.
Fuente: Suarez (1998).

2.2.7. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

El sistema radicular profundo, masivo y denso del vetiver lo distingue de otras plantas. Según la literatura, puede penetrar el suelo entre 2 y 3 metros en el primer año y hasta 5 metros si las condiciones del terreno son favorables (Truong et al., 2008). Esta gramínea, puede penetrar varias capas de suelo y rocas y sobrevivir largos periodos sin agua.

Existe una correlación entre la profundidad del río y los días de crecimiento, como se muestra en la **Figura 7** a partir de observaciones prácticas realizadas en los valles medio e inferior del Yangtze y de las Perlas. La relación se puede utilizar como referencia en el diseño de ingeniería.

Figura 7
Relación del tiempo de siembra y profundidad de las raíces

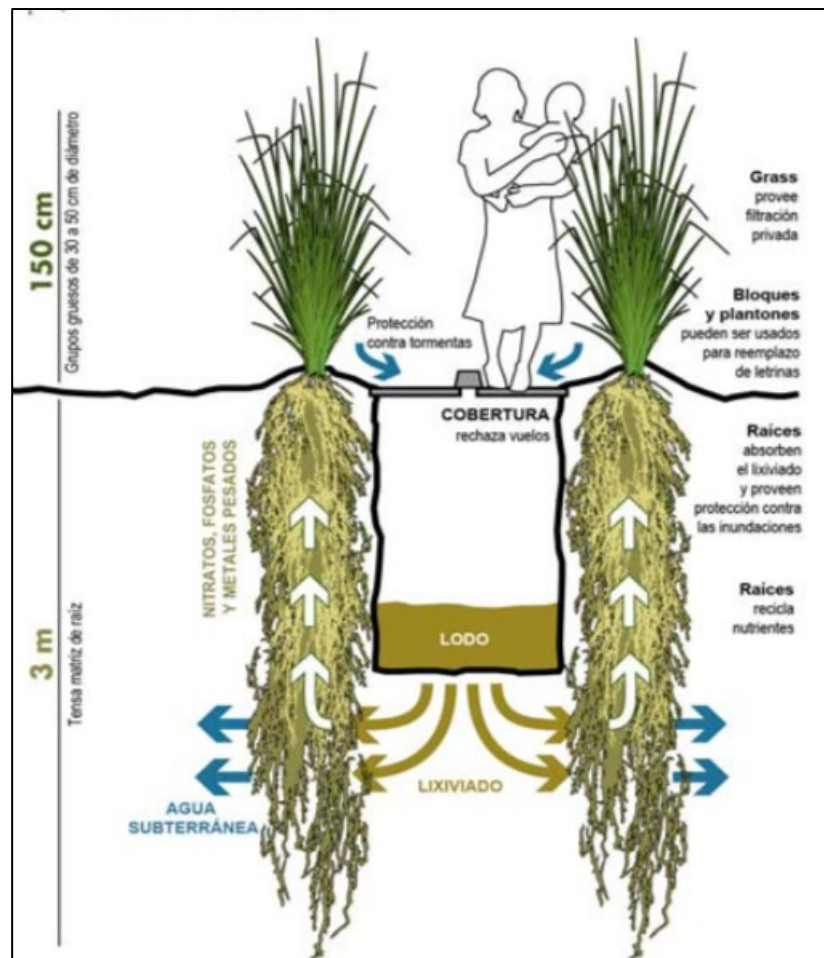


Nota. La imagen la relación de las profundidades de las raíces con respecto a los días que pasan. Fuente: Chengchun (2003).

Las raíces del vetiver crecen a más de 1 metro de profundidad y 1 metro de altura después de la siembra en primavera o verano durante 7 a 8 meses, evitando la erosión del suelo y estabilizando los pendientes, como se muestra en el gráfico.

El perfil del graso vetiver, las partes de las raíces y las hojas se muestran en la **Figura 8**.

Figura 8
La estructura de los pastos Vetiver

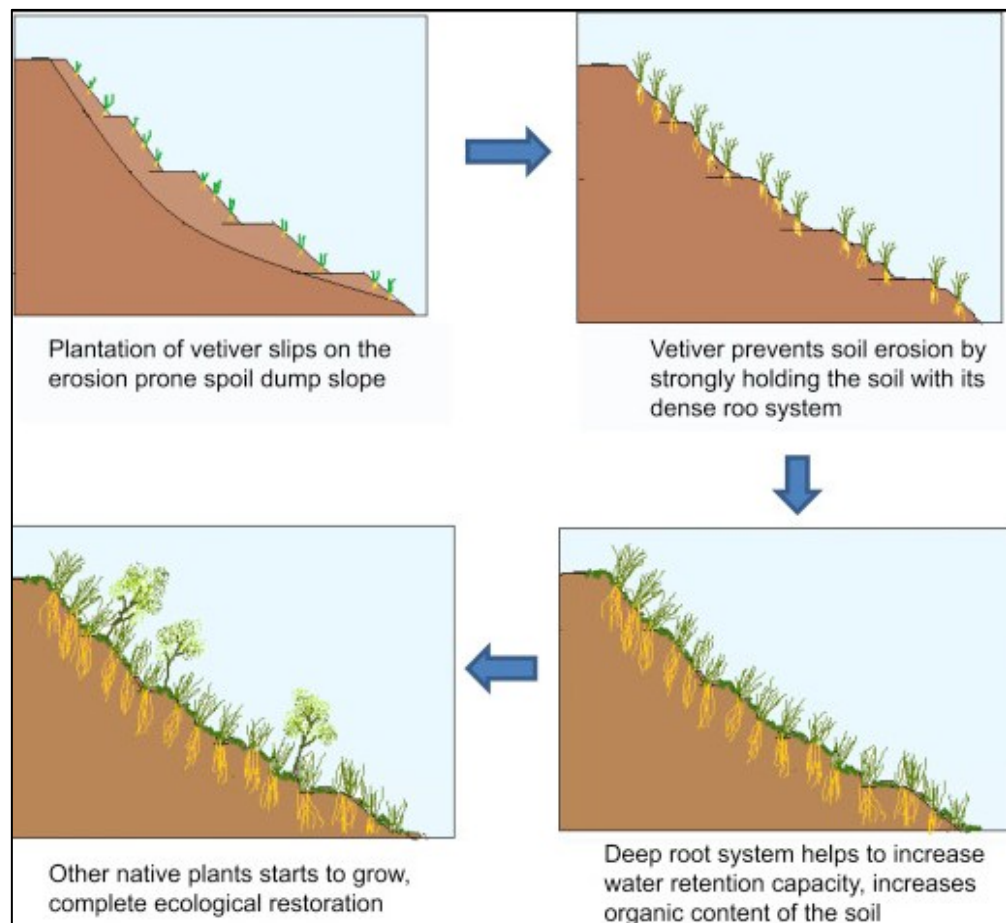


Nota. La imagen se muestra el pasto vetiver la cual no produce maleza por lo tanto ayuda a infiltrar agua en el suelo. Fuente: Cabanillas (2018)

La figura 9, muestra la plantación de esquejes de pasto vetiver en el pendiente o talud del vertero de escombros, comenzando en la parte superior izquierda. En la siguiente imagen, el pasto vetiver crece y

sostiene el suelo con sus raíces densas y robustas. A medida que las raíces crecen en longitud y profundidad, aumentan la capacidad de retener agua y minerales, así como la vida orgánica en el suelo. En la imagen final, el suelo de escombros se transforma en una zona con vegetación gracias a los beneficios de las raíces del vetiver, haciéndola más resistente a una posible erosión.

Figura 9
Crecimiento de los pastos Vetiver



Nota. La imagen se muestra la plantación de los pastos, y las etapas de su crecimiento de las raíces la cual ayudan a la retención de agua. Fuente: Banerjee et al., (2018).

2.2.8. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Hengchaovanich y Nilaweera (1998) en su trabajo logra determinar que la planta de vetiver Tiene una alta resistencia a la tracción que es inversamente proporcional a su tamaño. La resistencia obtenida fue de 75 MPa (765 kg/cm²) con un diámetro típico de 0,7-0,8 mm, y las

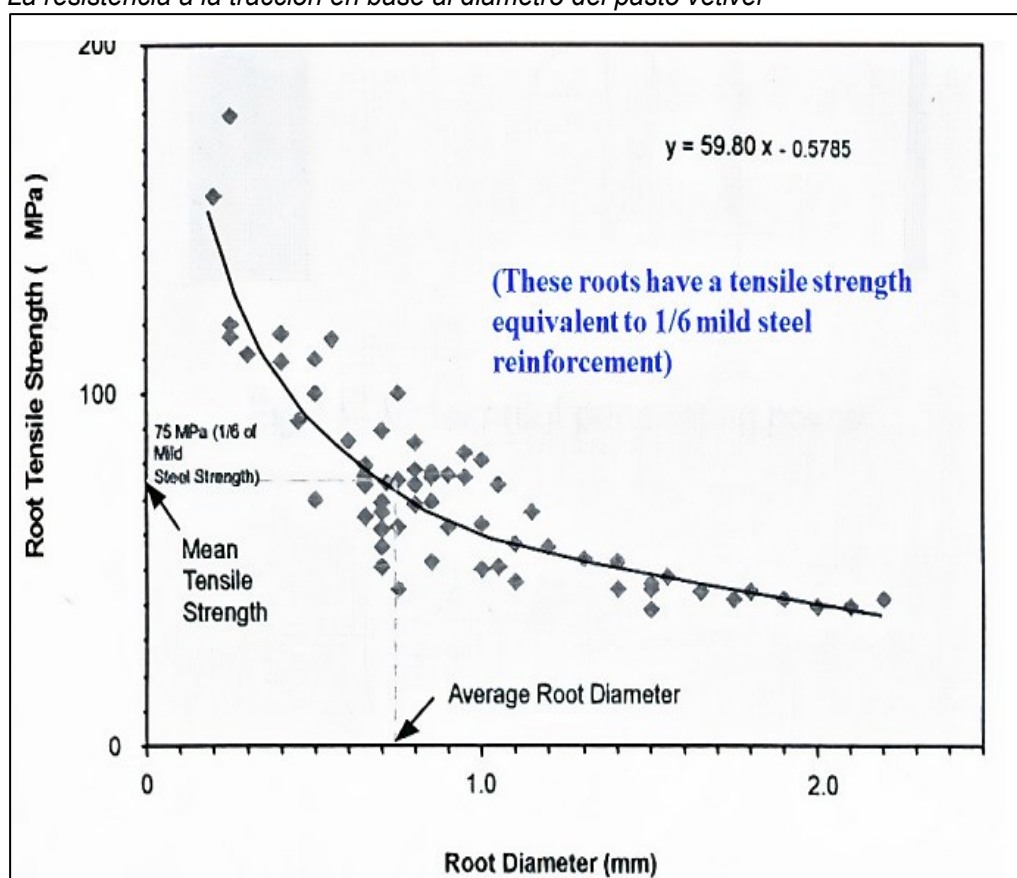
tensiones oscilaron entre 40 y 180 MPa (409 a 1836 kg/cm²) con diámetros que oscilaron entre 0,2 y 2,2 mm; como se puede ver en la **figura 10**.

La resistencia obtenida es aproximadamente una sexta parte de la resistencia a la tracción máxima del acero dulce. Como resultado, la resistencia de Hengchaovanich se recomienda para los diseños de ingeniería.

Además, en experimentos de corte directo a gran escala, la penetración de las raíces de Vetiver mejoró la resistencia del suelo al corte. La resistencia promedio al corte de la raíz de vetiver es de 25 MPa, que es aproximadamente 1/3 de la resistencia máxima al rastreo. (Chengchun, et al.,2003).

Figura 10

La resistencia a la tracción en base al diámetro del pasto vetiver



Nota. La imagen se muestra un diagrama con los diámetros de las raíces de los pastos vs la resistencia a la tensión. Fuente: Hengchaovanich y Nilaweera (1998).

Tabla 3
Los esfuerzos promedios de corte de la raíz vetiver

Profundidad	Sección transversal de las raíces (mm ²)	Resistencia al corte del suelo (kN/m ²)	Resistencia al corte de la raíz Vetiver (MPa)
0.50	175.00	4.20	24.50
1.00	105.00	2.60	25.30
1.50	45.00	1.20	27.20

Nota. La tabla muestra las resistencias tanto del suelo y los pastos Vetiver calculadas en base a la profundidad desde la superficie, en base también al diámetro o área de la raíz. Fuente: Hengchaovanich y Nilaweera (1998).

Hengchaovanich y Nilaweera (1998) determina las fuerzas de cada planta se examinaron estudiando las raíces de varias plantas en relación con las tensiones de sus rotores, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4
Fuerzas a la tracción de varios tipos de plantas

Plantas	Nombre común	Fuerza de tracción (Mpa)
Pópulos sp.	Álamos	5-38
Hacer sacharinum	Arce plateado	15-30
Vaccinum sp.	Gaylussacia	16
Alnus sp	Alisos	4-74
Vetiverua zizanioides	Pasto vetiver	40-180
Hordeum vulgare	Zacate, hierbas	2-20
	Musgos	2-7kpa
	Cebada	15-31

Nota. La imagen se muestra un estudio realizado donde se calculó las resistencias de varios tipos de plantas, de donde se encuentra los pastos vetiver. Fuente: Hegchaovanich y Nilaweera (1998).

De acuerdo con la resistencia al cizallamiento de los suelos y taludes vegetales cubiertos con los pastos vetiver (Rufino, 2012), demostró que la incorporación de un sistema de pastos vetiver aumentó los parámetros del peso específico, cohesión y ángulo de fricción interna

en un suelo limo arenoso, en periodos de un año hasta tres. Los parámetros se midieron mediante pruebas de corte directo, demostrando que las raíces de vetiver aumentan la fuerza de corte del suelo.

Tabla 5

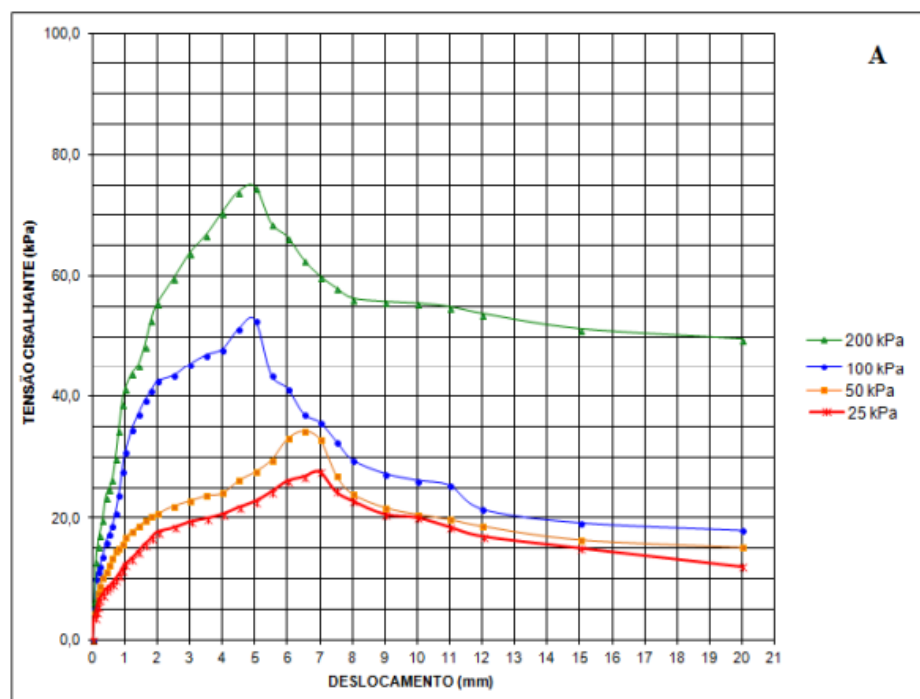
Variación de los parámetros geotécnicos durante los 3 años

talud y ladera	Ang. de Fricci. (°)	Cohesión (kPa)	Pes. Especif. (kN/3)
Sin una vegetación	15.1	21.97	19.97
Un año de siembra	14.3	24.63	20.41
Dos de siembra	15.3	24.12	20.58
Tres de siembra	30	92	20.67

Nota. La tabla muestra la variación de las propiedades que aumenta considerablemente a los 3 años del sembrado. Fuente: Rufino (2012).

Figura 11

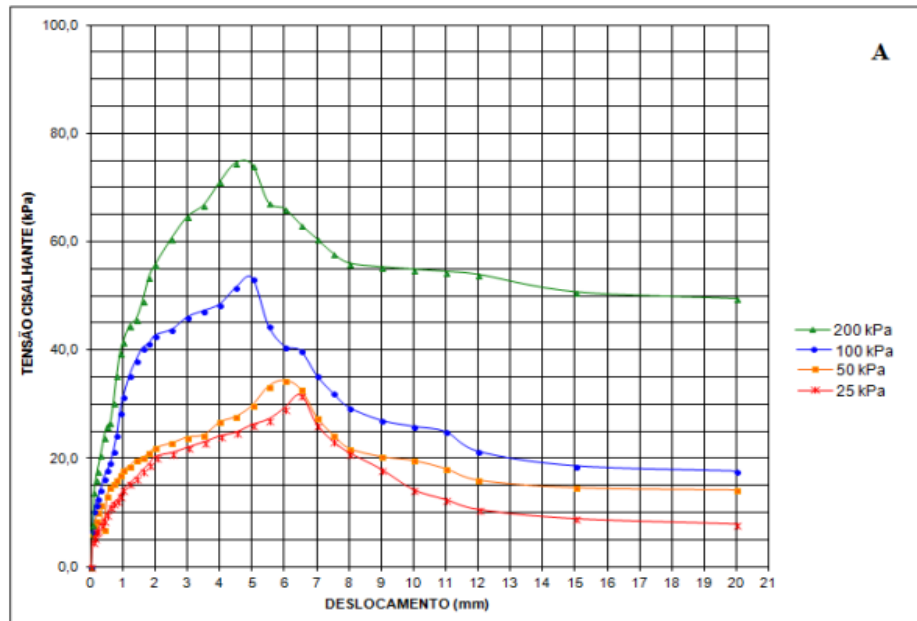
La deformación del suelo vs el esfuerzo cortante sin el sistema vetiver



Nota. La imagen se muestra los resultados de la prueba de corte directo para suelo sin cubierta vegetal, donde se ve las curvas en términos de esfuerzos cortantes versus desplazamientos horizontales, con valores de tensión normales correspondientes a 25 kPa, 50 kPa, 100 kPa y 200 kPa. Fuente: Rufino (2012)

Figura 12

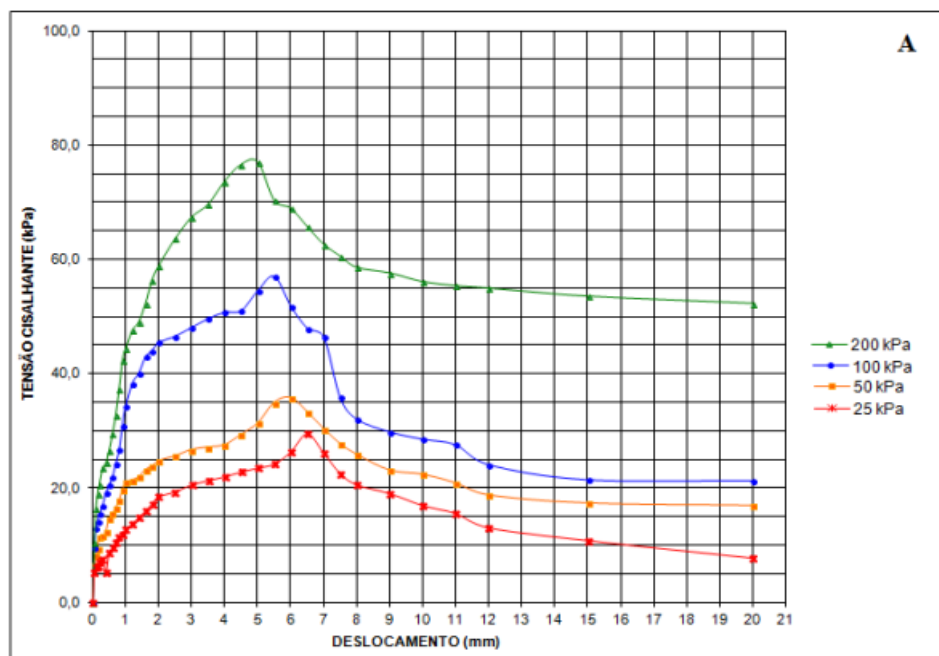
La deformación del suelo vs el esfuerzo cortante con un año del sistema vetiver



Nota. La imagen se observa los resultados de la prueba de corte directo en términos de esfuerzos cortantes versus desplazamientos horizontales para el suelo cubierto con vetiver al año de sembrado. Fuente: Rufino (2012)

Figura 13

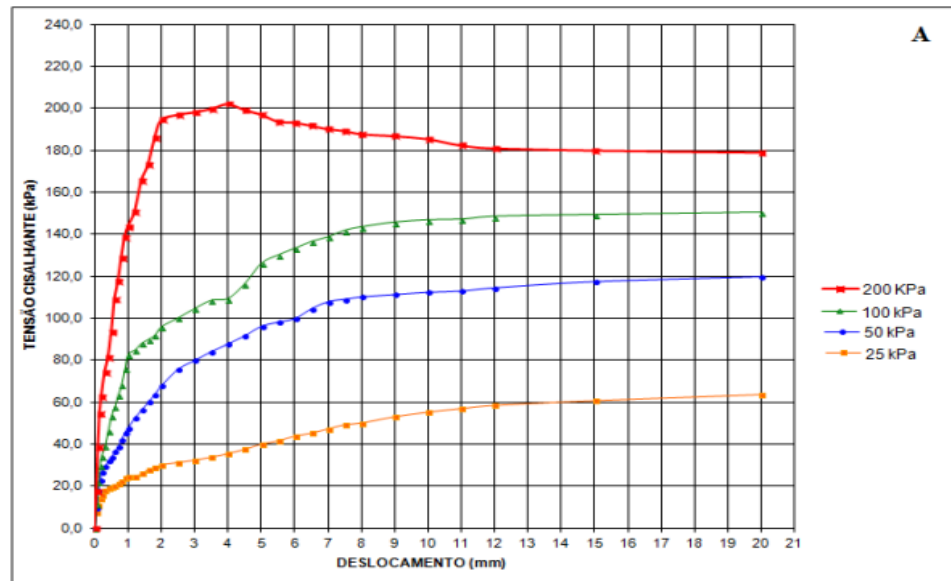
La deformación del suelo vs el esfuerzo cortante con dos años del sistema vetiver



Nota. La imagen se observa los resultados de la prueba de corte directo en términos de esfuerzos cortantes versus desplazamientos horizontales para el suelo cubierto con vetiver a dos años de sembrado. Fuente: Rufino (2012).

Figura 14

La deformación del suelo vs el esfuerzo cortante con tres años del sistema vetiver



Nota. La imagen se observa los resultados de la prueba de corte directo en términos de esfuerzos cortantes versus desplazamientos horizontales para el suelo cubierto con vetiver a tres años de sembrado. Fuente: Rufino (2012).

De la misma manera Rufino (2012) menciona que un estudio encontró que las raíces de la planta vetiver mejoran la resistencia de los taludes cultivados con ella. A los 7 años de siembra.

Esto demuestra que las raíces de la planta de vetiver aumentan el esfuerzo de corte de un talud que ha sido sembrado con la planta durante 7 años después de la siembra.

Tabla 6

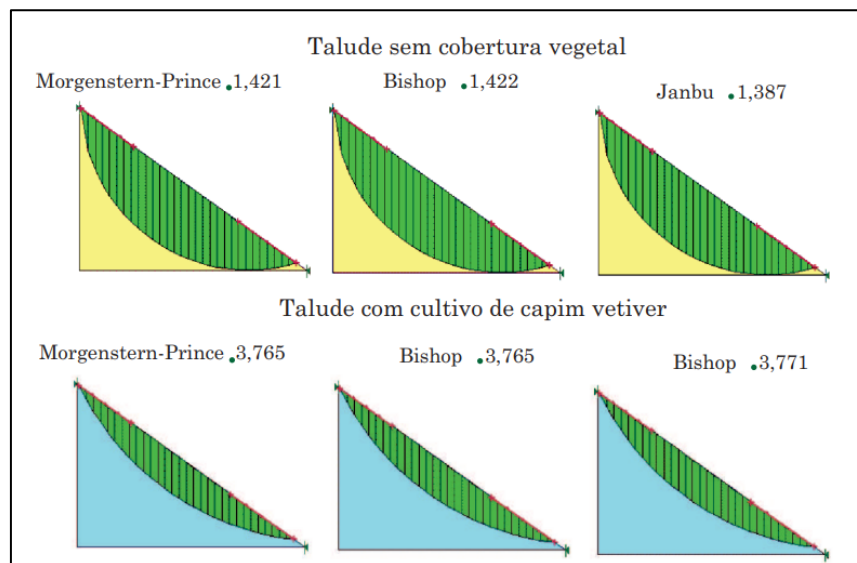
Variación de los parámetros geotécnicos de la raíz del vetiver

talud y ladera	Angu. de Fricci. (°)	Cohesión (kPa)	Pes. Especif. (kN/3)
Sin una vegetación	19.3	22.3	20.23
Después de 7 años de sembrado	26.65	98.2	20.8

Nota. La tabla muestra la variación de las propiedades que aumenta considerablemente a los 7 años del sembrado. Fuente: Rufino (2012).

Rufino (2012) descubrió que las raíces de la planta de vetiver aumentan el índice de seguridad de un pendiente de 45°. Con la ayuda de los métodos Morgenstern-Price, Bishop y Janbu, se puede realizar un análisis de estabilidad del talud de vetiver tanto sin raíces como con raíces.

Figura 15
Calculo de los índices sin y con los pastos vetiver

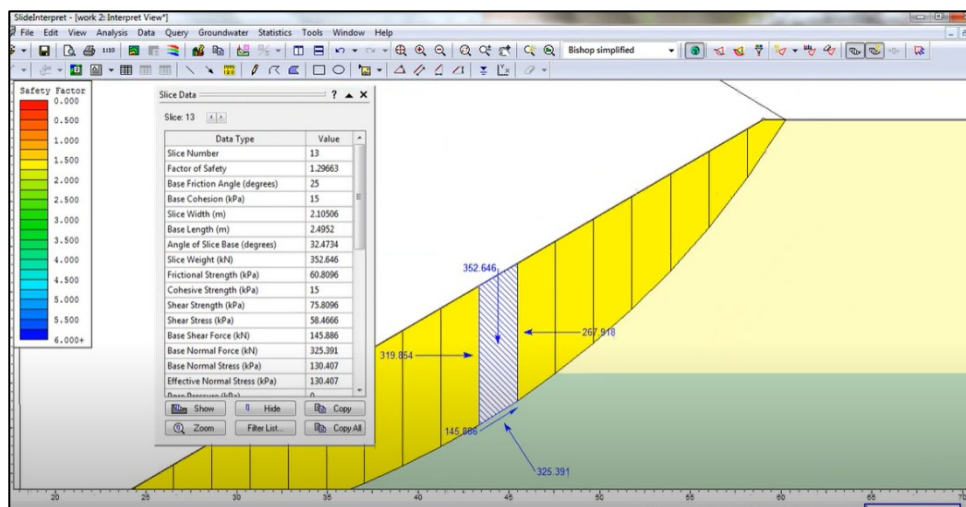


Nota. La imagen muestra la notable variación de los índices de seguridad del sistema de pastos vetiver. Fuente: Fuente: Rufino y Mota (2013).

2.2.9. PROGRAMA GEOTÉCNICO PARA EL ANÁLISIS (SLIDE)

En la actualidad las herramientas comunes para el análisis de estabilidad de taludes es el Slide, por ello Ramos (2017) menciona que el software utiliza el método del límite de equilibrio 2D para evaluar la estabilidad de las garras. Además, puede simular presiones externas y aguas subterráneas en taludes. Como resultado, entre otros criterios de fractura, el software incluye Mohr-Coulomb, Hoek y Brown. Para realizar un análisis en Slide se pueden utilizar diversas técnicas de análisis, como Fellenius, Bishop simplificado, Janbu generalizado y corregido, Spencer y Morgenstern-Price, entre otras. Se encuentran disponibles análisis de probabilidad y sensibilidad.

Figura 16
Ejemplo referencial de aplicación del programa Slide



Nota. La imagen muestra un talud analizado, por el método de las dovelas. Fuente: Huberth (2018).

2.2.10. CONSIDERACIONES EN EL PROGRAMA SLIDE

Dentro de las opciones de alternativas de soporte que tiene el programa Slide se encuentra el Soil Nail que significa clavo del suelo ya que trabaja de manera similar al sistema de plantas Vetiver.

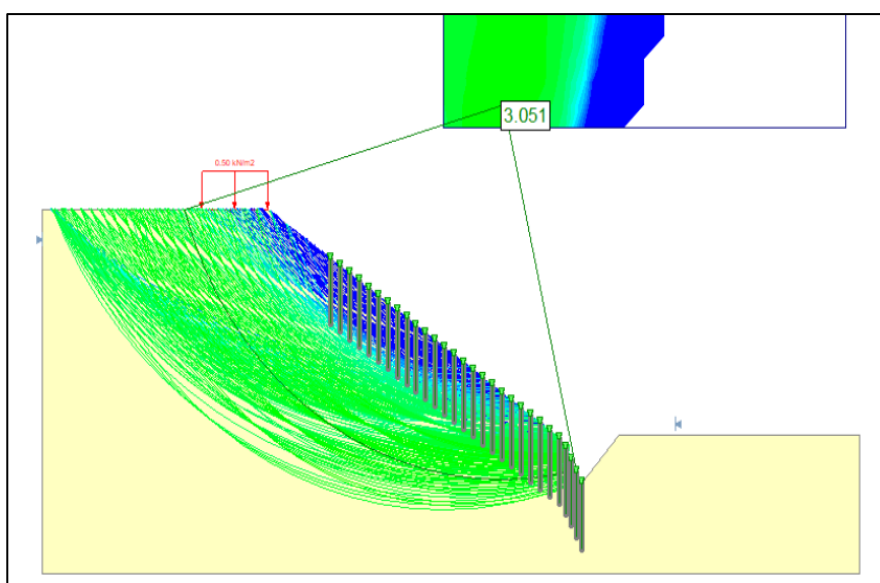
Paytan (2022) menciona que los sistemas de estabilización de taludes basados en vegetación, como el pasto de vetiver, se pueden simular utilizando software de análisis geotécnico como Slide con el soporte Soil Nail. Es importante tener en cuenta que estos son métodos diferentes para la estabilización de taludes, y cada uno tiene sus propias características y métodos de modelado.

- **Soil Nail:** Son elementos mecánicos de refuerzo que se colocan en el suelo para aumentar la estabilidad de los taludes. El análisis de taludes con uñas de tierra implica modelar estos componentes mecánicos y evaluar su capacidad para resistir deslizamientos y otras fallas. Para este propósito, puede usar Slide y otros programas de análisis geotécnico.

- **Sistema de pastos Vetiver:** Este método de bioingeniería utiliza la vegetación para estabilizar los taludes y prevenir la erosión. El análisis de taludes con pasto vetiver implica modelar las propiedades del suelo y la vegetación y evaluar cómo las raíces del pasto vetiver contribuyen a la estabilidad. Esto puede requerir un enfoque de software diferente, pero es aceptable.

Figura 17

Ejemplo referencial de aplicación del sistema de pastos vetiver



Nota. La imagen muestra un talud estabilizado con Soil Nail en el programa Slide la cual trabaja de la misma manera que los pastos vetiver. Fuente: Paytan (2022).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Ladera:** Superficie inclinada de la topografía terrestre entre un valle o base y una cima o cresta. Las laderas son comunes en terrenos ondulados y montañosos y pueden variar en pendiente, tamaño y características geológicas (RNE. CE.020, 2019).
- **Sistema de Pasto Vetiver:** Técnica de bioingeniería que utiliza pasto de vetiver para prevenir la erosión y aumentar la estabilidad de los taludes debido a las propiedades de sus raíces. (Wikipedia, 2020).

- **Raíz:** Parte de la planta que se encuentra debajo de la superficie del suelo y es esencial para la absorción de agua y nutrientes del suelo por parte de la planta, así como para su adhesión al sustrato. (Wikipedia, 2020).
- **Bioingeniería** Aplicación de métodos biológicos y materiales para controlar la erosión, estabilizar los taludes y restaurar los ecosistemas (Wikipedia, 2020).
- **Cohesión:** característica que muestra la fuerza de unión entre partículas. Es una fuerza que une las partículas del suelo. (RNE. CE.020).
- **Soil Nail:** Un sistema de refuerzo geotécnico que utiliza barras o pernos de acero para aumentar la estabilidad de los taludes. (Rocscience, 2021).
- **Ángulo de Fricción Interna:** el ángulo entre el plano horizontal y los planos potenciales de deslizamiento en un suelo. Representa la resistencia al deslizamiento entre las partículas del suelo. (RNE. CE.020).
- **Erosión de suelos:** El proceso en el que la superficie de una ladera se desgasta lentamente debido al flujo de agua o viento. (USDA, 2003).
- **Slide:** La evaluación de la estabilidad de cimentaciones y taludes se realiza con frecuencia utilizando software de análisis geotécnico. (Rocscience, 2021).
- **Factor de Seguridad (FS):** Valor adimensional que muestra la proporción entre las fuerzas que tienden a causar la falla de un talud y las fuerzas de resistencia que lo mantienen estable. (RNE. CE.020).
- **Método del Equilibrio Límite:** un método para evaluar la estabilidad de los taludes que se basa en el equilibrio de fuerzas y momentos. (Rocscience, 2021).
- **Peso Unitario del Suelo:** El peso del suelo por unidad de volumen. Es una medida del peso del suelo por unidad de volumen que depende de la densidad del suelo (RNE. CE.020, 2019).

- **Corte Directo:** Prueba de laboratorio que mide la resistencia al corte de un suelo bajo esfuerzos normales y tangenciales conocidos; se utiliza con frecuencia para medir la cohesión y el ángulo de fricción (RNE. CE.020, 2019).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Ho: El sistema de pastos Vetiver **no mejorará significativamente** el análisis de estabilidad de la ladera en el km 350 - km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael.

Hi: El sistema de pastos Vetiver **mejorará significativamente** el análisis de estabilidad de la ladera en el km 350 - km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Análisis de estabilidad de ladera

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Sistema de pastos Vetiver

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 7
Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
V. independiente Sistema de pastos Vetiver	Propiedades mecánicas del suelo	- Tipo de suelo - Angulo de fricción - Cohesión - Peso unitario	Cuantitativa	Discreta
	Propiedades de los pastos Vetiver	- Resistencia a la tensión - Resistencia de raíz y suelo - Diámetro de la raíz		
V. dependientes Análisis de estabilidad de ladera	Índices de seguridad	- Método de análisis - Superficie de falla - Condición de análisis	Cuantitativa	Discreta
	Topografía	- Perfil - Pendiente - Altura media		

Fuente: Adaptado de Hernández et al., (2023).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Hernández et al., (2014) la investigación aplicada se refiere a la búsqueda de soluciones prácticas y un problema o necesidad específica utilizando el conocimiento y las teorías actuales para abordar situaciones reales.

El tipo de investigación fue aplicada, ya que se llevaron a cabo tareas prácticas, como levantamiento topográfico, estudio de suelos, análisis de estabilidad e implementación del sistema de pastos Vetiver en el programa geotécnico. Como el objetivo era determinar en qué medida el sistema de pastos Vetiver mejoraría el análisis de estabilidad de la ladera en el km 350 - km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael. De esta manera, se buscó proporcionar una solución viable y práctica para mejorar la estabilidad del área de estudio.

3.1.1. ENFOQUE

Hernández et al., (2014) menciona que la investigación cuantitativa se distingue por la recopilación y el análisis de datos numéricos que pueden ser medidos y clasificados.

El enfoque de la investigación fue cuantitativo, debido a que se incluyó el análisis de datos numéricos, como mediciones topográficas y propiedades del suelo. Además, los resultados se cuantificaron mediante los índices de seguridad en el análisis de estabilidad.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Hernández et al., (2014) la investigación explicativa se refiere a un tipo de investigación que busca explicar en detalle fenómenos o situaciones específicas, así como sus causas y efectos. Para brindar una comprensión más profunda de los fenómenos estudiados, combine la recopilación de información descriptiva con el análisis.

Respecto al nivel de investigación fue explicativa, para comenzar nos centramos en describir las características y condiciones de la ladera en términos de su topografía y propiedades del suelo, utilizando el levantamiento topográfico y el estudio del suelo como base.

Luego se analizaron y expresaron mediante los índices de seguridad las condiciones y métodos utilizados, con el objetivo de explicar en qué medida el sistema de pastos Vetiver mejoraría la estabilidad de la ladera en el lugar de estudio.

3.1.3. DISEÑO

Hernández et al., (2014) es un enfoque de investigación en el que las variables independientes se manipulan deliberadamente para observar y evaluar el impacto que tienen sobre las variables dependientes. El objetivo fue determinar los efectos de una intervención o tratamiento particular y establecer las relaciones causales entre las variables.

El diseño de la investigación fue pre - experimental; ya que se trabajó con un solo grupo de análisis (la ladera intervenida) y se evaluó su condición antes y después de la implementación del sistema de pastos Vetiver, sin la existencia de un grupo control comparativo. Como resultado, se utilizó un diseño experimental en el cual se manipulo la variable independiente (sistema de pastos Vetiver) y se evaluó su impacto en la variable dependiente (Análisis de estabilidad de la ladera). Se estableció una relación causal entre la implementación del sistema de pastos Vetiver y la estabilidad de la ladera. Se utilizaron métodos particulares, como el índice de seguridad y el programa Slide en el análisis.

3.1.4. ESQUEMA PARA EL DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

- **Tipo de diseño:** pre - experimental.

Variables del estudio:

- **Independiente:** Sistema de pastos Vetiver.

- **Dependiente:** Estabilidad de la ladera (índices de seguridad).

Fases del diseño:

- **Diagnóstico inicial:** Levantamiento topográfico y análisis geotécnico del suelo.
- **Implementación del sistema:** Establecimiento del sistema de pastos Vetiver en el tramo seleccionado.
- **Evaluación posterior:** Comparación de condiciones antes y después de la implementación mediante el programa Slide.

Condiciones analizadas:

- **Estáticas y sísmicas:** Índices de seguridad y simulaciones en diferentes escenarios.

Relación causal:

Análisis del efecto del sistema de pastos Vetiver sobre la estabilidad de la ladera.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Arias, F. (2006) afirma que la población estadística, también conocida como universo, es el conjunto de todos los elementos que serán estudiados. Según alguna característica compartida, cada individuo asociado está formado por las partes constituyentes de una población.

La población en este proyecto se consideró a todos los taludes del km 350 hasta el km 353 con tendencia a deslizamiento en la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael.

A base de al informe técnico de zonas críticas por peligros geológicos en la región de Huánuco de la provincia de Ambo, emitido por INGEMMET, se mencionó que el sector del km 350 - km 353 de la

carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael, estaba sujeto a deslizamientos y derrumbes, lo que afectada la carretera colindante debido a dichos movimientos de masa.

3.2.2. MUESTRA

Arias, F. (2006) afirma que la muestra es la sección o parte de una población cuyos electores comparten características comunes o similares, se utiliza para estudiar la población de una manera más objetiva.

La muestra en este proyecto se consideró con el criterio de determinar la mejora de estabilidad de la ladera constituida por todo el talud correspondiente al km 351 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael basándose en la observación de la topografía del lugar de estudio.

El muestro no fue previsto ni basado en la probabilidad, sino que fue no probabilístico e intencional. Esto se debió a que la elección de los componentes de la muestra fue independiente de la probabilidad. Estas técnicas siguieron criterios de selección, como la experiencia del investigador, la conveniencia, el alcance, etc., en un esfuerzo por hacer que la muestra fuera representativa en la medida posible.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas: El proyecto de investigación que se empleó fue el análisis de documentos y la observación.

- **El análisis de documentos:** En base de Rodríguez (2013) es una técnica de datos que utiliza la recopilación, selección, clasificación, interpretación y análisis de datos que se encuentran en documentos escritos, gráficos y audiovisuales, entre otras formas.
- **La observación:** En base de Concepto.de (2021) es una forma de recopilar datos que implica recopilar información natural directamente

a través de trabajos de campo o de laboratorio. En la investigación científica, este método se emplea para obtener información de fuentes primarias, es decir, información que se obtiene directamente de la realidad.

- **Observación de condiciones topográficas:** Las características topográficas como pendientes, fallas, grietas y erosiones se observaron y se registraron directamente durante el levantamiento topográfico, ya que podían afectar la estabilidad de la ladera.
- **Observación de cambios geotécnicos:** La utilización de instrumentos geotécnicos como inclinómetros y piezómetros en tiempo real permitió identificar variaciones significativas.

Instrumentos: En base de Hernández et al (2014) los instrumentos de recolección de datos se utilizan para recopilar información de fuentes primarias. Estos instrumentos incluyen observaciones, pruebas, cuestionarios y entrevistas.

Los instrumentos para recopilar datos en este estudio fueron:

- ✓ Las plantillas para el estudio de suelos:

Ensayo del análisis y curva de granulometría

Ensayo del contenido de humedad

Ensayo del límite líquido, plástico e índice de plasticidad.

Ensayo de clasificación SUCS

Ensayo de peso específico

Ensayo de corte directo (ángulo interno y cohesión)

- ✓ Las plantillas para la topografía y perfil geométrico.

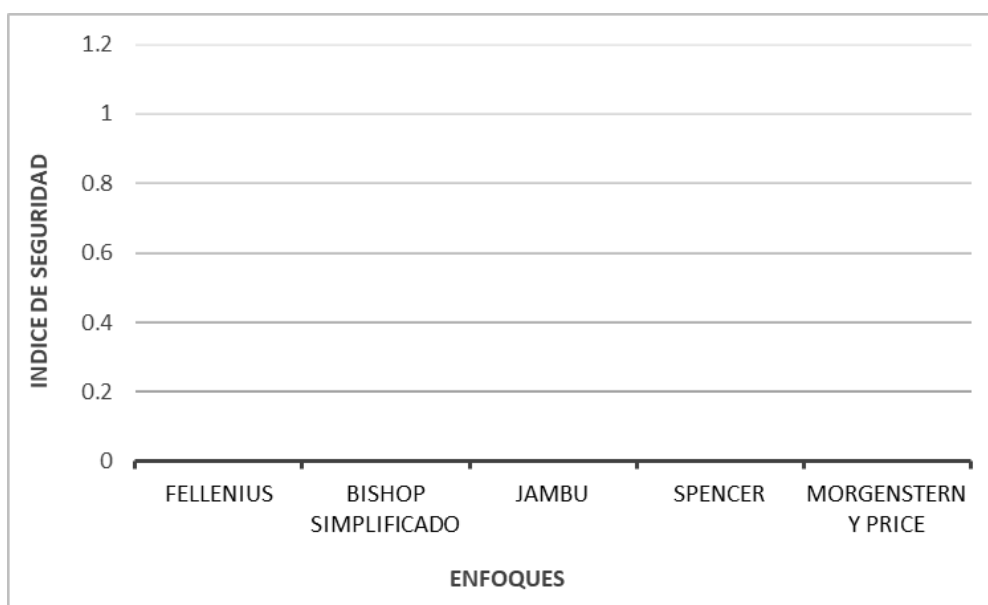
Para la presentación de datos

Para la presentación de datos del proyecto se utilizaron las siguientes:

- **Uso de gráficos:** Para mostrar clara y visualmente los resultados de las mediciones de instrumentos geotécnicos y el análisis de suelos, se utilizaron gráficos de barras y gráficos de dispersión.

Figura 18

Plantilla de grafico de barras agrupadas de para completar



Nota. En grafico de barras agrupadas se rellenará de los resultados obtenido con los FS por los dos enfoques en comparación con la norma CE.020

- **Uso de tablas:** De la misma manera, se utilizaron gráficos para mostrar clara y visualmente los resultados de presentar los datos topográficos y las comparaciones de los niveles de seguridad obtenidos del programa en estados iniciales y después de la implementación del sistema de pastos Vetiver.

Tabla 8*Tabla para rellenar los puntos topográficos en coordenadas UTM*

Puntos	Elevación	Este	Norte	Descripción
1				
2				
3				
59				
60				

Nota. Se rellenará con los puntos del levantamiento topográfico realizado en el programa Civil3D.

Tabla 9*Tabla para rellenar con índices de seguridad obtenidos-estática*

Enfoque	Condiciones	FS	FS	Norma
	Estática	mínima	máxima	CE.020
Fellenius				1.5
Bishop				
Simplificado				
Jambu				
pencer				
Morgenstern				
y Price				

Nota. Se rellenará con los niveles de estabilidad por los 5 enfoques en el estado estático obtenidos del programa Slide.

Tabla 10*Tabla para rellenar con índices de seguridad obtenidos-Sísmica*

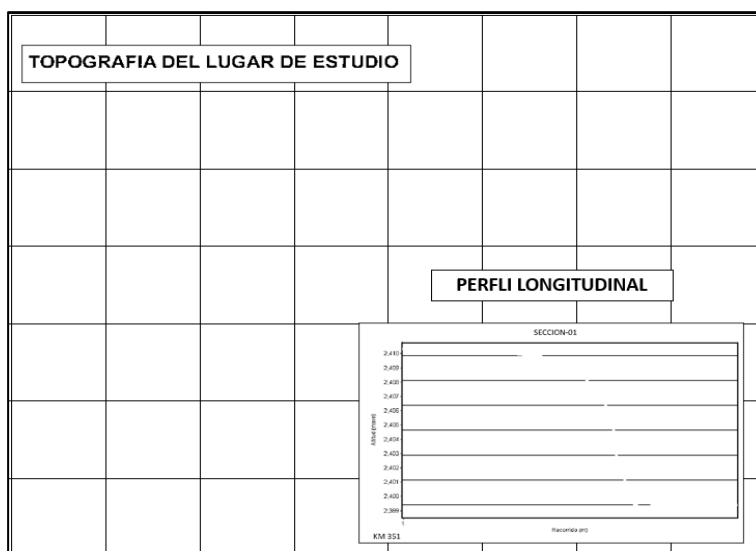
Enfoque	Condiciones	FS	FS	Norma
	Sísmica	mínima	máxima	CE.020
Fellenius				1.25
Bishop				
Simplificado				
Jambu				
Spencer				
Morgenstern				
y Price				

Nota. Se rellenará con los niveles de estabilidad por los 5 enfoques en el estado sísmico obtenidos del programa Slide.

- **Mapas Topográficos:** Se mostraron los mapas topográficos que serán detallados donde se mostraba el perfil geométrico de la ladera y las ubicaciones de interés.

Figura 19

Plantilla para la presentación de la topografía y perfil longitudinal de la ladera



Nota. Se presentará las curvas de nivel y perfil geométrico de la ladera en estudio.

3.3.2. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Respecto al análisis e interpretación de los datos obtenidos se utilizó lo siguiente:

- **El análisis de Estabilidad de la ladera:** Se emplearon métodos de equilibrio límite y dovelas mediante el programa especializado como Slide para analizar la estabilidad en condiciones estáticas y sísmicas,
- **Estadísticas Descriptivas:** En base de Francisco (2019) recopilar, almacenar, ordenar, crear tablas o gráficos y calcular los parámetros fundamentales del conjunto de datos son los propósitos de la estadística descriptiva, la cual busca resumir la información contenida en los datos de manera más comprensible y sencilla.

Se utilizó la estadística descriptiva para resumir y presentar los datos topográficos, de suelos, geotécnicos importantes y resultados que se obtuvieron.

- **El modelado Geotécnico:** El programa de modelado geotécnico Slide se utilizó para simular una variedad de escenarios de estabilidad de ladera en diferentes condiciones (estáticas y sísmica) y con la implementación del sistema de pastos Vetiver.
- **Visualizaciones en 2D y 3D:** Se utilizó el programa geotécnico con visualizaciones en dos dimensiones y tres dimensiones para representar gráficamente la estabilidad de la ladera y los cambios resultantes de la implementación del sistema de pastos Vetiver.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. DATOS OBTENIDOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

En la presente investigación, se realizó el levantamiento topográfico del lugar de estudio donde fue procesado en el programa Civil 3D para obtener los puntos topográficos en formato de coordenadas UTM.

Tabla 11

Puntos topográficos de ladera km 351+000 en coordenadas UTM

Puntos	Este	Norte	Altitud	Descripción
1	368850.6	8853392	2757.9	Talud
2	368854.3	8853401.2	2758.8	Talud
3	368855.6	8853410.5	2760.6	Talud
4	368859.5	8853416.8	2760.5	Talud
5	368866.1	8853425	2759.3	Talud
6	368867.7	8853437.2	2761.7	Talud
7	368871.2	8853448.3	2763.1	Talud
8	368874.9	8853463.8	2765.7	Talud
9	368877.8	8853475.4	2767.6	Talud
10	368881	8853492.7	2770.9	Talud
11	368883.2	8853503.4	2772.8	Talud
12	368885.3	8853514.4	2774.8	Talud
13	368887.9	8853525.8	2776.9	Talud
14	368893.9	8853544.2	2780.7	Talud
15	368898	8853544.7	2778.8	Talud
16	368872.4	8853382.7	2747.1	Carretera
17	368876.3	8853390.8	2747.3	Carretera
18	368881.6	8853401.4	2747.2	Carretera
19	368885.2	8853408.8	2747.1	Carretera
20	368896	8853438.6	2747.7	Carretera
21	368898.1	8853446.5	2748.9	Carretera
22	368898.5	8853448.1	2749.1	Carretera
23	368900.5	8853456.7	2750.5	Carretera

24	368903.4	8853470.9	2753.6	Carretera
25	368913.1	8853511.9	2761.3	Carretera
26	368917.2	8853527.5	2763.7	Carretera
27	368917.6	8853528.3	2763.8	Carretera
28	368918.1	8853529.4	2764	Carretera
29	368927.6	8853535.5	2762.1	Carretera
30	368923.9	8853512.9	2757.6	Carretera
31	368920.6	8853500.7	2756.2	Carretera
32	368918.8	8853489	2754.3	Carretera
33	368870.7	8853399	2751.4	Carretera
34	368876	8853414.9	2752.4	Talud
35	368876.2	8853415.5	2752.5	Talud
36	368876	8853430	2755.5	Talud
37	368881.8	8853444.8	2756.7	Talud
38	368882	8853445.4	2756.8	Talud
39	368892	8853492.5	2765	Talud
40	368904.7	8853540.1	2773.7	Talud
41	368911.7	8853537.6	2769.7	Talud
42	368910.6	8853525.9	2765.9	Talud
43	368905.6	8853507.3	2762.8	Talud
44	368901.8	8853488.7	2758.9	Talud
45	368896.8	8853470.6	2756.3	Talud
46	368893.8	8853460.2	2755	Talud
47	368887.5	8853435	2751	Talud
48	368883.6	8853422.5	2750.3	Talud
49	368880.6	8853412.8	2749.9	Talud
50	368875.9	8853401.5	2749.7	Talud
51	368870.4	8853390.2	2749.5	Talud
52	368867.8	8853382.7	2748.8	Talud
53	368885.3	8853380.1	2741.8	Talud
54	368889.7	8853385.3	2741	Talud
55	368894.9	8853394.8	2740.5	Talud
56	368913.3	8853438.5	2743.8	Talud
57	368915.2	8853452	2746.7	Talud
58	368918.6	8853487.1	2753.9	Talud
59	368922.5	8853499.2	2755.3	Talud
60	368928.2	8853521.4	2757.6	Talud
61	368933.2	8853535.9	2759.8	Talud
62	368938	8853531.2	2756.3	Talud

63	368935.8	8853517.1	2753.9	Talud
64	368932.8	8853505.4	2753.1	Talud
65	368926.8	8853487.6	2751.8	Talud
66	368920.9	8853455.4	2746.7	Talud
67	368916.7	8853439.9	2743.8	Talud
68	368912.8	8853418.5	2740.9	Talud
69	368893.6	8853383.1	2739.2	Talud
70	368887.2	8853374.1	2740	Talud
71	368888.8	8853369.3	2738.6	Talud
72	368895.4	8853378.7	2737.8	Talud
73	368896.4	8853380	2737.7	Talud
74	368909.4	8853402.9	2739.2	Talud
75	368910.1	8853404	2739.4	Talud
76	368922.8	8853436.8	2742.6	Talud
77	368923	8853444.5	2744.1	Talud
78	368932.1	8853487	2750.2	Talud
79	368937.4	8853506.5	2751.7	Talud
80	368938.2	8853511.8	2752.2	Talud
81	368941.5	8853523.1	2752.5	Talud
82	368945	8853533.4	2754	Talud

Nota. En la tabla se observa los puntos que se utilizaron para crear la superficie y las curvas de nivel del lugar de intervención.

Figura 20
Curvas de nivel del lugar de intervención



Nota. La figura muestra las curvas principales y secundarias georreferenciadas en el programa en el programa Civil 3D de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael.

Tabla 12

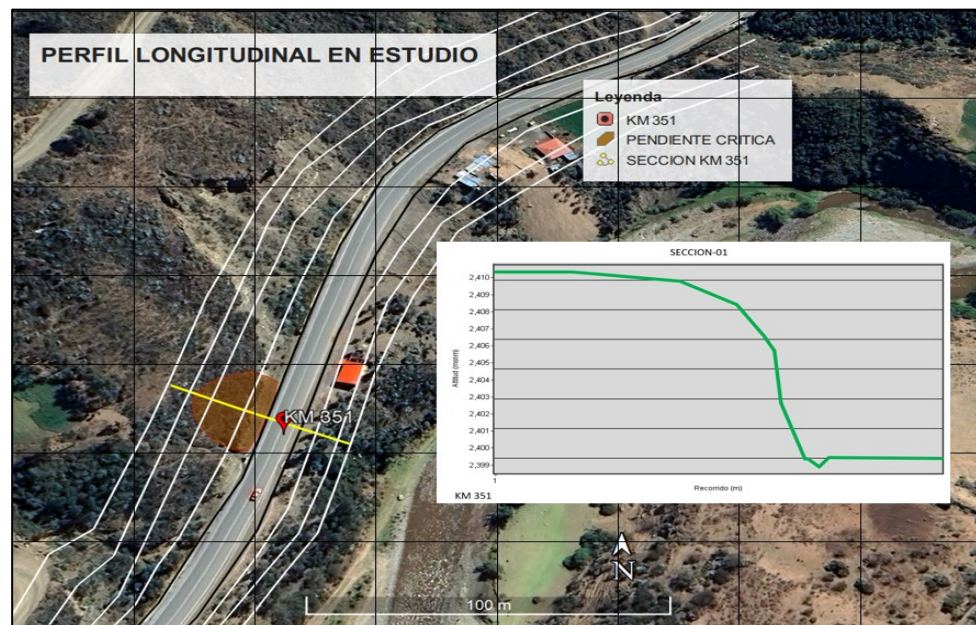
Las coordenadas del perfil longitudinal de la ladera altura del km 351+000

Puntos	X	Y
1	24.9438	23.0314
2	24.2039	24.7666
3	23.9342	26.4243
4	23.6238	26.9936
5	22.7583	27.9671
6	20.9831	28.6989
7	19.3268	28.8603
8	17.5901	29.0018
9	15.3346	29.0018
10	15.3346	21.8817
11	26.8769	21.8817
12	29.2171	21.8817
13	29.2171	23.0314
14	25.6171	23.0314
15	25.3171	22.7774
16	25.0171	23.0314

Nota. En la tabla se muestra las coordenadas de los ejes X e Y de los puntos exteriores del corte de la ladera km 351+000 obtenidos del perfil longitudinal del levantamiento topográfico.

Figura 21

Perfil longitudinal de la ladera analizada (km 351)



Nota. Se observa el perfil de la ladera km 351+000 realizado en el programa Civil 3D en base a la tabla 13. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13*Características geométricas de la ladera en estudio km 351+000*

Parámetros	Unidad	Ladera en Estudio
Pendiente promedio	%(°)	55
Distancia Vertical	metros	6.86
Distancia Horizontal	metros	9.60
Ancho de Escarpe	metros	11.31

Nota. La tabla nos brinda las características geométricas importantes para saber las dimensiones del talud analizado, lo cual sobre es importante destacar la pendiente ya que es representa un rol significativo en la estabilidad de las laderas.

4.1.2. DATOS OBTENIDOS DEL ESTUDIO DE SUELOS

Se presenta los parámetros geotécnicos obtenidos del estudio de mecánica de suelos realizados por las dos calicatas altura del km 351+000.

Tabla 14*Clasificación del suelo según SUCS y AASHTO de la ladera km 351+000*

Características	C-1	C-2
Clasificación SUCS	SC-SM	SC
Denominación	Arena Limo-Arcillosa	Arena Arcillosa
Clasificación AASHTO	A-1-b (0)	A-6 (1)
Denominación	Grava con Arena Limosa	Grava con Arena Arcillosa

Nota. En la tabla nos muestra las clasificaciones del suelo de la ladera en estudio mediante las 2 calicatas realizadas en el estudio de mecánica de suelo (ver anexo 4).

Tabla 15*Parámetros de resistencia del suelo de la ladera del km 351+000*

Características	C-1	C-2	Promedio
Cohesión (Kg/cm ²)	12.79 kN/m ²	13.55 kN/m ²	13.17 kN/m ²
Angulo de fricc. Interna (°)	21.41°	22.30°	21.86°

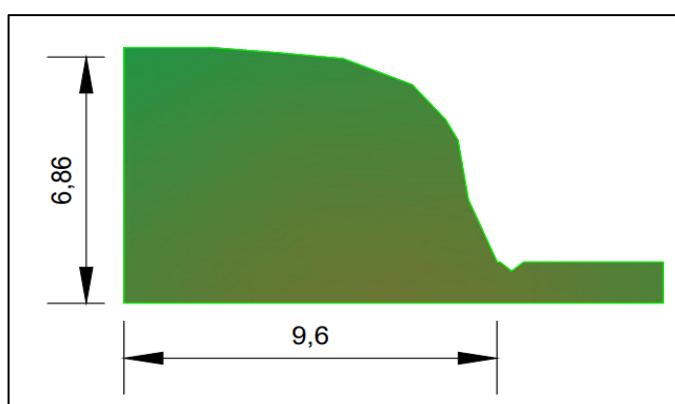
Nota. En la tabla nos muestra el promedio de los parámetros de cohesión y ángulo interno obtenidos del estudio de mecánica de suelo en base de las 2 calicatas realizadas (ver anexo 4).

Tabla 16*Peso unitario del suelo de la ladera del km 351+000*

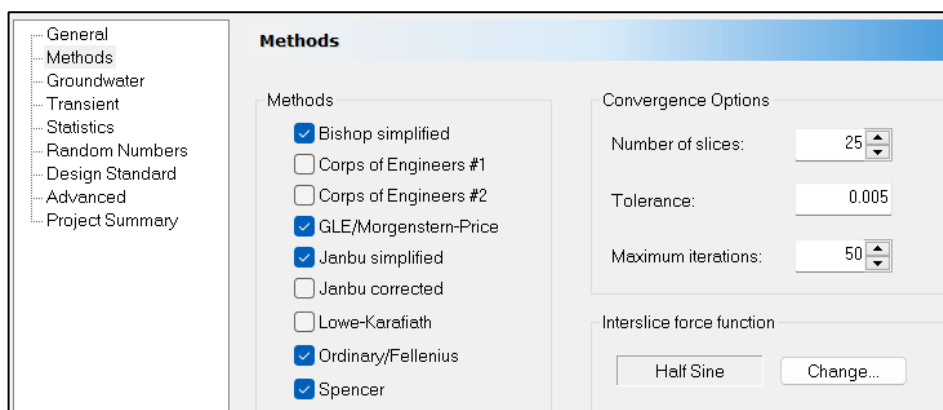
Características	C-1		C-2		Promedio
Peso específico	18.54	kN/m ³	17.16	kN/m ³	17.85 kN/m ³

Nota. En la tabla nos muestra el promedio de los pesos específicos obtenidos del estudio de mecánica de suelo en base de las 2 calicatas realizadas (ver anexo 4).

4.1.3. MODELAMIENTOS DE LADERA KM 351 EN EL PROGRAMA SLIDE

Figura 22*Perfil geométrico de la ladera km 351+000*

Interpretación: Se muestra la geometría externa del perfil de la ladera o talud km 351+000, donde la altura de o distancia vertical es aproximadamente 7 m con una distancia horizontal de 9.6 m, en base al estudio de mecánica de suelo se trata de un suelo con clasificación SUCS: Arena Limo-Arcillosa (SC-SM) o por la clasificación AASTHO: Grava con Arena Limosa.

Figura 23*Configuración de los 5 enfoques de Equilibrio Limite*

Interpretación: En la figura se muestra la configuración del programa respecto a los cinco métodos o enfoques que se utilizó para el análisis de estabilidad de la ladera talud en estudio.

Figura 24

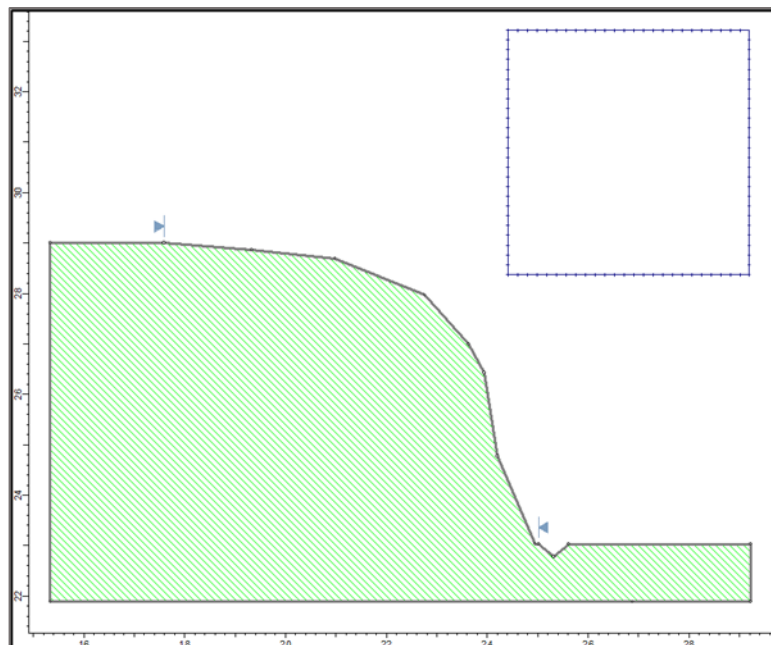
Asignación de los parámetros geotécnicos de suelo de la ladera km 351+000

The screenshot shows the 'Arena Limo-Arcillosa' material properties window. It includes fields for Name, Colour (green), and Hatch (cross-hatch). The Unit Weight is set to 17.85 kN/m³, and the Saturated U.W. is 20 kN/m³. The Strength Type is Mohr-Coulomb, with the equation $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$ displayed. The Strength Parameters section shows Cohesion as 13.17 kN/m² and Phi as 21.86 degrees. There are icons for undo, redo, and help.

Interpretación: En la figura se observa la asignación del peso unitario, la cohesión y el ángulo de fricción interna con sus respectivas y correctas unidades.

Figura 25

Modelado final de la ladera en condiciones naturales en el programa Slide



Interpretación: En la figura el perfil longitudinal de la ladera km 351+000 con todos los parámetros geotécnicos en el programa Slide, además se observa las grillas donde calcularan los índices de seguridad.

4.1.4. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA LADERA KM 351+000 SIN LA INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER CONDICIONES ESTÁTICAS

Figura 26

Nivel de estabilidad mediante Fellenius en estado estática

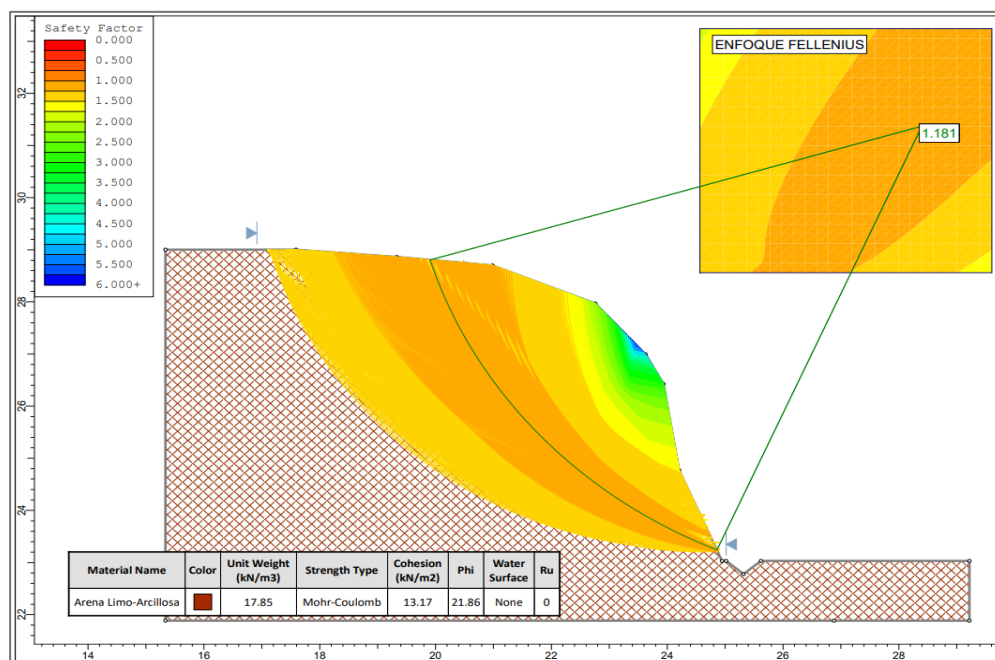


Figura 27

Nivel de estabilidad mediante Bishop en estado estática

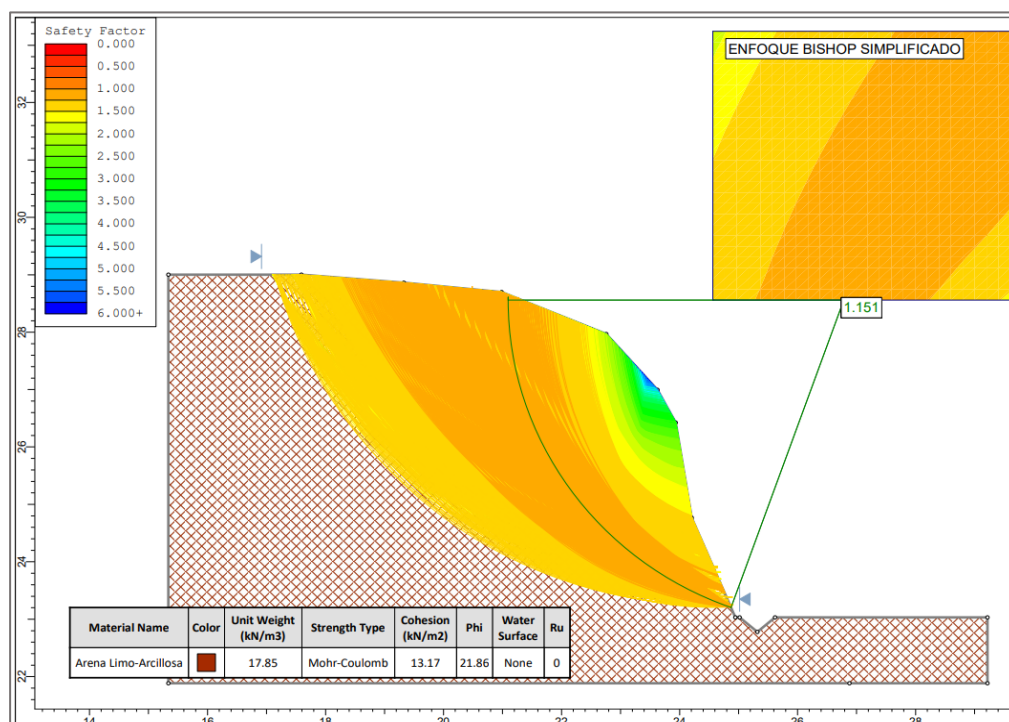


Figura 28

Nivel de estabilidad mediante Jambu en estado estática

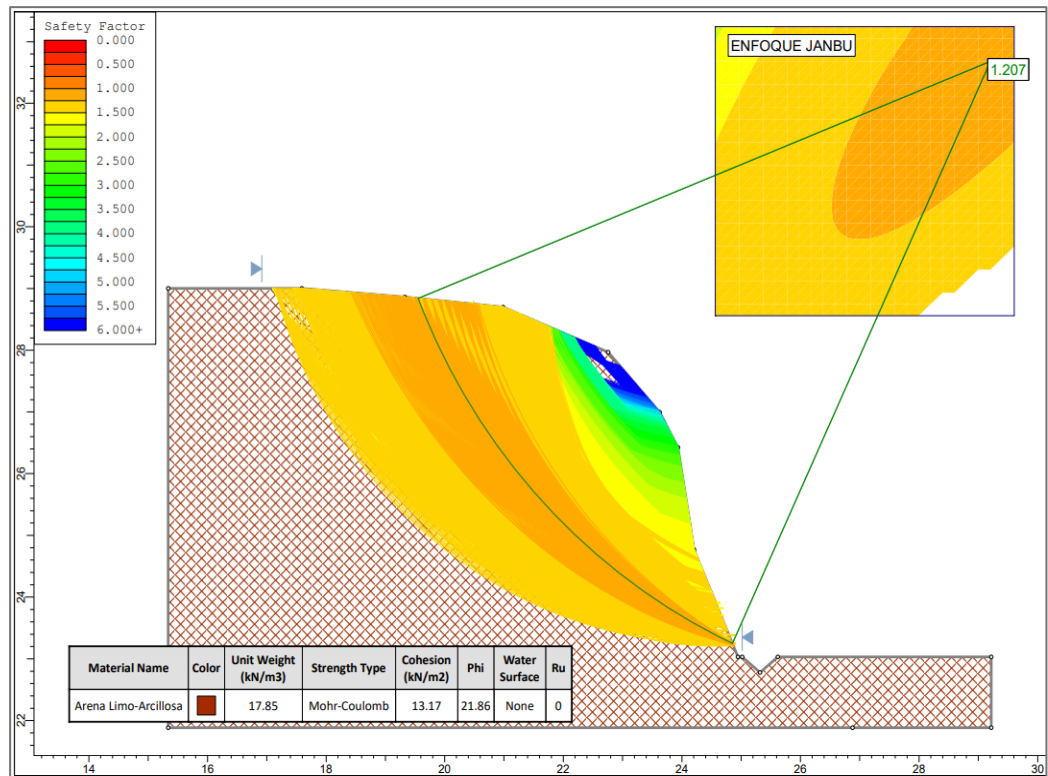


Figura 29

Nivel de estabilidad mediante Spencer en estado estática

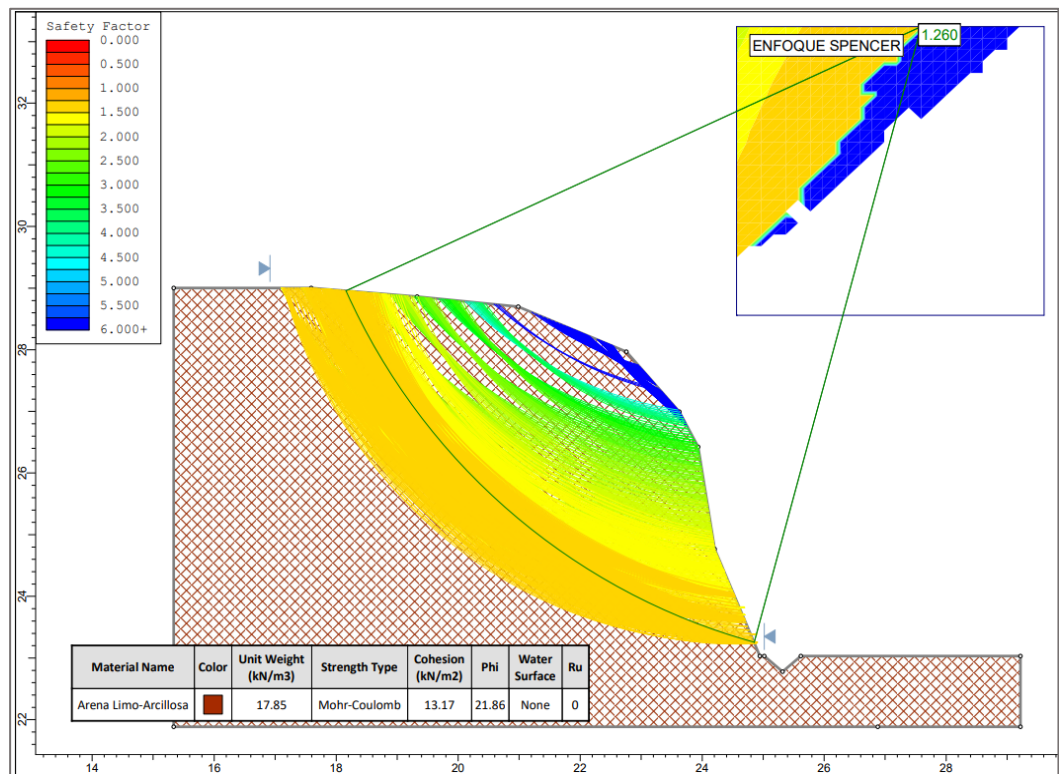
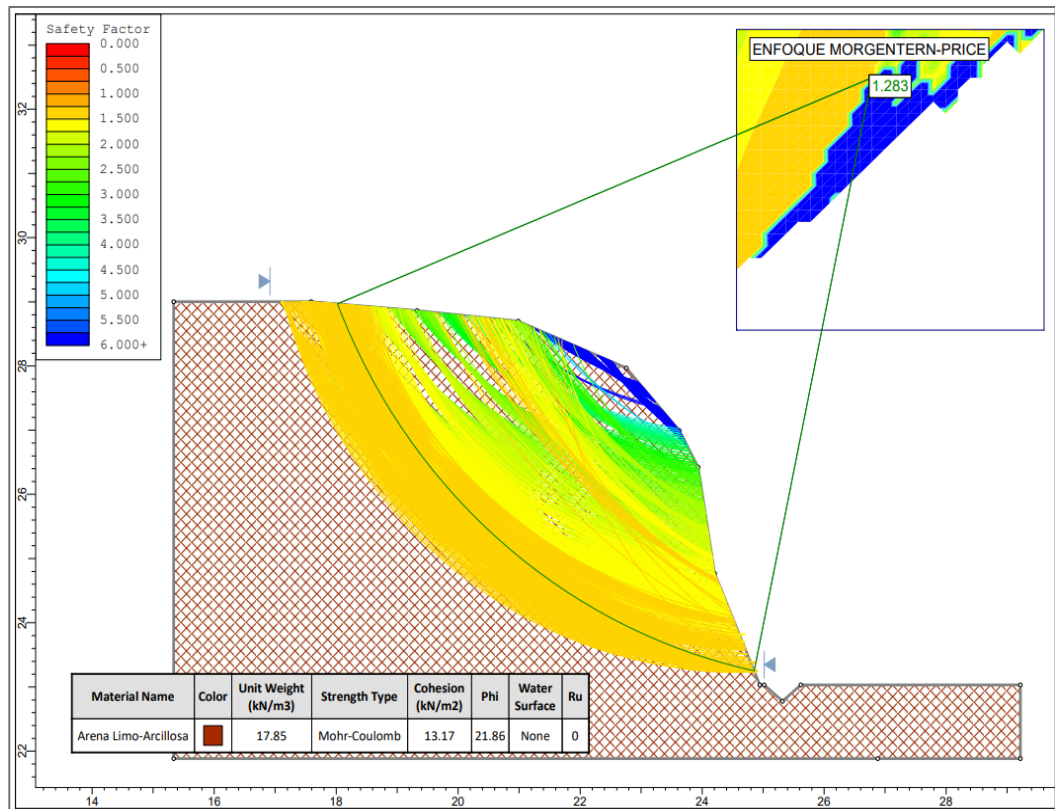


Figura 30

Nivel de estabilidad mediante Morgenstern-Price en estado estática



Interpretación: En la figura 26 hasta 30 se observa el análisis de estabilidad de la ladera o talud por los cinco enfoques del Equilibrio Limite, donde la masa a desplazarse se divide en 25 rebanadas, en base a la configuración de programa Slide.

Se determina un índice de seguridad de 1.181 en base al enfoque Fellenius; un índice de 1.151 en base al enfoque Bishop Simplificado; un índice de 1.207 según el enfoque Jambu; un índice de 1.260 según Spencer; y un índice de 1.283 según Morgenstern-Price. Las cuales están por debajo del factor recomendado por la norma CE.020, que sería mayor a 1.5.

Tabla 17

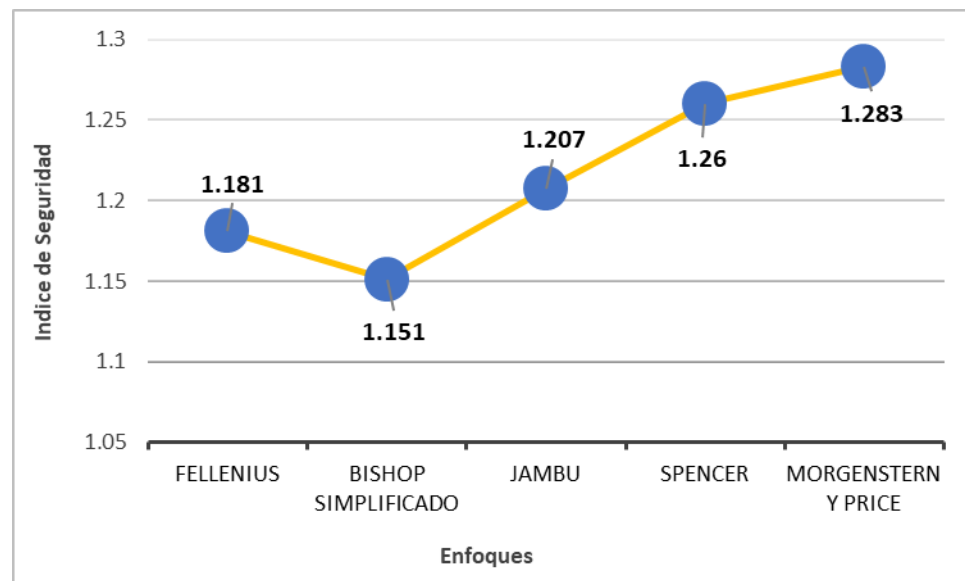
Resumen de los niveles de estabilidad sin influencia sistema de pastos Vetiver en estado estática

Enfoque	Condición	FS	FS	Norma
	Estática	mínimo	máximo	CE.020
Fellenius	1.181	1.151	1.283	1.5
Bishop	1.151			1.5
Simplificado				
Janbu	1.207			1.5
Spencer	1.260			1.5
Morgenstern-Price	1.283			1.5

Nota. En la tabla se observa el resumen de los niveles de estabilidad obtenidos en el estudio de estabilidad de la ladera, la cual se comparan con lo establecido por la Norma CE.020.

Figura 31

Gráfico de comparación de los niveles sin influencia sistema de pastos Vetiver en estado estática



Interpretación: Se muestra que la ladera del km 351+000 presenta niveles de seguridad obtenidos por los cinco enfoques del Método de Equilibrio Limite, sin la influencia del sistema de pastos Vetiver en estado estática, con un nivel mínimo de 1.151 por el Bishop Simplificado y un índice máximo de 1.283 por Morgenstern-Price.

4.1.5. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA LADERA KM 351+000 SIN LA INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER CONDICIONES SÍSMICAS

Figura 32

Configuración de los coeficientes sísmicos vertical y horizontal

Seismic load coefficient

Horizontal: positive in direction of failure

Vertical: positive down



seismic force = (slice weight) x (seismic load coefficient)

Interpretación: Se asignó el valor del coeficiente sísmico horizontal de 0.125, que vendría a ser $0.5 \times (PGA)$ y PGA es 0.25 porque Huánuco se ubica en la zona 2 en base al mapa de Zonificación Sísmica del Perú de la norma E.030 (PGA).

Respecto al coeficiente sísmico vertical no se consideró por fines de cálculo, ya que es de menor valor y su mínima influencia, siendo predominando el índice sísmico horizontal.

Figura 33

Nivel de estabilidad mediante Fellenius en estado sísmico

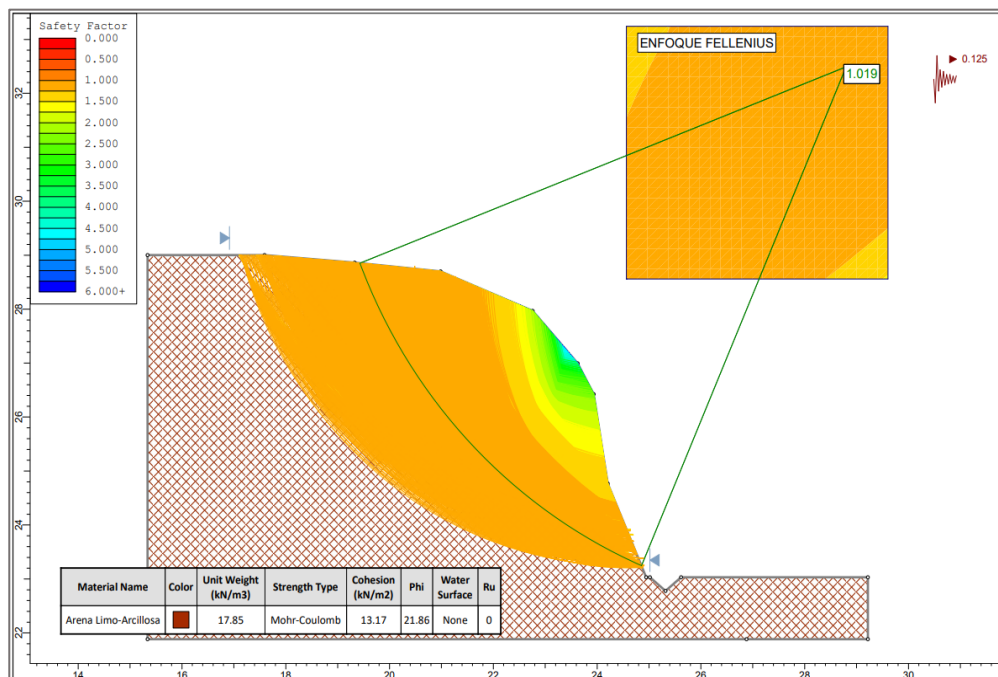


Figura 34
Nivel de estabilidad mediante Bishop en estado sísmico

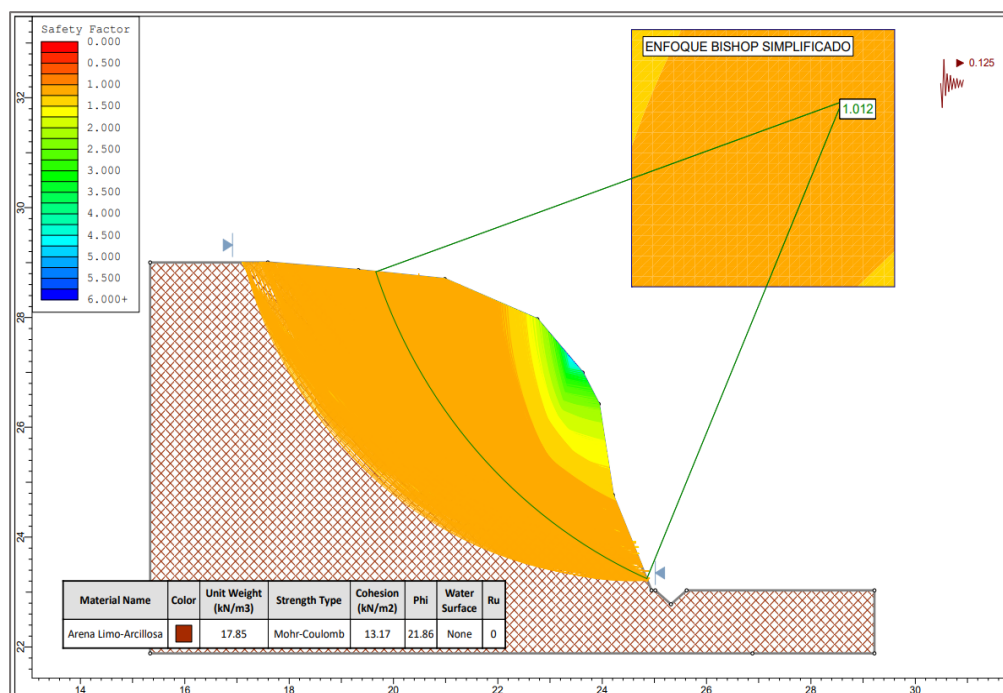


Figura 35
Nivel de estabilidad mediante Jambu en estado sísmico

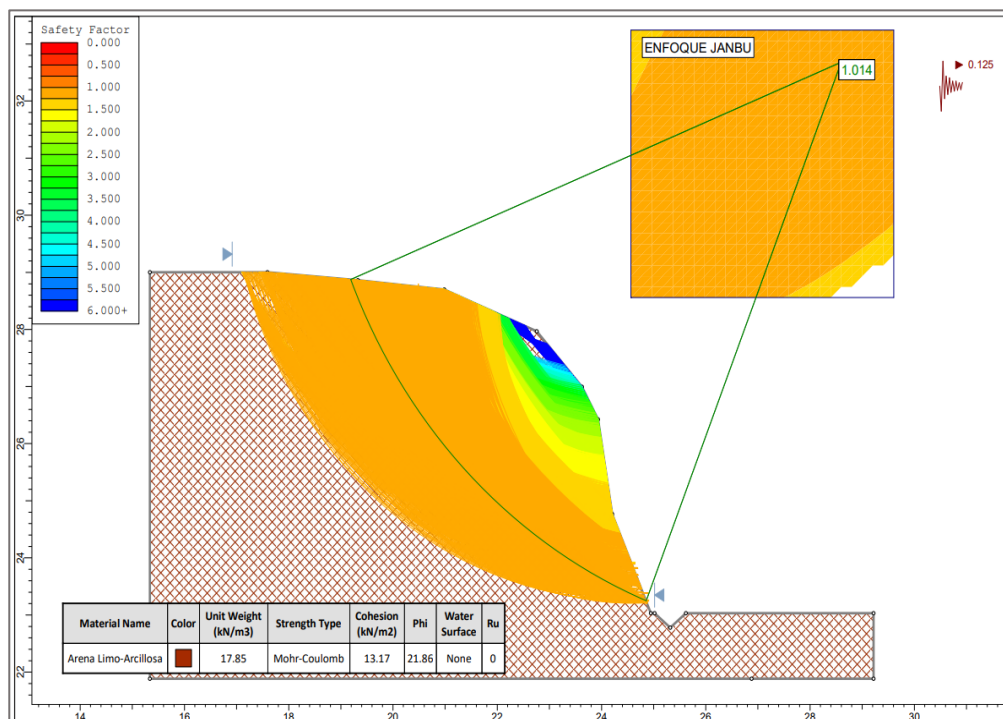


Figura 36

Nivel de estabilidad mediante Spencer en estado sísmico

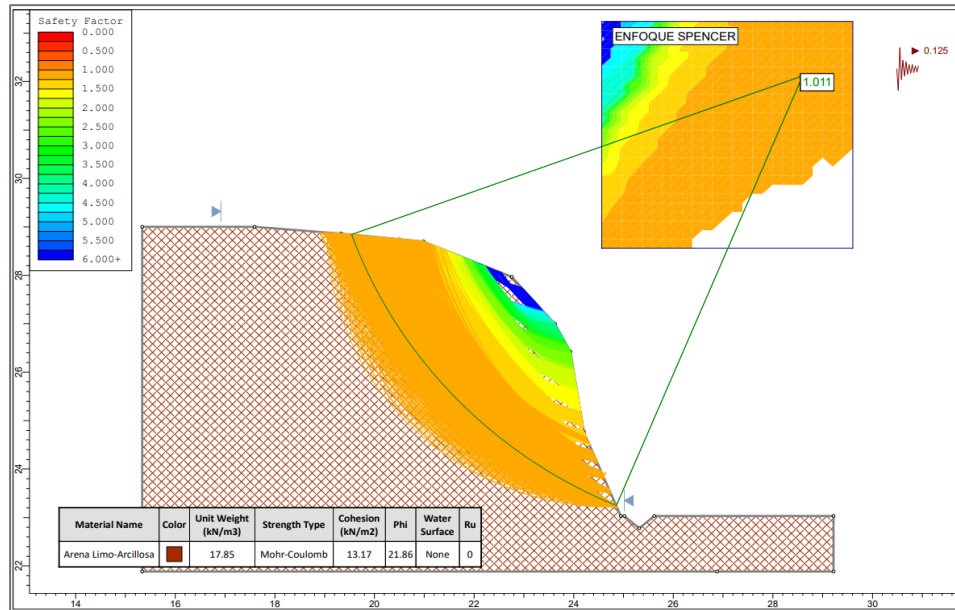
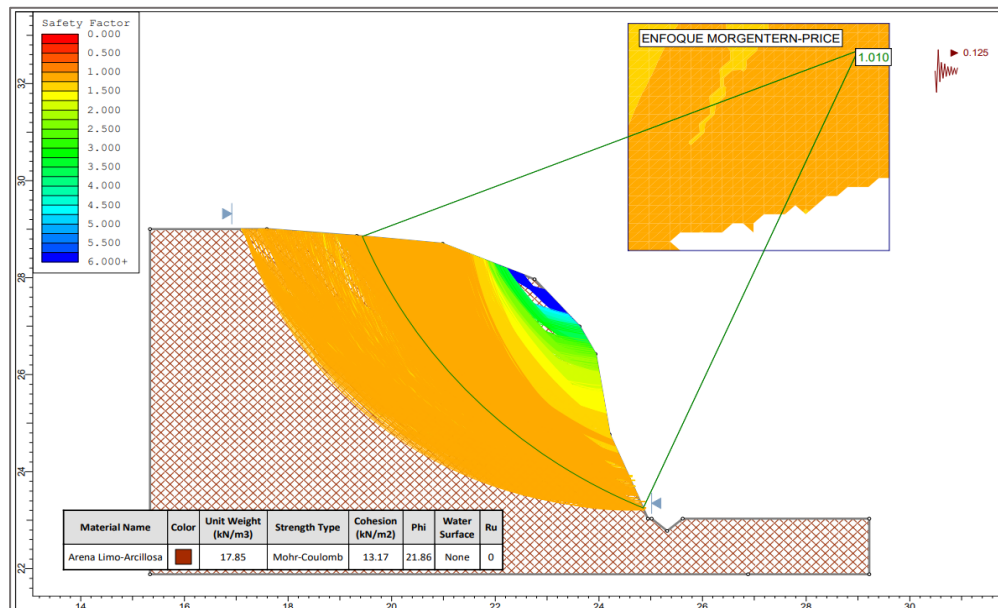


Figura 37

Nivel de estabilidad mediante Morgenstern-Price en estado sísmico



Interpretación: En la figura 32 hasta 36 se determina un índice de seguridad de 1.019 en base al enfoque Fellenius; un índice de 1.012 en base al enfoque Bishop Simplificado; un índice de 1.014 según el enfoque Jambu; un índice de 1.011 según Spencer; y un índice de 1.010 según Morgenstern-Price. Las cuales están por debajo del factor recomendado por la norma CE.020, que sería mayor a 1.25.

Tabla 18

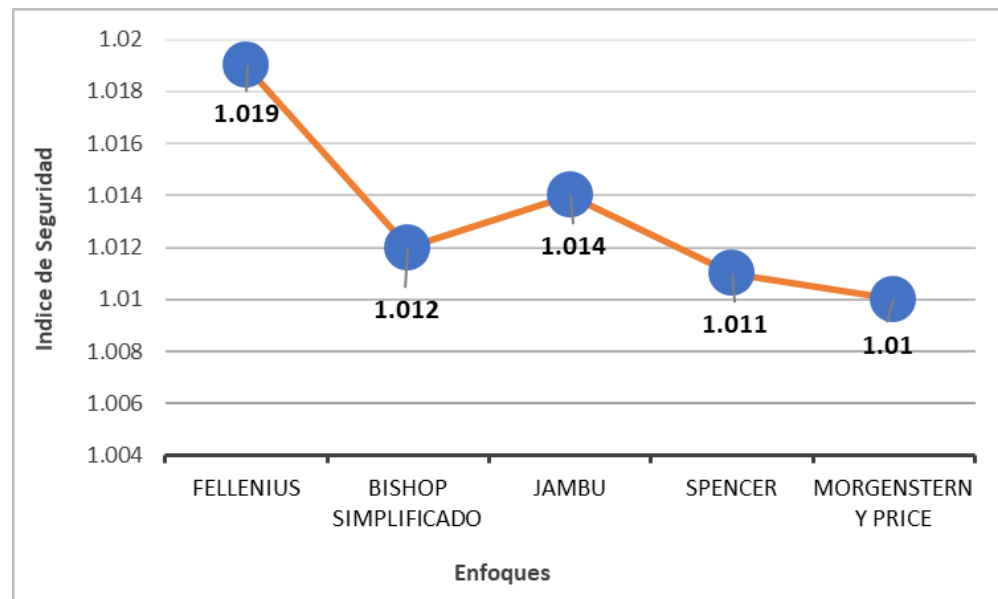
Resumen de los niveles de estabilidad sin influencia sistema de pastos Vetiver en estado sísmico

Enfoque	Condición	FS mínimo	FS máximo	Norma
	Sísmica			CE.020
Fellenius	1.019	1.010	1.019	1.25
Bishop	1.012			1.25
Simplificado				
Janbu	1.014			1.25
Spencer	1.011			1.25
Morgenstern - Price	1.010			1.25

Nota. En la tabla se observa el resumen de los niveles de estabilidad obtenidos en el estudio de estabilidad de la ladera, la cual se comparan con lo establecido por la Norma CE.020.

Figura 38

Gráfico de comparación de los niveles sin influencia sistema de pastos Vetiver en estado sísmico



Interpretación: Se muestra que la ladera del km 351+000 presenta niveles de estabilidad obtenidos por los cinco enfoques del Método de Equilibrio Limite, sin la influencia del sistema de pastos Vetiver en condición sísmica, con un factor mínimo de 1.010 por Morgenstern -Price y un índice máximo de 1.019, por el enfoque Fellenius.

4.1.6. CONFIGURACIÓN DEL PROGRAMA SLIDE CON LAS PROPIEDADES DE LOS PASTOS VETIVER

En este análisis, se utilizó el sistema de pastos Vetiver para mejorar las condiciones de resistencia al esfuerzo cortante, por ello optó el estudio referencial de Sánchez (2019) donde también utilizó el sistema de pastos Vetiver, ya que las mejoras en el estudio de mecánica de suelo plantando los pastos vetiver en la ladera de nuestro estudio se verían en meses e incluso en un año, si en todo caso se requiere un gran cambio.

Por lo que, se optó de un estudio referencial que coincidiera con nuestra clasificación de suelo, en dicho estudio trato de un suelo con clasificación AASTHO (Grava con Arena Limosa) la cual trata con la misma clasificación de nuestro suelo, porque el estudio de mecánica de suelo con la implementación o influencia de sistema de pastos Vetiver si es válido.

Tabla 19

Parámetros de suelo con influencia del sistema de pastos Vetiver del estudio referencial

Características	SUCS	Cohesión	Angulo de fricción	Peso Unitario
C-1 y C-2	SC-SM	25.5 kN/m ²	24.61°	14.52 kN/m ³

Nota. En la tabla nos muestra el resumen del estudio referencial realizado con la influencia de los pastos vetiver (ver anexo 7). Fuente: Sánchez (2019).

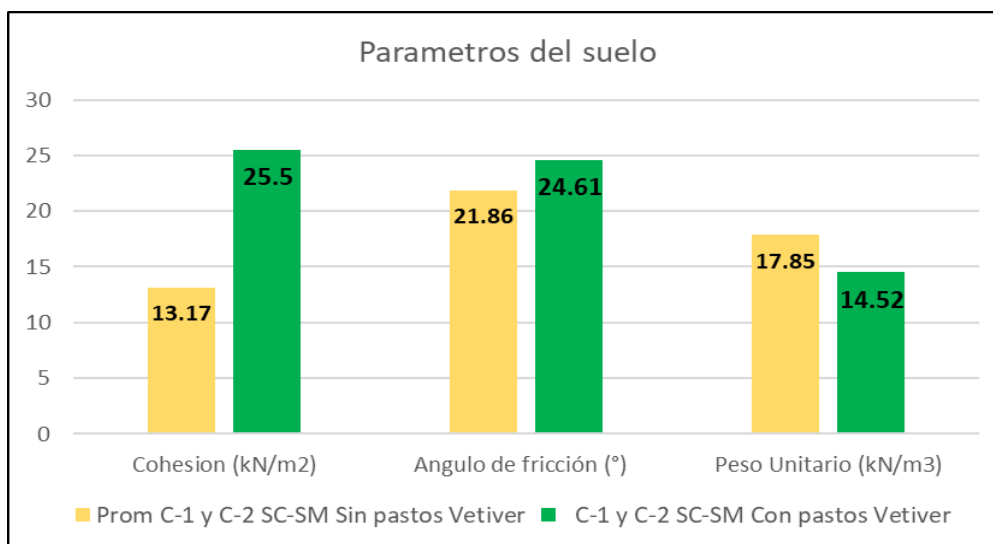
Los parámetros de resistencia obtenidos del análisis de corte directo se resumen en la siguiente tabla y gráfico, tanto con cómo sin la presencia de los pastos de vetiver del estudio de referencia.

Tabla 20*Efecto del sistema de pastos vetiver sobre las propiedades del suelo*

Parámetros de Resistencia del Suelo					
Calicata	SUCS	Muestra	Cohesión (kN/m ²)	Angulo de fricción (°)	Peso Unitario (kN/m ³)
Prom. C-1 y C-2	SC-SM	Sin pastos Vetiver	13.17	21.86	17.85
C-1 y C-2	SC-SM	Con pastos Vetiver	25.5	24.61	14.52
variación %			48.35%	11.17%	18.66%

Nota. En la tabla se muestra la comparación de los parámetros del mismo tipo de Nota: En la tabla se muestra la comparación de los parámetros del mismo tipo de clasificación de suelo SC-SM, donde se puede observar el incremento en la cohesión, el ángulo de fricción y peso unitario.

En la tabla, se evidencia que el parámetro de cohesión aumenta en un 48.35 %, el ángulo de fricción también aumenta en un 11.17 % y finalmente el peso unitario disminuye en un 18.66%.

Figura 39*Comparación de parámetros sin y con influencia de pastos vetiver*

Interpretación: En el gráfico de barras agrupadas, se evidencia que el parámetro de cohesión y ángulo de fricción es mayor con la influencia de las raíces de los pastos vetiver con 25.5 y 24.61 respectivamente; y finalmente el peso unitario es mayor con la influencia de pastos con 17.85.

Además, se modeló el talud o ladera con un corte que se cumplan con las exigencias del Manual de Diseño Geométrico de carreteras para aumentar los valores de los índices de seguridad y que la pendiente sea homogénea.

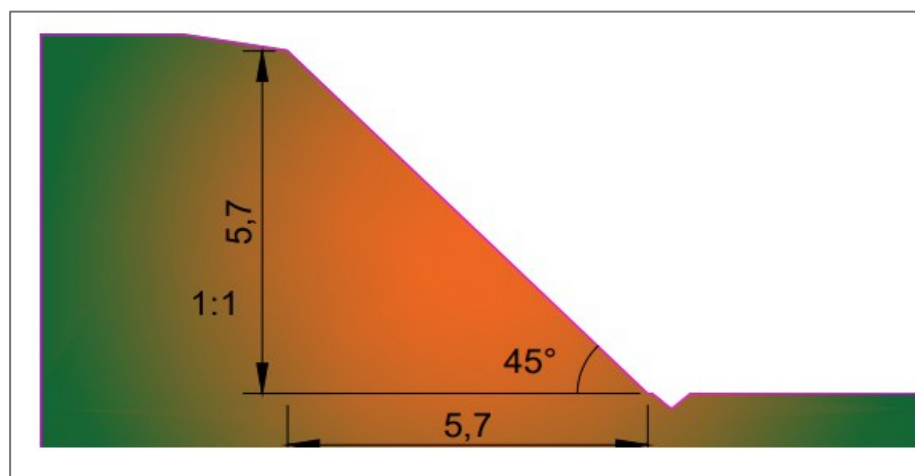
Tabla 21
Relación (H: V) referencial en los taludes

Clasificación de materiales de Corte		Roca Fija	Roca Suelta	Material		
				Grava	Limo arcillosa o arcilla	Arenas
Altura de	< 5 m	1:10	1:6-1:4	1:1-1:3	1:1	2:1
Corte	5-10 m	1:10	1:4-1:2	1:1	1:1	*
	> 10 m	1:8	01:02	*	*	*

Nota. En la tabla se observa que mediante la clasificación del material del talud o ladera y en base a la altura del talud se puede escoger la relación horizontal y vertical de corte, además (*) quiere decir que se va a requerir banquetas y/o estudio de estabilidad. Fuente: Obtenido del DG (2018).

Como menciono de acuerdo con la nomenclatura SUCS y AASTHO obtenido del estudio de suelo en km 351+000 se clasifica en (SC-SM) que significa un suelo Arena Limo-Arcillosa o también un suelo con Grava con Arena Limosa.

Figura 40
Corte de la ladera con relación (H: V)-1:1 del km 351+000



Interpretación: Por lo tanto, asumimos como diseño la relación horizontal y vertical (H: V) de corte, 1:1 con un ángulo de 45°; como se

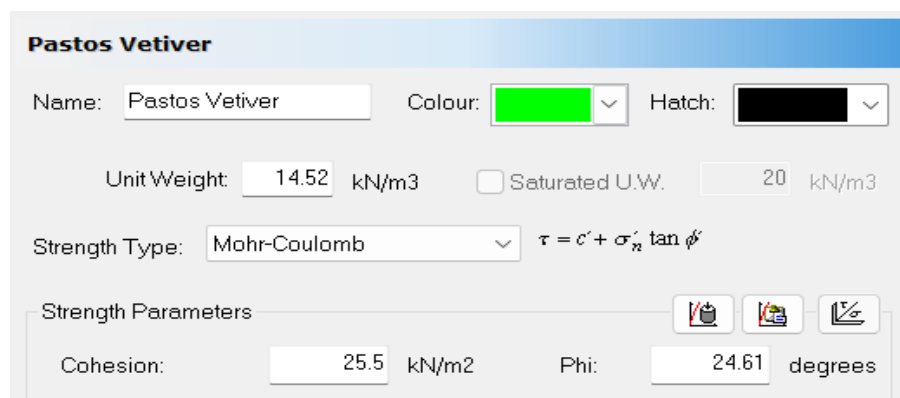
puede observar en la tabla el tipo de material Grava; respecto a la altura de corte promedio será entre 5.00 y 10.00 m ya que la ladera tiene un aproximado de 6 m.

Modelación del sistema de Pastos Vetiver

En este análisis, se utilizó el sistema de pastos Vetiver para mejorar las condiciones de resistencia al cortante, cambiando positivamente el ángulo de cohesión y fricción. La simulación se llevó a cabo en el programa Slide, donde se insertó una capa como material con la influencia en los parámetros geotécnicos del sistema de pastos Vetiver.

Figura 41

Asignación de los parámetros geotécnicos en la ladera km 351+000 con la influencia de las raíces de los pastos vetiver



The screenshot shows the 'Pastos Vetiver' software interface. It includes fields for Name (Pastos Vetiver), Colour (green), and Hatch (black). The Unit Weight is set to 14.52 kN/m³, and there is a checkbox for Saturated U.W. with a value of 20 kN/m³. The Strength Type is set to Mohr-Coulomb, with the formula $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$ displayed. The Strength Parameters section shows Cohesion as 25.5 kN/m² and Phi as 24.61 degrees. There are also icons for undo, redo, and a graph.

Interpretación: En la figura se observa la configuración de las propiedades del suelo con los pastos vetiver, como se estableció en la tabla 20.

Dimensiones de las raíces de los pastos vetiver

En base a Quiros (2012), sugiere en su trabajo que la estructura geométrica del cultivo de vetiver es la siguiente:

- Para la separación horizontal en hilera del sistema de pastos vetiver:
1 m

Se asumió 0.5 m por fines de cálculo.

- Distancia vertical de vetiver entre hileras: 1 m

Se asumió 0.5 m por fines de cálculo.

- Longitud de raíz: 2.00 m (esto con cuidado porque la planta puede desarrollar raíces de hasta 3-4 m).

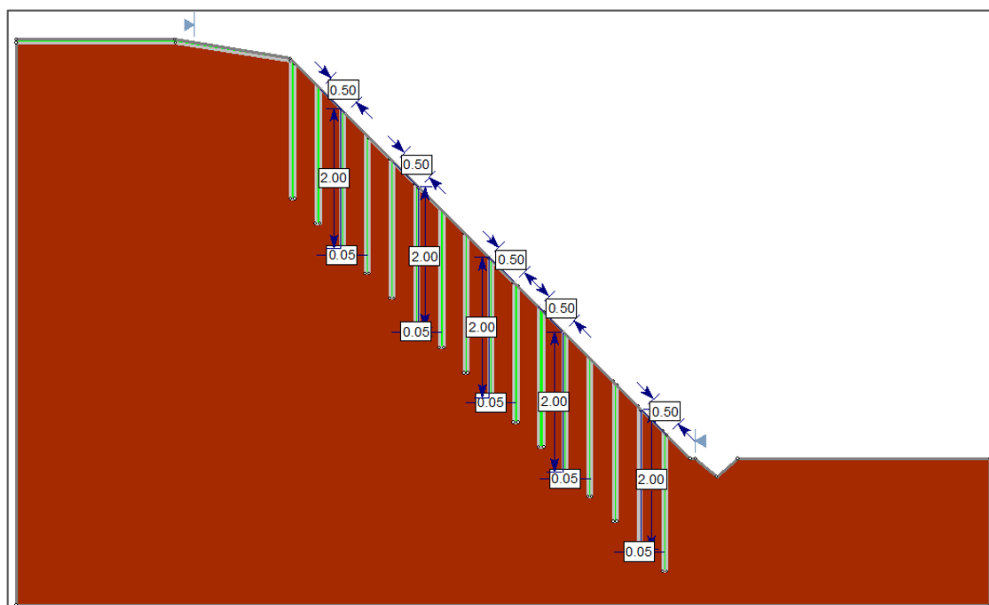
Se asumió 2.00 m como la recomendación.

- Radio de influencia de la raíz: 0.50 cm

Se asumió 0.05 m por fines de cálculo.

Figura 42

Distribución de la geometría de las raíces del sistema de pastos vetiver



Interpretación: Se muestra en recomendación de autores la distribución y dimensiones de las raíces de los pastos Vetiver, tales como: la separación de 0.5 m, la longitud de las raíces de 2 m y el radio de las raíces.

4.1.7. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA LADERA KM 351+000 CON LA INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER CONDICIONES ESTÁTICAS

Figura 43

Índice de Seguridad con Influencia del Sistema de Pastos Vetiver mediante el Enfoque Fellenius en Condición Estática

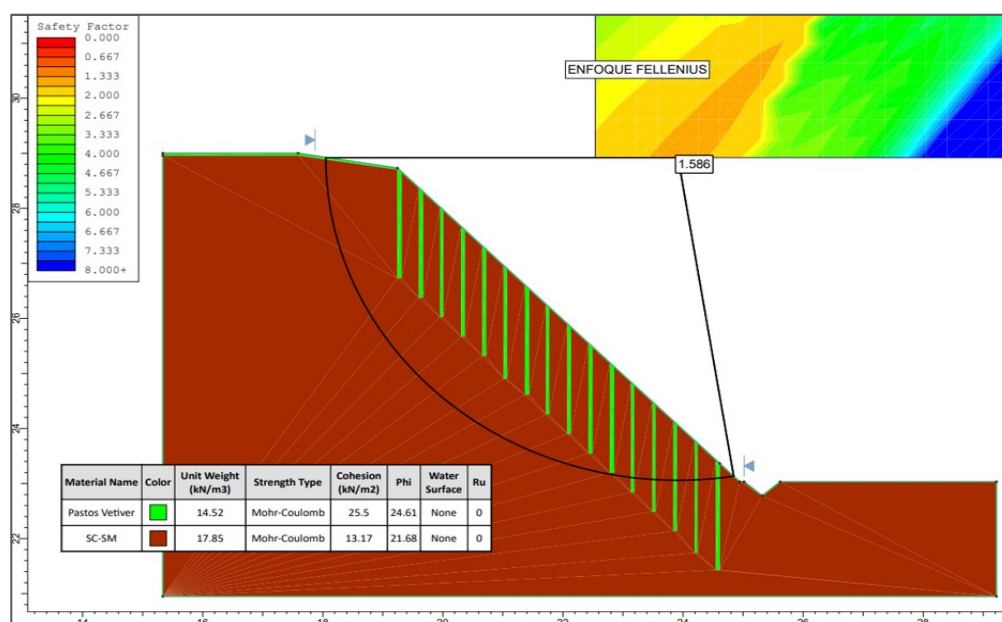


Figura 44

Índice de Seguridad con Influencia del Sistema de Pastos Vetiver mediante el Enfoque Bishop en Condición Estática

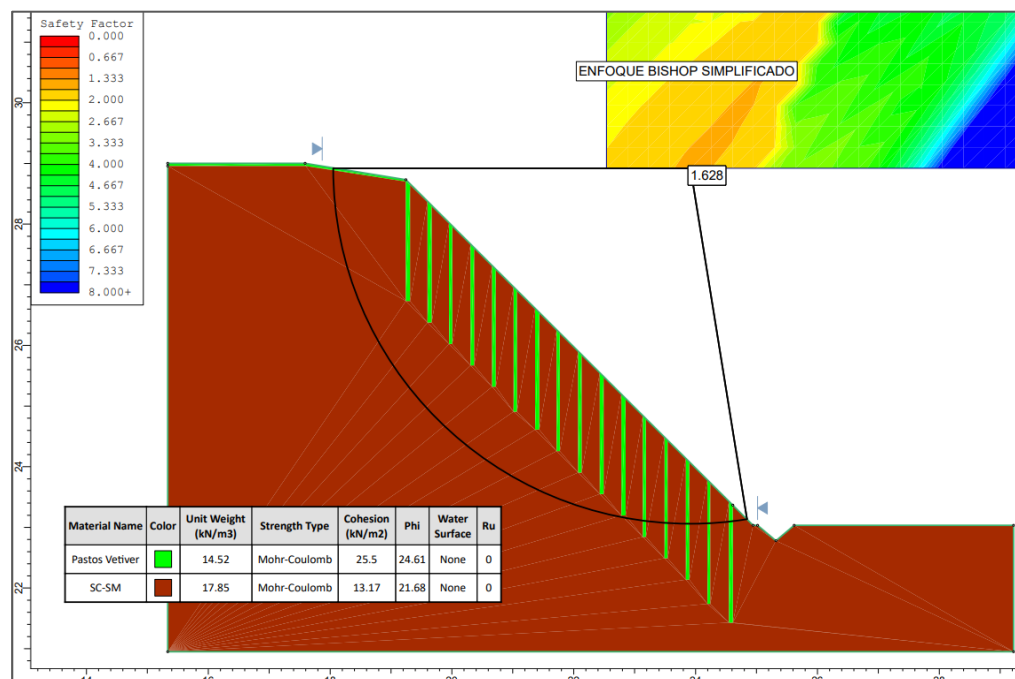


Figura 45

Índice de Seguridad con Influencia del Sistema de Pastos Vetiver mediante el Enfoque Janbu en Condición Estática

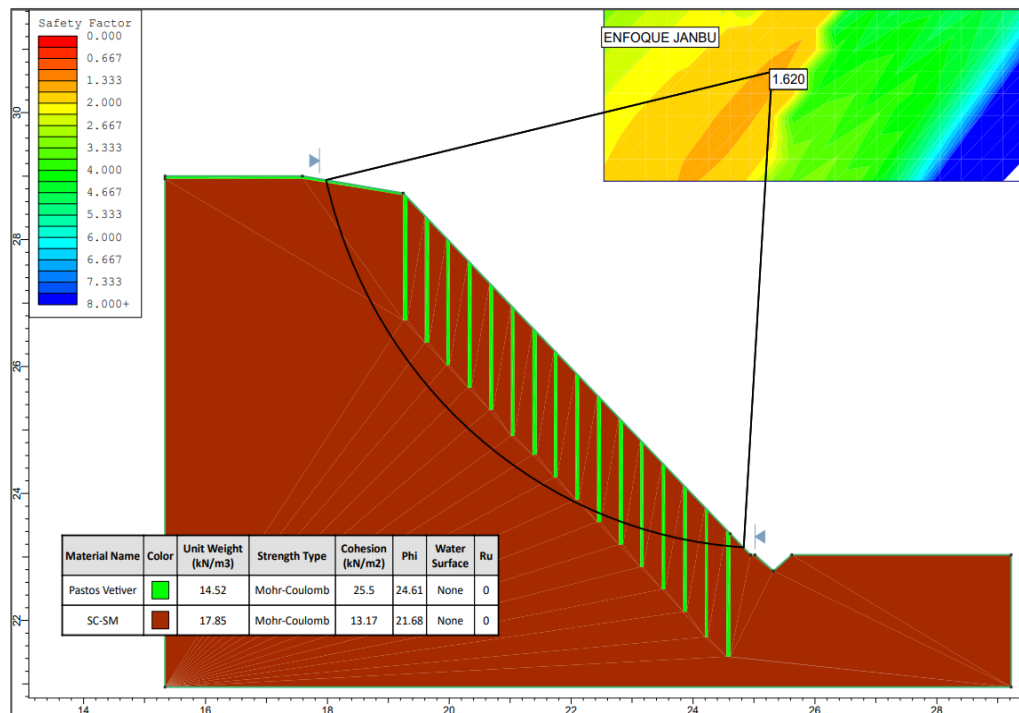


Figura 46

Índice de Seguridad con Influencia del Sistema de Pastos Vetiver mediante el Enfoque Spencer en Condición Estática

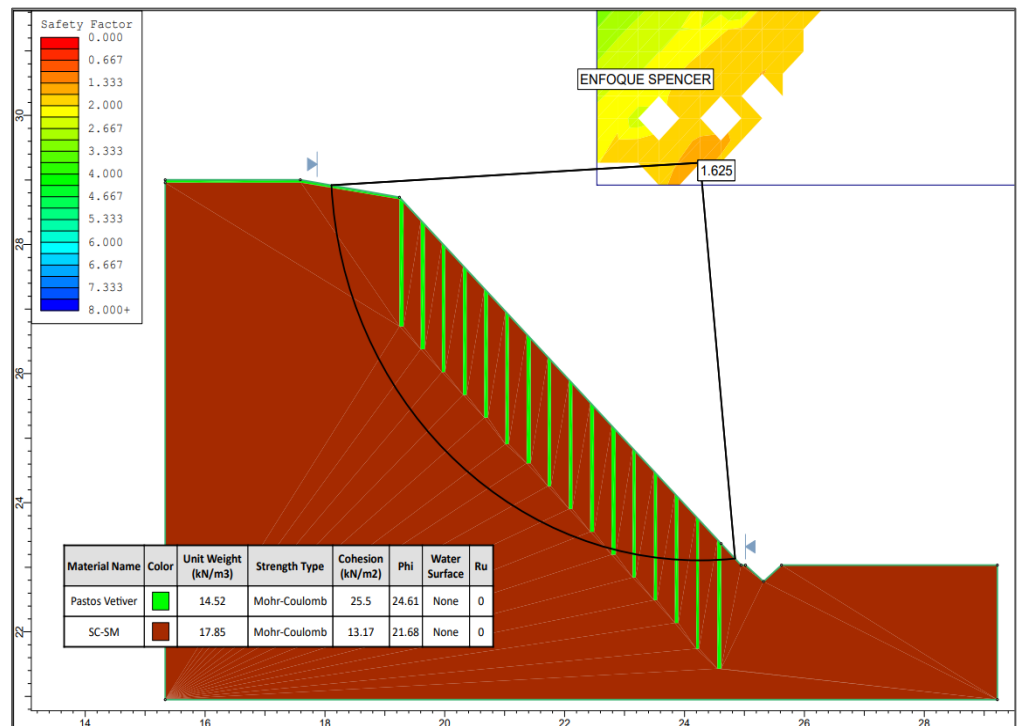
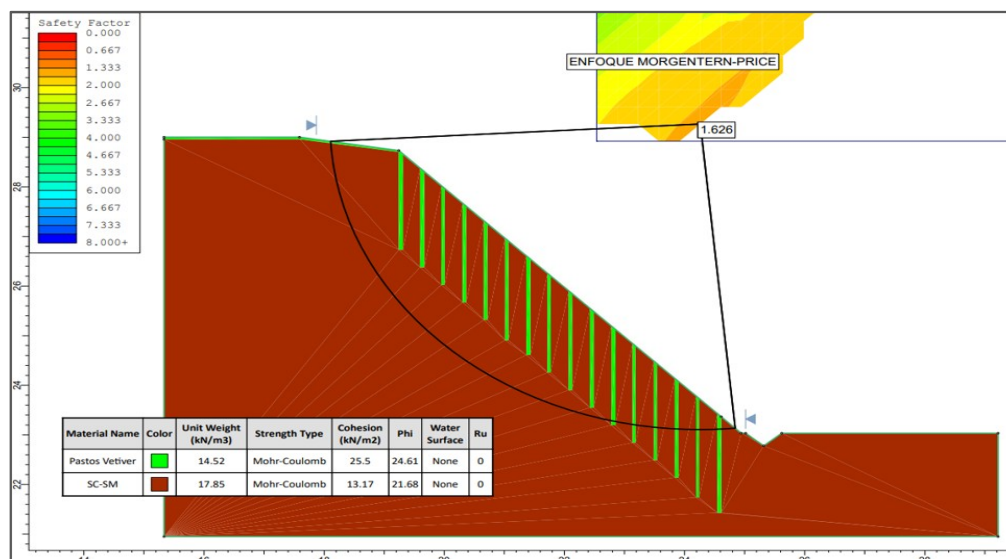


Figura 47

Índice de Seguridad con Influencia del Sistema de Pastos Vetiver mediante el Enfoque Morgenstern-Price en Condición Estática



Interpretación: Se observa el análisis de estabilidad de la ladera o talud por los cinco enfoques del Equilibrio Limite, con la influencia del sistema de pastos Vetiver en condiciones estáticas.

Se determina un índice de 1.586 en base al enfoque Fellenius; un índice de 1.628 en base al enfoque Bishop Simplificado; un índice de 1.620 según el enfoque Jambu; un índice de 1.625 según Spencer; y un índice de 1.626 según Morgenstern-Price. Las cuales están por encima del factor recomendado por la norma CE.020, que sería mayor a 1.5.

Tabla 22

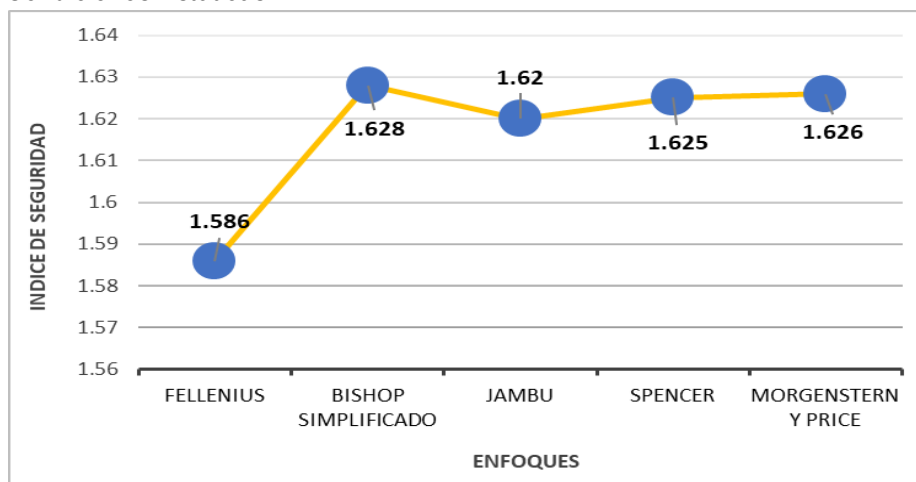
Resumen de los niveles de estabilidad con la influencia Sistema de Pastos Vetiver en Estado Estático

Enfoque	Condición	FS mínimo	FS máximo	Norma CE.020
	Estática			
Fellenius	1.586	1.59	1.63	1.5
Bishop Simplificado	1.628			1.5
Janbu	1.62			1.5
Spencer	1.625			1.5
Morgenstern y Price	1.626			1.5

Nota. Se observa el resumen de los niveles obtenidos en el estudio de estabilidad de la ladera bajo la influencia del sistema de pastos vetiver, la cual se comparan con lo establecido por la Norma CE.020.

Figura 48

Gráfico de comparación de los índices con Influencia Sistema de Pastos Vetiver en Condiciones Estáticas



Interpretación: Se muestra que la ladera del km 351+000 presenta índices de seguridad obtenidos por los cinco enfoques del Equilibrio Limite con la influencia del sistema de pastos Vetiver en condición estática, con un factor mínimo de 1.586 por el enfoque Fellenius y un índice de seguridad máximo de 1.628 por el enfoque Bishop simplificado.

4.1.8. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA LADERA KM 351+000 CON LA INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER CONDICIONES SÍSMICAS

Figura 49

Índice de Seguridad con Influencia del Sistema de Pastos Vetiver mediante el Enfoque Fellenius en Condición Sísmica

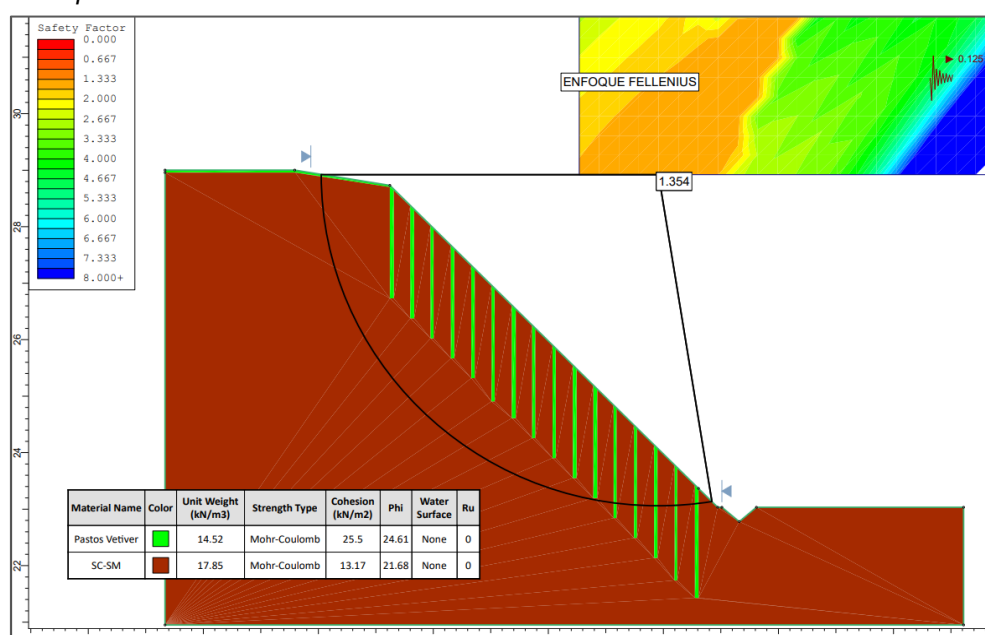


Figura 50

Índice de Seguridad con Influencia del Sistema de Pastos Vetiver mediante el Enfoque Bishop en Condición Sísmica

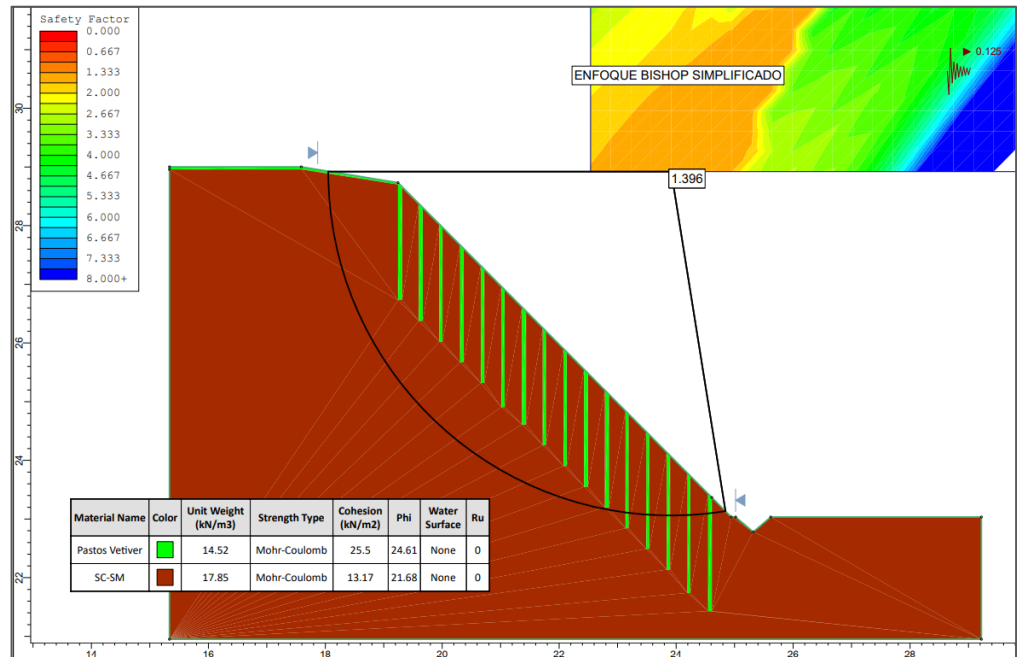


Figura 51

Índice de Seguridad con Influencia del Sistema de Pastos Vetiver mediante el Enfoque Janbu en Condición Sísmica

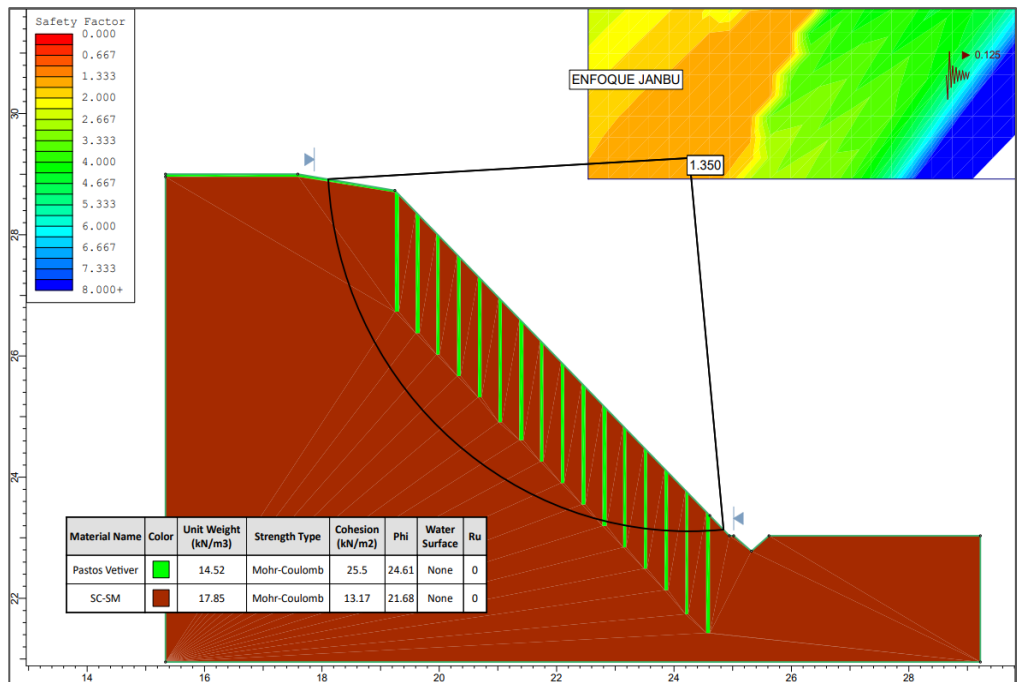


Figura 52

Índice de Seguridad con Influencia del Sistema de Pastos Vetiver mediante el Enfoque Spencer en Condición Sísmica

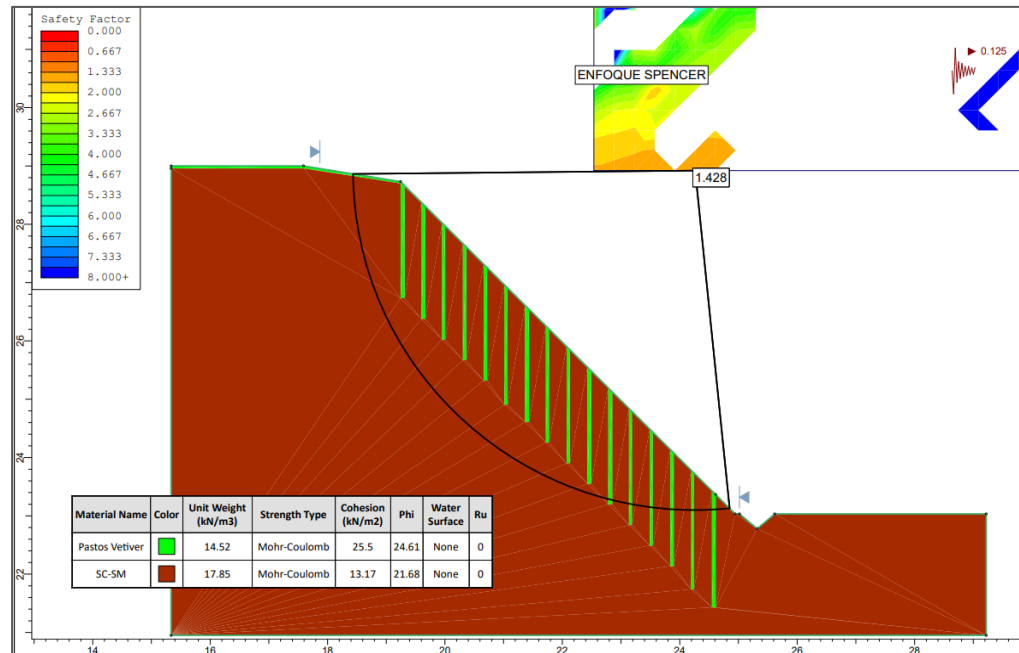
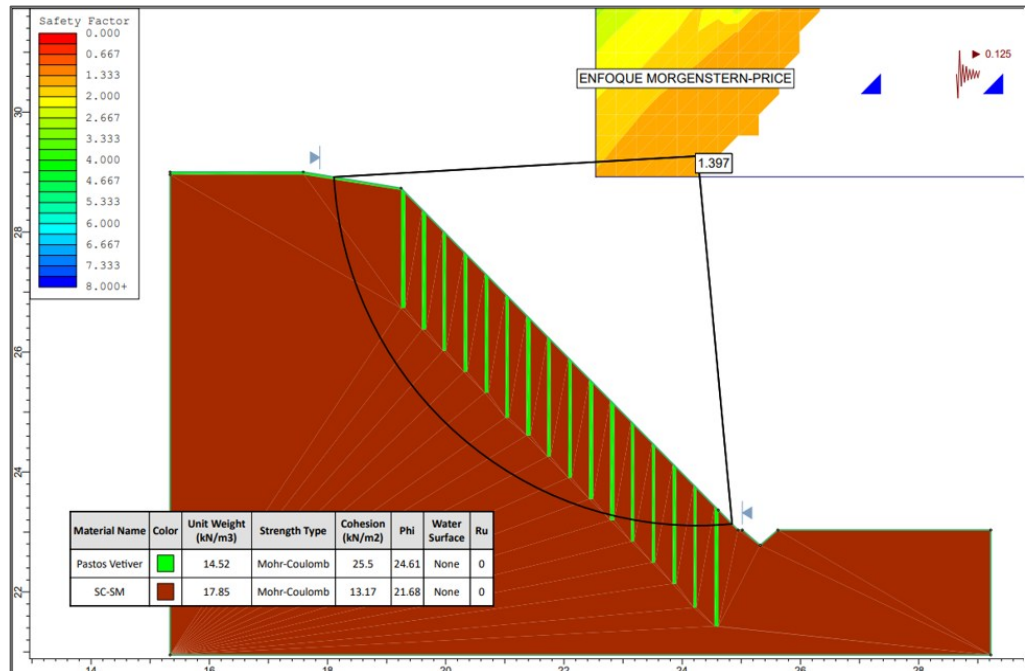


Figura 53

Índice de Seguridad con Influencia del Sistema de Pastos Vetiver mediante el Enfoque Morgenstern-Price en Condición Sísmica



Interpretación: Se observa el análisis de estabilidad de la ladera o talud por los cinco enfoques del Equilibrio Limite, con la influencia del sistema de pastos Vetiver en condiciones sísmicas.

Se determina un índice de 1.354 en base a Fellenius; un índice de 1.396 en base a Bishop Simplificado; un índice de 1.350 según Jambu; un índice de 1.428 según Spencer; y un índice de 1.397 según Morgenstern-Price. Las cuales están por encima del factor recomendado por la norma CE.020, que sería mayor a 1.25.

Tabla 23

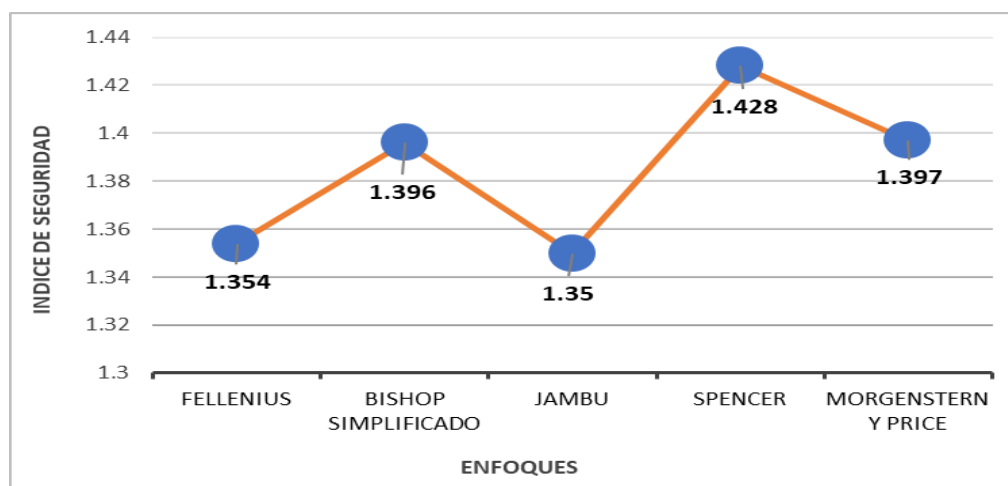
Resumen de los niveles de estabilidad con influencia Sistema de Pastos Vetiver en Estado Sísmico

Enfoque	Condición sísmica	FS mínimo	FS máximo	Norma CE.020
Fellenius	1.354	1.350	1.428	1.25
Bishop Simplificado	1.396			1.25
Janbu	1.35			1.25
Spencer	1.428			1.25
Morgenstern y Price	1.397			1.25

Nota. Se observa el resumen de los niveles obtenidos en el estudio de estabilidad de la ladera bajo la influencia del sistema de pastos Vetiver en condiciones sísmicas, la cual se comparan con lo establecido por la Norma CE.020.

Figura 54

Gráfico de comparación de los índices con Influencia Sistema de Pastos Vetiver en Condiciones Estáticas



Interpretación: Se muestra que la ladera del km 351+000 presenta niveles de estabilidad obtenidos por los cinco enfoques del Método de Equilibrio Limite, con la influencia del sistema de pastos Vetiver en condición sísmica, con un factor mínimo de 1.350 por el enfoque Janbu y un índice de seguridad máximo de 1.428 por el enfoque Spencer.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.2.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk es una prueba estadística que determina si un conjunto de datos sigue una distribución normal. Esta prueba determina si los datos muestrales provienen de una población con una distribución normal, es decir, si las curvas de campana simétricas se ajustan o no.

Se realiza la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, con los 5 índices de seguridad en condiciones estáticas obtenidos de la sección del talud en **el análisis de estabilidad sin influencia del sistema de pastos Vetiver**. Por lo tanto, se definen las hipótesis del criterio de normalidad de los datos para determinar si los datos se distribuyen normalmente o no y son las siguientes:

H₀: Si p-valor es mayor igual que 0.05, entonces los datos provienen de una distribución normal.

H₁: Si p-valor es menor que 0.05, entonces los datos no provienen de una distribución normal.

Interpretación: Se rechaza la hipótesis nula si el valor p asociado con la prueba es menor que un nivel de significancia predeterminado, generalmente 0.05. Esto indica que los datos no se distribuyen normalmente. En otras palabras, se concluye que hay suficiente evidencia para afirmar que los datos no siguen una distribución normal si el valor p es menor que el nivel de significancia.

Esta prueba es útil para determinar si algunas si se puede aplicar pruebas estadísticas paramétricas que asumen normalidad en los datos, como la Prueba t de Student y si los datos no pasan la prueba de normalidad, se pueden utilizar métodos no paramétricos como la prueba de Wilcoxon.

Tabla 24

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk con los FS sin influencia del Sistema de Pastos Vetiver

Variable	Prueba de Shapiro-Wilk			Estadísticos Descriptivos		
	Estadístico	g	p-value	Media	Mediana	desví. estándar
FS sin Pastos Vetiver	0.954	5	0.708	1.216	1.207	0.055

Nota. Se observa el cálculo de p-value en el programa IBM SPSS, además los elementos descriptivos como la media, mediana y desviación estándar.

Interpretación: El valor p es mayor que el nivel de significancia (0.708, en comparación con el nivel de significancia establecido en 0.05), lo que indica que la evidencia no es suficiente para refutar la hipótesis nula **H₀**. Esto indicaría que no hay suficiente evidencia para concluir que sus datos no siguen una distribución normal según la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Por lo que se define que los datos del análisis de estabilidad sin influencia del sistema de pastos Vetiver tienen una distribución normal.

Además, en base a la tabla se observa que la media de 1.216 es mayor que la mediana de 1.207, la cual significa que los datos son asimétricos.

En consecuencia, respecto a la contratación de hipótesis general se analizará por una prueba paramétrica, que sería **la prueba de t-Student** para datos asimétricos que tienen una distribución normal.

También se realiza la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, con los 5 factores de seguridad en condiciones estáticas obtenidos de la sección del talud en **el análisis de estabilidad con influencia del sistema de pastos Vetiver**. Por lo que las hipótesis del criterio de normalidad de datos se definen para determinar si los datos tienen o no una distribución normal son de la siguiente manera:

H₀: Si p-valor es mayor igual que 0.05, entonces los datos provienen de una distribución normal.

H1: Si p-valor es menor que 0.05, entonces los datos no provienen de una distribución normal.

Tabla 25

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk con los FS con influencia del Sistema de Pastos Vetiver

Variable	Prueba de Shapiro-Wilk			Estadísticos Descriptivos		
	Estadístico	g	p-value	Media	Mediana	desví. estándar
FS con Pastos Vetiver	0.001	5	0.0000	1.617	1.625	0.018
		1				

Nota. Se observa el cálculo de p-value en el programa IBM SPSS, además los elementos descriptivos como la media, mediana y desviación estándar.

Interpretación: El valor p es menor que el nivel de significancia (0.00001, en comparación con el nivel de significancia establecido en 0.05), lo que indica que la evidencia no es suficiente para refutar la hipótesis nula **H₀**. Esto indicaría que hay suficiente evidencia para concluir que sus datos no siguen una distribución normal según la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Por lo que se define que los datos del análisis de estabilidad con la influencia del sistema de pastos Vetiver no tienen una distribución normal.

Además, en base a la tabla se observa que la media de 1.617 es menor que la mediana de 1.625, la cual significa que los datos son simétricos.

En consecuencia, respecto a la contratación de hipótesis general se analizará por una prueba no paramétrica, que sería **la prueba de prueba de Wilcoxon** para datos que tienen una distribución normal.

4.2.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Entonces se está optando para realizar la contratación de hipótesis general mediante la Prueba de Wilcoxon.

Se tomará en consideración para condiciones estáticas:

n: mediana del nivel de estabilidad con influencia del sistema de pastos Vetiver en condición estática.

Hipótesis bilateral:

Ho: No existe diferencia significativamente en los índices de seguridad sin y con la influencia del sistema de pastos Vetiver en condiciones estáticas.

Hi: Si existe diferencia significativamente en los índices de seguridad sin y con la influencia del sistema de pastos Vetiver condiciones estáticas.

La prueba:

- Si p-valor es mayor a 0.05 (≥ 0.05), entonces se acepta la **Ho**
- Si p-valor es menor a 0.05(< 0.05), entonces se rechaza la **Ho**

Tabla 26

Prueba de Wilcoxon para la Contratación de Hipótesis en condición estática

Hipótesis Nula	Mediana	Prueba	P-valor	Decisión	N
La mediana de FS con la influencia del sistema pastos Vetiver es menor a 1.5	1.625	Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon	0.0076	Se rechaza la hipótesis Nula	5

Nota. Se observa el cálculo de p-valor en el programa Excel bajo la prueba de Wilcoxon para la mediana de los niveles de estabilidad con la influencia del sistema de pastos Vetiver en estado estática.

Interpretación: El valor-p es menor que el nivel de significancia (0.0076, en comparación con el nivel de significancia establecido en 0.05), lo que indica que la evidencia es suficiente para refutar la hipótesis nula **Ho** y se acepta la Hipótesis Altera **Hi**. Además, se observa que la mediana de 1.625 es mayor que la mediana hipotética de 1.5. Por lo que

se define que si existe diferencia significativamente en los niveles de estabilidad sin y con la influencia del sistema de pastos Vetiver.

Se tomará en consideración para condiciones sísmicas:

n: mediana del nivel de estabilidad con influencia del sistema de pastos Vetiver en condición sísmica

Hipótesis bilateral:

- **Ho:** No existe diferencia significativamente en los niveles de estabilidad sin y con la influencia del sistema de pastos Vetiver en condiciones sísmicas.
- **Hi:** Si existe diferencia significativamente en los niveles de estabilidad sin y con la influencia del sistema de pastos Vetiver condiciones sísmicas.

La prueba:

- Si p-valor es mayor a 0.05 (≥ 0.05), entonces se acepta la **Ho**
- Si p-valor es menor a 0.05(< 0.05), entonces se rechaza la **Ho**

Tabla 27

Prueba de Wilcoxon para la Contratación de Hipótesis en Condición Sísmica

Hipótesis Nula	Mediana	Prueba	P- valor	Decisión	N
La mediana de FS con la influencia del sistema pastos Vetiver es menor a 1.25	1.396	Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon	0.008	Se rechaza la hipótesis Nula	5

Nota. En la tabla se muestra el cálculo de p-valor en el programa Excel bajo la prueba de Wilcoxon para la mediana de los índices de seguridad con la influencia del sistema de pastos Vetiver en condición sísmica.

Interpretación: El valor-p es menor que el nivel de significancia (0.008, en comparación con el nivel de significancia establecido en 0.05), lo que indica que la evidencia es suficiente para refutar la hipótesis nula

H₀ y se acepta la Hipótesis Altera **H_i**. Además, se observa que la mediana de 1.396 es mayor que la mediana hipotética de 1.25. Por lo que se define que si existe diferencia significativamente en los niveles de estabilidad sin y con la influencia del sistema de pastos Vetiver en condiciones sísmica.

Por lo tanto, en base a la contratación de indies de seguridad en condiciones estática y sísmica con la influencia del sistema de pastos Vetiver como se observa en la tabla 27 y 28; 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 sistema de pastos Vetiver mejora significativamente el análisis de estabilidad de la ladera en el km 350 - km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Se realiza una comparación de los hallazgos de la investigación con los de otras investigaciones donde examinaron la influencia de los pastos vetiver.

Sánchez (2019) demostró de que la biotecnología aplicada a las raíces del pasto Vetiver influiría significativamente en la estabilidad de los taludes y, en consecuencia, en la durabilidad del camino a Pozuzo en una pendiente progresiva de 33+450 km excavada en el terreno. Para determinar la estabilidad e inestabilidad de taludes se utilizó el método de Bishop y Janbú. Los factores para el análisis estático fueron de 0,905 y 0,881, mientras que el análisis pseudoestático fue de 0,751 y 0,728. Con la bioingeniería, se descubrieron condiciones estables de 1.504 y 1.444 para el análisis estático y de 1.278 y 1.218 para el análisis pseudoestático.

En efecto en la presente investigación se calculó de los índices de seguridad de la ladera en el análisis de estabilidad sin la influencia del sistema de pastos Vetiver se llegó a una estabilidad máxima de 1.628 para la condición estática (Enfoque Bishop) y 1.428 para la condición sísmica (Enfoque Spencer). En comparación al índice de seguridad máxima obtenida al inicio que determinaba una inestabilidad de 1.283 (Enfoque Morgenstern-Price) para la condición estática y 1.019 para la condición sísmica (Enfoque Fellenius).

De igual manera, Paytan (2022) demostró que las características morfológicas del sistema radicular del pasto Vetiver mejorarían las propiedades mecánicas del suelo y aumentarían el índice de seguridad del talud. Los resultados mostraron un valor de 1,55 bajo la condición estática y de 1,24 en la condición pseudoestática, evaluados mediante el método de Bishop simplificado.

Posteriormente, se obtuvieron los parámetros del suelo después de la siembra de esquejes de pastos de vetiver para que el pasto crezca en el hábitat de estudio en alrededor de seis (06) meses y producir los cambios previstos. La cohesión mostró una variación del 113,33 % y el ángulo de fricción un 36,50%. Finalmente, los factores para la condición pseudoestática y la condición estática obtuvieron 3.05 y 2.46, respectivamente resultando un aumento en los factores.

De manera similar en la investigación presente, se evidencia que el parámetro de cohesión aumenta en un 48.35 %, el ángulo de fricción también aumenta en un 11.17 %.

La investigación de Potrilla (2021) concluyó que la caracterización geotécnica y los parámetros de resistencia al corte, obtenidos mediante análisis retrospectivos, permitirían determinar con precisión la estabilidad de la ladera. Para probar esta afirmación, se realizó un análisis de estabilidad mediante el método de equilibrio límite y el enfoque de Spencer usando el software Slide V.6.0, obteniéndose un factor de seguridad de 1.267 en condiciones estáticas y de 0.916 en condiciones sísmicas para la sección-5. Posteriormente, con la implementación de cortes y banquetas, los factores de seguridad aumentaron a 1.667 en la condición estática y a 1.278 en la sísmica.

Sin embargo, Potrilla (2021), a pesar de que el talud se encuentra en condiciones estables después de ser banquetado porque los factores de seguridad obtenidos cumplen con la norma E0.50, se propuso sembrar y colocar plantas de Vetiver para mejorar la estabilidad del talud y evitar la erosión y/o meteorización.

De manera similar en la presente investigación también se comenzó por la obtención de los parámetros del suelo mediante estudio de mecánica de suelo y el levantamiento topográfico del lugar de estudio, donde se obtuvo las herramientas necesarias para lograr modelar y analizar la ladera resultando un suelo Arena Limo-Arcillosa (SC-SM) y Arena Arcillosa (SC) con una cohesión de 13.17 kN/m², el ángulo de fricción de 21.86° y el peso específico de 17.85 kN/m³.

CONCLUSIONES

- **OG:** Se demostró que al realizar el análisis de la estabilidad de la ladera en el tramo del km 351+000 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael se vio una mejora y aumento significativo de los índices de seguridad por la implementación del sistema de pastos Vetiver para las condiciones estática y sísmica. A comparación del análisis de estabilidad sin la influencia de los pastos, ya que los índices fueron menores a 1.5 y 1.25 para las condiciones estáticas y sísmica respectivamente, la cual se determinó que la ladera era inestable.
- **OE 1:** Se concluye que la topografía es un componente esencial del análisis de estabilidad. La capacidad del sistema Vetiver para estabilizar un talud puede verse afectada por diferentes perfiles topográficos. Debido a que la ladera se encontraba en su estado natural con una pendiente promedio de 55° , una altura alrededor de 7 m y una distancia horizontal de 9.6m, lo que indicaba índices de seguridad inferiores a la norma al principio del análisis. Después del corte la ladera con una relación (H: V) 1:1 con un ángulo de 45° , tenía una altura de 5,7 m y una distancia horizontal de 5,7 m. Esto complementó la estabilidad con el impacto del sistema de pastos Vetiver.
- **OE 2:** Dado que los suelos con ciertas características como cohesión, ángulo de fricción y peso unitario pueden beneficiar más en el análisis, las propiedades mecánicas del suelo demostraron tener un impacto directo en la efectividad sin y con el sistema de pastos Vetiver. Al obtener los resultados del laboratorio de las 2 calicatas, se calculó que el suelo estaba clasificado mediante SUCS, siendo el suelo Arena Limo-Arcillosa (SC-SM) y Arena Arcillosa (SC). Se seleccionaron los parámetros promedio para la cohesión de 13.17 kN/m², el ángulo de fricción de 21.86° y el peso específico de 17.85 y poder introducir en el software Slide.
- **OE 3:** Se identificó que las características como la cohesión y el ángulo de fricción del suelo con los pastos Vetiver, tienen un impacto significativo en el estudio de estabilidad. Al comparar el estudio con el mismo tipo de

clasificación de suelo, se encontró un aumento en la cohesión del 48.35% (de 13.17 kN/m² a 25.5 kN/m²), así como un aumento en el ángulo de fricción del 11.17% (de 21,86° a 24,61°). En base a ello, estas nuevas propiedades con la influencia de los pastos Vetiver, mejoraron significativamente la estabilización del talud.

- **OE 4:** En cuanto al cálculo de los índices de seguridad de la ladera en el estudio de estabilidad sin la influencia del sistema de pastos Vetiver se llegó a una estabilidad de 1.586, 1.628, 1.620, 1.625 y 1.626 para la condición estática e índices de seguridad de 1.354, 1.396, 1.350, 1.428 y 1.397 para la condición sísmica (Enfoques Fellenius, Bishop, Janbu, Spencer y Morgenstern-Price). En comparación a los índices de seguridad calculado al principio determinaba una inseguridad de 1.181, 1.151, 1.207, 1.260 y 1.283 para la condicione estática e índices de seguridad de 1.019, 1.012, 1.014, 1.011 y 1.010 para la condición sísmica (Enfoques Fellenius, Bishop, Janbu, Spencer y Morgenstern-Price).

RECOMENDACIONES

- **RG:** Se recomienda realizar un estudio referencial para calcular y detallar los costos unitarios asociados con la adquisición de pastos Vetiver, la preparación del terreno, la instalación y el mantenimiento y así poder complementar aún más la investigación, que a su vez se podrá comparar con otras alternativas de solución con un mayor campo de beneficios.
- **R1:** Se recomienda llevar a cabo un levantamiento topográfico de manera exhaustiva, ya que esto dará resultados más veraces y reduce la inconsistencia de los resultados
- **R2:** Se recomienda realizar los ensayos de mecánica de suelo en laboratorio de manera detallada ya que los parámetros como la cohesión, en ángulo de fricción y el peso unitario son características fundamentales para lograr la simulación y análisis en el programa Slide.
- **R3:** Debido a que el ensayo con la influencia de las raíces de Vetiver no se realizó en laboratorio, se utilizó como referencia a los antecedentes de la investigación, se recomienda realizar estos ensayos de manera exhaustiva con el objetivo de desarrollar el análisis de manera completa y confiable.
- **R4:** Para calcular los índices de seguridad se recomienda realizar el cálculo y análisis de los índices de seguridad mediante la aplicación con varios métodos que sea posible dentro de la interfaz del software para poder tener una mejor y más completa comprensión y así poder verificar también precisión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica*. Episteme.
<https://doi.org/https://www.diferenciador.com/poblacion-y-muestra/>
- Banerjee, Goswami y Mukherjee. (2018). *Stabilization of iron ore mine spoil dump sites with vetiver system*. Elsevier eBooks.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812986-9.00022-1>
- Braja y Khaled. (1985). *Principles of Geotechnical Engineering*. CENGAGE Learning.
<https://doi.org/http://faculty.tafreshu.ac.ir/file/download/course/1583609876-principles-of-geotechnical-engineering-8th-das.pdf>
- Braja, M. D. (2016). *"Principles of Geotechnical Engineering" (Principios de Ingeniería Geotécnica)*. Cengage Learning.
https://doi.org/https://issuu.com/cengagelatam/docs/fundamentos_de_ingenieria_low_1_iss
- Cabanillas, M. J. (2018). *Solución natural multiusos con bajo consumo de agua*. Revista agua y saneamiento.
<https://doi.org/https://www.construccionyvivienda.com/2018/04/17/solucion-natural-multiusos/>
- CE.020. (2019). . *Estabilizacion de suelos y taludes*. CAPECO.
https://doi.org/http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/NORMACE020.pdf
- Chengchun, Ziyuan , Xijing y Figen . (2003). *Design principles and engineering samples of applying vetiver eco-engineering technology for step slow and river bank stabilization*. Proc. of the 3rd International Conference on Vetiver. https://doi.org/https://www.vetiver.org/ICV3-Proceedings/CHN_riverbank.pdf
- Concepto.de. (2021). *Observación - Qué es, concepto, tipos y ejemplos*. Concepto.de. <https://doi.org/https://concepto.de/observacion/>

E.030. (2018). *Diseño Sismorresistente*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
<https://doi.org/https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1720685-1>

Francisco, L. J. (2019). *Estadística descriptiva - Qué es, definición y concepto*. Economipedia.
<https://doi.org/https://economipedia.com/definiciones/estadistica-descriptiva.html>

Hengchaovanich y Nilaweera. (1998). *An assessment of strength properties of Vetiver grass roots in relation to slope stabilization*. Proc. First Int. Conf. on Vetiver. https://doi.org/https://cbsua.edu.ph/wp-content/uploads/2021/12/2_THE-ROLE-OF-VETIVER-GRASS-IN-PROTECTING-UNSTABLE-SLOPES.pdf

Hernández, Fernández y Baptista. (2014). *Metodología de la investigación*. Educación McGraw-Hill.
https://doi.org/https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf

Huberth, G. (10 de Julio de 2018). *Estabilidad de taludes -SLIDE*. Estabilidad de taludes -SLIDE.:
<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=-sQHsLytzk8>

Matías, J. S. (2018). *Evaluación de estabilidad y permeabilidad de talud con sistema Vetiver mediante diferentes ensayos de laboratorio y campo*. UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA.
<https://doi.org/https://doi.org/https://repositorio.uvg.edu.gt/bitstream/handle/123456789/3656/%E2%80%9CEvaluaci%C3%B3n%20de%20estabilidad%20y%20permeabilidad%20de%20talud%20con%20sistema%20Vetiver%20mediante%20diferentes%20ensayos%20de%20laboratorio%20y%20campo%E2%80%9D>

Oliva, G. A. (2015). *Estabilidad de taludes y laderas. Análisis cuantitativo y cualitativo*. ResearchGate.

https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/324507337_Estabilidad_de_taludes_y_laderas_Analisis_cuantitativo_y_cualitativo

Paytan, L. A. (2022). *Mejoramiento de suelo como medida de reforzamiento de un talud arcilloso natural usando la técnica de enraizamiento del grass Vetiver en la Asociación Agrupación de Familias Los Angeles de Carabayllo II, Lima*. UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS.

<https://doi.org/https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/667504>

Perea y Duran. (2012). *Uso del Pasto Vetiver como una Propuesta de Bioingeniería en la Estabilización de Taludes (Especialista en Ingeniería Ambiental)*. Universidad Industrial de.

https://doi.org/https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/5645/1/TIB_ChavezGuevaraGian.pdf

Portilla, N. J. (2021). *PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE LOS ACANTILADOS DE LA COSTA VERDE ENTRE LOS JIRONES LEONCIO PRADO Y CASTILLA EN EL DISTRITO DE MAGDALENA DEL MAR MEDIANTE LA EJECUCIÓN DE BANQUETAS PROTEGIDAS CON EL SISTEMA GEOWEB*. UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA.

<https://doi.org/https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/0c8f4401-246a-4690-b65e-3a4869f25c94>

Pozo, S. C. (2021). *PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019*. A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019.

<https://doi.org/http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2886/POZO%20SEGUIL%2c%20CARLOS%20VLADIMIR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Quiros, C. (2012). *Efecto de las raíces sobre la resistencia al corte en suelos*. Universidad de Costa Rica.

<https://doi.org/http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/3554/1/33725.pdf>

Ramos, A. (2017). *Análisis de estabilidad de taludes en rocas. Simulación con LS-DYNA y comparación con Slide*. Recuperado de.
https://doi.org/http://oa.upm.es/47326/1/TFM_ABEL_ANTONIO_RAMOS_VASQUEZ.pdf

Reyes, S. Y. (2019). *ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES APLICANDO DIFERENTES TÉCNICAS DE REVEGETALIZACIÓN*. UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA.
https://doi.org/https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/handle/001/3454/Analisis_de_estabilidad_de_taludes.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rodríguez, U. M. (19 de Agosto de 2013). *Acerca de la investigación bibliográfica y documental*.
<https://doi.org/https://guiadetesis.wordpress.com/2013/08/19/acerca-de-la-investigacion-bibliografica-y-documental/>

Rufino y Mota. (2013). *RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE SOLOS E TALUDES VEGETADOS COM CAPIM VETIVER*. Ciência do Solo.
<https://doi.org/https://www.scielo.br/j/rbcs/a/VQX487Bhc5JtsvVfVrLv9dC/#>

Rufino, B. M. (2012). *ESTUDO DA APLICAÇÃO DO VETIVER NA MELHORIA DOS PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE SOLOS EM TALUDES*. ESCOLA DE MINAS.
https://doi.org/http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2895/1/TESE_EstudoAplica%C3%A7%C3%A3oVertiver.PDF

Sánchez y Oviedo . (2019). *CONTROL DE LA EROSIÓN DE TALUDES MEDIANTE EL USO DE VETIVER Y MICORRIZAS ARBUSCULARES, ZONA DE SOCEAGRO EN EL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO – META*. UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS VILLAVICENCIO.
<https://doi.org/https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3656030>

- Sánchez, P. J. (2019). *Estabilización de taludes mediante la técnica de bioingeniería con cultivo de pastos vetiver en zonas tropicales, año 2019*. UNIVERSIDAD CONTINENTAL.
<https://doi.org/https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/9325>
- Sanhueza y Rodríguez. (2012). *Análisis Comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales*. SCIELO.
https://doi.org/https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-915X2013000100003
- Suarez, D. J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Publicaciones UIS.
[https://doi.org/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://doi.org/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)
- Terán, P. D. (2017). *Bioingeniería*. Alfaomega.
<https://doi.org/https://content.e-bookshelf.de/media/reading/L-18426488-c64f6bc570.pdf>
- Truong, Tran y Elise . (2006). *Vetiver system for infrastructure protection. Potential applications of vetiver plan in the Gulf region*. International.
<https://doi.org/https://www.vetiver.org/BB-v1r.pdf>
- TSUNAKI, R. (2002). *LANDSLIDES IN JAPAN*. Japan Landslide Society.
<https://doi.org/https://japan.landslide-soc.org/wp19/wp-content/uploads/2019/05/2002.pdf>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Peña Ramírez, D. (2025). *Análisis de estabilización de ladera mediante el sistema de pastos vetiver, en el km 350-km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael-2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: “ANÁLISIS DE ESTABILIZACIÓN DE LADERA MEDIANTE EL SISTEMA DE PASTOS VETIVER, EN EL KM 350-KM353 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUANUCO-SAN RAFAEL-2024”

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	Población y muestra
Problema general: ¿Cuál es el efecto del sistema de pastos Vetiver en el análisis de estabilidad de la ladera en el km 350 - km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael?	Objetivo General Determinar el efecto del sistema de pastos Vetiver en el análisis de estabilidad de la ladera en el km 350 - km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael.	Hipótesis General Hi: El sistema de pastos Vetiver mejorará significativamente el análisis de estabilidad de la ladera en el km 350 - km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael.	Variable dependiente: • Análisis de estabilidad de ladera Variable independiente: • Sistema de pastos Vetiver	Enfoque • Es cuantitativo Alcance o nivel • Es de nivel explicativo. Diseño • Es de diseño pre - experimental	Población En el presente proyecto se considerará como la población a todos los taludes del km 350 hasta el km 353 con tendencia a deslizamiento en la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael. Muestra En el presente proyecto se considerará como la
Problema específico: • ¿La topografía influye en el análisis de estabilidad de la ladera mediante el sistema de pastos de Vetiver en el km 350 - km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael?	Objetivos específicos • Realizar el levantamiento de la topografía para el análisis de estabilidad de la ladera con el sistema de pastos de Vetiver en el km 350 - km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael.	H0: El sistema de pastos Vetiver no mejorará significativamente el análisis de estabilidad			

• ¿Las propiedades mecánicas del suelo de la ladera influyen en el análisis de estabilidad con el sistema de pastos de Vetiver en el km 350 - km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael? • ¿Cuáles es la influencia de las propiedades de los pastos Vetiver en el análisis de estabilidad de la ladera en el km 350 - km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael? • ¿Cuáles son los índices de seguridad de la ladera en el análisis de estabilidad en condiciones estáticas y sísmicas, mediante el sistema de pastos Vetiver en el km 350 - km 353 de la carretera Cerro	• Realizar el estudio de las propiedades mecánicas del suelo de la ladera en el análisis de estabilidad mediante el sistema de pastos de Vetiver en el km 350 - km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael. • Determinar la influencia de las propiedades de los pastos Vetiver en el análisis de estabilidad de la ladera en el km 350 - km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael. • Determinar los índices de seguridad de la ladera en el análisis de estabilidad en condiciones estáticas y sísmicas, mediante el sistema de pastos Vetiver en el km 350 -	de la ladera en el km 350 - km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael.	muestra con el criterio de determinar la mejora de estabilidad de la ladera en el tramo del km 351 de la carretera en base a la observación de la topografía.
--	--	--	--

de Pasco-Huánuco-San Rafael?	km 353 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-San Rafael.
---------------------------------	--

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

RESOLUCIÓN N° 0384-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 01 de marzo de 2024

Visto, el Oficio N° 254-2024-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: **"ANÁLISIS DE ESTABILIZACIÓN DE LADERA MEDIANTE EL SISTEMA DE PASTOS VETIVER, EN EL KM 350-KM 353 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUANUCO-SAN RAFAEL-2024"**, presentado por el (la) Bach. **Diego Felix PEÑA RAMIREZ**.

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° 2387-2023-D-FI-UDH, de fecha 11 de octubre de 2023, perteneciente al Bach. **Diego Felix PEÑA RAMIREZ** se le designó como ASESOR(A) al Mg. Luis Fernando Narro Jara, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 254-2024-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"ANÁLISIS DE ESTABILIZACIÓN DE LADERA MEDIANTE EL SISTEMA DE PASTOS VETIVER, EN EL KM 350-KM 353 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUANUCO-SAN RAFAEL-2024"**, presentado por el (la) Bach. **Diego Felix PEÑA RAMIREZ**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), MG. Yelen Lisseth Trujillo Ariza (Secretario) e Ing. Percy Mello Davila Herrera (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: **"ANÁLISIS DE ESTABILIZACIÓN DE LADERA MEDIANTE EL SISTEMA DE PASTOS VETIVER, EN EL KM 350-KM 353 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUANUCO-SAN RAFAEL-2024"**, presentado por el (la) Bach. **Diego Felix PEÑA RAMIREZ** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

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

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.
RFD/PMI/udh

ANEXO 3
RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE ASESOR
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 2387-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 11 de octubre de 2023

Visto, el Oficio N° 1618-2023-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 443029-0000008898, del Bach. **Diego Felix PEÑA RAMIREZ**, 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 45° inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 443029-0000008898, presentado por el (la) Bach. **Diego Felix PEÑA RAMIREZ**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone al Mg. Luis Fernando Narro Jara, 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. **Diego Felix PEÑA RAMIREZ**, al Mg. Luis Fernando Narro Jara, 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 Johany Monzon Lozano
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
[Firma]
Mg. Bertha Campos Rios
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIC – Asesor – Mat. y Reg.Acad. – Interconado – Archivo.
BLCH/EJML/mfo.

ANEXO 4
ESTUDIO DE SUELO DEL KM 444 SIN INFLUENCIA DEL
SISTEMA DE PASTOS VETIVER DE LA CALICATA-01 Y
CALICATA-02

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



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO



PROYECTO:
**“ANÁLISIS DE ESTABILIZACIÓN DE
LADERA MEDIANTE EL SISTEMA DE
PASTOS VETIVER, EN EL KM 350 – KM
353 DE LA CARRETERA CERRO DE
PASCO – HUÁNUCO – SAN RAFAEL-
2024”**

SOLICITA:
PEÑA RAMÍREZ DIEGO FELIX

UBICACIÓN:

DISTRITO	: SAN RAFAEL
PROVINCIA	: AMBO
REGIÓN	: HUÁNUCO

EJECUTADO:
LABORTEC E.I.R.L.

TECNICO ESPECIALISTA:
ELIO AUGUSTO SAAVEDRA CABRERA

ENERO DEL 2024



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



CONTENIDO

1. GENERALIDADES	4
1.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO	4
1.2. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE LA OBRA A CIMENTAR:.....	4
1.3. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO:	5
2. GEOMORFOLOGIA, GEOLOGIA Y SISMICIDAD	10
2.1. GEOMORFOLOGÍA.....	10
2.2. GEOLOGÍA.....	11
2.2.1. LITOESTRATIGRAFIA.....	12
2.3. GEODINÁMICA EXTERNA.....	15
2.4. GEODINÁMICA INTERNA.....	16
2.5. SISMICIDAD	16
3. INVESTIGACIONES EN CAMPO	18
3.1. METODOLOGIA	18
3.2. REGISTRO DE CALICATAS.	18
3.3. MUESTREO DE SUELOS.....	19
4. ENSAYOS DE LABORATORIO	22
4.1. ENSAYOS ESTÁNDAR	22
4.2. TRABAJOS EN LABORATORIO.....	22
4.2.1. SECADO.....	22
4.2.2. IDENTIFICACIÓN	23
4.2.3. GRANULOMETRÍA.....	23
4.2.4. CLASIFICACIÓN DE SUELOS	24
4.2.5. CONTENIDO DE HUMEDAD	24
4.2.6. LÍMITES DE ATTERBERG (LL, LP, IP).....	25
5. PERFILES ESTATIGRÁFICOS	26
6. ANÁLISIS DE LA CIMENTACION DE LAS DIVERSAS ESTRUCTURAS	27
6.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO	27
6.2. TIPO DE CIMENTACIÓN	27
6.3. PROFUNDIDAD DE LA CIMENTACIÓN.....	27
6.4. CÁLCULO Y ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE.....	27
6.4.1. CAPACIDAD PORTANTE DENSIDAD MÁXIMA C-01	29
6.4.2. CAPACIDAD PORTANTE DENSIDAD MÁXIMA C-02	29
7. AGRESIÓN DEL SUELO DE CIMENTACIÓN	29
8. AGUA EN EL SUELO.....	31



LABORTEC

LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



8.1. INTRODUCCIÓN	31
8.2. RECONOCIMIENTO DE AGUAS FREÁTICAS	31
9. PARÁMETROS DE EMPUJE LATERAL DE TIERRAS	32
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	35



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



Por información proporciona por el "Solicitante" el proyecto presenta la siguiente característica.

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

Por lo que la edificación califica en una categoría III*

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

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

Sabiendo que la estructura se encuentra dentro de una clasificación "III" se tiene que el número de calicatas será de 1 cada 900 m² a investigar.

Según lo calculado se deberían realizar una (2) calicatas con lo cual cubrimos el requerimiento mínimo de numero de calicatas.

1.3. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO:

El terreno en estudios se encuentra ubicado en el Distrito de San Rafael, presenta un área de una topografía pendiente. La extensión del proyecto se ubica en el distrito de San Rafael, provincia de Ambo, departamento de Huánuco.

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



Ing. Elío A. Saavedra Cabrera
CIP N° 908822



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



INFORME TÉCNICO

1. GENERALIDADES

1.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El presente estudio tiene por objetivo describir los trabajos de campo, laboratorio y gabinete, llevados a cabo para la evaluación geotécnica del proyecto **"ANÁLISIS DE ESTABILIZACIÓN DE LADERA MEDIANTE EL SISTEMA DE PASTOS VETIVER, EN EL KM 350 – KM 353 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – HUÁNUCO – SAN RAFAEL- 2024"**. Ubicado en el Distrito de San Rafael, Provincia de Ambo, Departamento de Huánuco; para determinar las características físico-mecánicas del suelo dentro de la profundidad activa y a partir de ello, los parámetros necesarios para el diseño de la estructura. Dichos parámetros son: profundidad, tipo de cimentación, capacidad portante admisible del terreno adoptado como suelo de cimentación, pautas generales de diseño y construcción en relación con los suelos.

1.2. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE LA OBRA A CIMENTAR:

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

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

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

Fuente E-050

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


Ing. Elío A. Sampedra Cabrera
CIP N° 306822



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



IMAGEN N° 01 – VISTA SATELITAL DEL AREA EN ESTUDIOS



El Distrito peruano de San Rafael es uno de los Ocho que conforman la Provincia de Ambo, en el Departamento de Huánuco.

MAPA N° 01 – DEPARTAMENTO DE HUANUCO



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

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



Ing. Elío A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306822



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

**MAPA N° 02 – PROVINCIA DE AMBO**

La provincia de Ambo tiene una superficie de 1.581 km².

MAPA N° 03 – DISTRITO DE SAN RAFAEL

El distrito de Ambo tiene una superficie de 288.8 km².

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



Ing. Elío A. Saavedra Cabrera
CIP N° 206622



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



El distrito de San Rafael es uno de los 8 distritos de la provincia de Ambo, ubicada en el departamento de Huánuco, bajo la administración del Gobierno Regional de Huánuco, Perú. Su capital es el pueblo de San Rafael ubicado a 2,694 msnm.

El distrito limita con:

- Norte: con el distrito de Ambo.
- Sur: con la provincia de Pasco.
- Este: con la provincia de Pachitea.
- Oeste: con los distritos de San Francisco y Huácar.

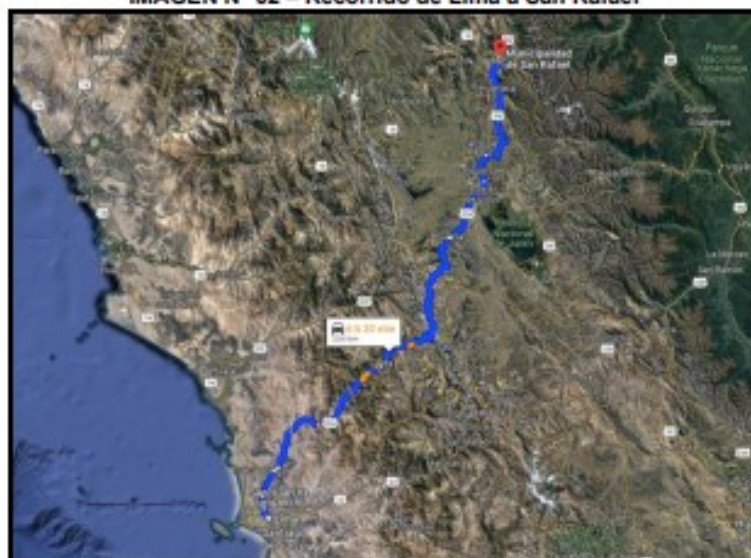
La fecha de creación por ley de este distrito fue el 21 de octubre de 1912, en el gobierno del Presidente Guillermo Billinghurst Angulo.

La vía de acceso más corta desde la ciudad de Lima – al área en estudio es a Través de la Ruta: Desde Lima (capital de Perú) al área en estudio, existe una distancia aproximada de 328 km y el tiempo aproximado en recorrerlo es de 6 horas con 20 min en automóvil.

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

TRAMO	TIPO	DISTANCIA	TIEMPO
Lima - San Rafael	Asfaltada	304.00 Km.	6 h 20 m

IMAGEN N° 02 – Recorrido de Lima a San Rafael



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



Ing. Elío A. Saavedra Cabrera
CIP N° 308422



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



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



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

Región Quechua.

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

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

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

 **Ing. Elío A. Sampedra Cabrera**
CIP N° 306422

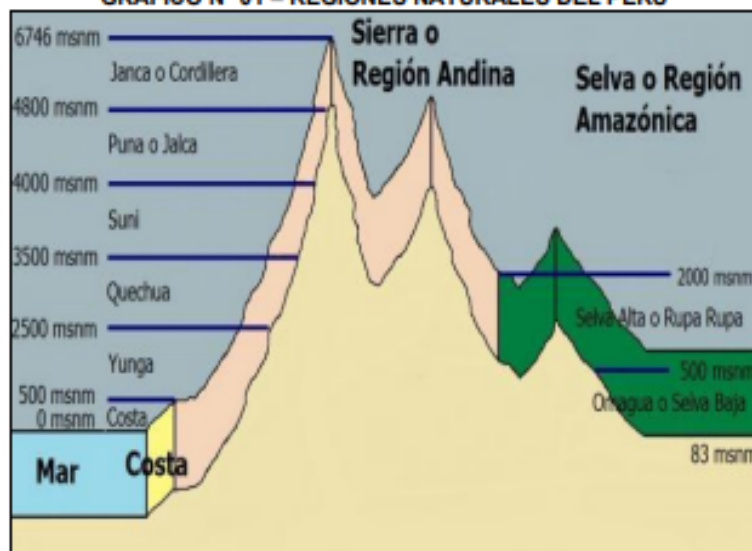


LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

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



GRAFICO N° 01 – REGIONES NATURALES DEL PERU



2. GEOMORFOLOGIA, GEOLOGIA Y SISMICIDAD

2.1. Geomorfología

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

● Geomorfología Andina:

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

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

La región andina del Perú se divide en tres sectores:

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

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

Los Andes del sur: son de mayor espesor que los Andes del norte y del centro. En este paisaje se instalan los pueblos de mayor acervo y tradición de nuestro país. Si hacemos un corte transversal que vaya de Arequipa hasta la frontera con Bolivia, veremos que tenemos

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



Ing. Elío A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306622



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



más de 500 km. de longitud a una gran altitud que sobrepasa los 4.000 m. El territorio andino del Perú muestra una gran diversidad de unidades geomorfológicas, siendo los más importantes:

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

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

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

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

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

Los valles interandinos: son los relieves que se encuentran entre las cordilleras. Presenta dos partes bien diferenciados: vertiente y planicie. La planicie aluvial concentra las grandes urbes del territorio andino. Los valles interandinos más importantes son: el valle de Mantaro en Junín, el valle Callejón de Huaylas en Ancash, el valle de Urubamba en el Cuzco, el valle de Huancabamba en Piura.

2.2. Geología

La Geología actual del área de estudio es producto de millones de años de desarrollo y modificaciones a lo largo de diferentes procesos y la geodinámica externa como son los huaycos, deslizamientos, desprendimientos, asentamientos, y migraciones de arena por efecto tectónico – Neoproterozoico del Complejo Maraón y los depósitos Aluviales, sobre impuesto por los procesos de geodinámica, que han moldeado el rasgo morfoestructural de la región sierra central del Perú, donde se ubica el proyecto. Los estratos están claramente divididos y se debe a la desintegración, meteorización del Neoproterozoico del Grupo

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





LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



Ambo que se encontraba hace muchos millones de años geológicos en áreas cercanas. Así mismo, la erosión, los deslizamientos producidos por drenaje y acumulación de agua dando el desplazamiento de estas sobre grandes extensiones de la zona, dándole la configuración actual de su relieve.

2.2.1. Litoestratigrafía

La secuencia estratigráfica en el área de estudio está definida por el basamento de rocas metamórficas Neoproterozoico del Grupo Ambo y los depósitos Aluviales sobre las cuales se distribuyen en el área de estudios. Se usó para esta informe información del INGEMMET - cuadrante 21 - k - Ambo.

Formación Contaya (C-o)

Con este nombre fué propuesta por NEWELL, N. y TAFUR, I. (1943) en los cerros de Contaya departamento de Loreto una serie metamórfica, constituida por pizarras de color gris.

En el área de estudio su afloramiento está restringido en el área de Huacar a 6 km al SO de Ambo; constituido en la base por un conglomerado basal de 1 mt. de espesor con clastos subangulosos a subredondeados de esquistos micáceos y cuarcitas; a continuación, estratos de cuarcitas grises a blanco parduzcas de aproximadamente 30 mts de espesor; subiendo la secuencia, se tiene lutitas gris oscuras a carbonáceas con delgadas intercalaciones de areniscas grises a marrón parduzcas de grano fino, a veces de aspecto bituminoso con presencia de abundantes graptolites. Se indica como afloramientos de la Formación Contaya a las areniscas grises que afloran en canales marginales de la quebrada Ñausilla y cerro Pupucoto.

En Huacar y Cochachincha los sedimentos carboníferos reposan en discordancia angular sobre el Ordoviciano o directamente sobre el zócalo del Complejo del Marañón, indicando que ha habido una presión ante-Carbonífero muy importante por lo que el conjunto del Paleozoico inferior se encuentra muy reducido.

El espesor del Ordovícico varía de 400 a 1,000 m en promedio, siendo muy reducido en contraste con el sur del Perú, donde llega a 5,000 m. Estas series asociadas con el zócalo del Neoproterozoico, tiene una gran extensión, indicando que el área de Ambo, corresponde al borde marginal de la cuenca Ordovícica; cuenca que tuvo su máxima extensión en el Sur del Perú. (DALMAYRAC, B.1986).

Las observaciones realizadas por WILSON, J. y REYES, L. (1964) más al Norte (7°30'S) indica la misma tendencia de bordura oriental de la cuenca paleogeográfica.

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



Ing. Elío A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306822



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



Grupo Ambo (Ci-a)

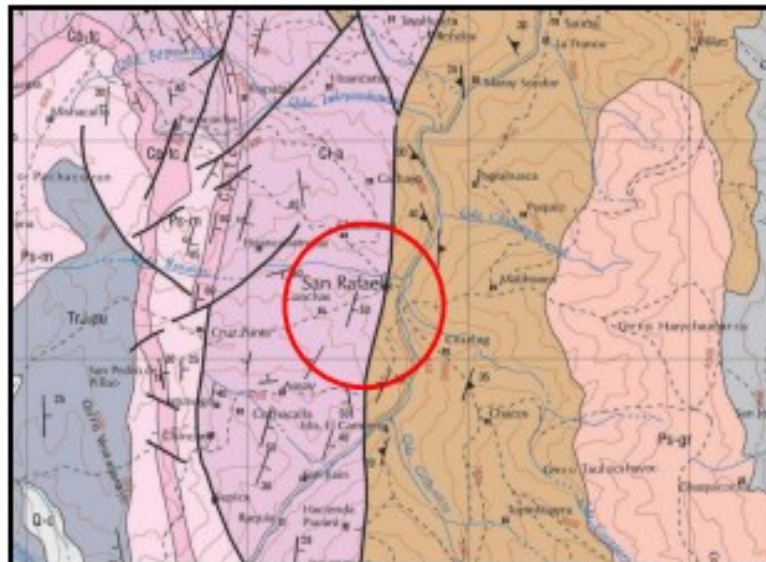
Los afloramientos típicos se ven en la provincia de Ambo constituidos en la base por un conglomerado basal que se reporta en discordancia angular sobre el Complejo marañón o Paleozoico inferior, el conglomerado esta constituido por elementos bien redondeados a sub angulosos de cuarcitas, areniscas, esquistos y micaesquistos, concentrado por un matriz de arenisca feldespática y micácea; el espesor varia de 0.50 (Ñausa) a 150m (Buena Vista); luego continua areniscas gris marrón a verdes, con intercalaciones de lutitas gris oscuras a bituminosas, esporádicamente se presentan capas de carbón de 30 a 50 cm (Huaracalla). En la parte media se tienen areniscas finas en estratos medios a gruesos, compactos de color gris humo, que por interperismo se disgrega en "bolas" a manera de nódulos se intercalan areniscas de grano medio, con lutitas negras a gris verdosas, bastante fracturadas. Hacia el tope se encuentran areniscas gris claras con lutitas gris oscuras a bituminosas con plantas.

CUADRO 02 – LEYENDA MAPA GEOLOGICO – INGEMMET

SÍMBOLOS	UNIDADES SEDIMENTARIAS VOLCANICAS METAMORFICAS REGION ANDINA CORDILLERA OCCIDENTAL Y ORIENTAL
O-c	FORMACION CONTAYA
Ci-a	GRUPO AMBO

Leyenda del mapa geológico del Departamento Huánuco -, INGEMMET.

MAPA N° 04 - GEOLOGÍA DEL CUADRÁNGULO – 21-K – AMBO -INGEMMET.



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



Ing. Elio A. Sampedra Cabrera
CIP N° 306922





LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



2.3. Geodinámica Externa

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

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

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


Ing. Elío A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306822



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



2.4. Geodinámica Interna

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

2.5. SISMICIDAD

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

MAPA N° 06 - ZONIFICACIÓN SÍSMICA



*Fuente -E-30

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

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 082-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR



Ing. Elío A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306922



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



Cuadro N° 03 - PARÁMETROS DE DISEÑO SISMO RESISTENTE

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

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

Cuadro N° 04 - FACTOR DE SUELO "S"

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

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

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

Dónde:

Z = Factor de zona

U = Factor de uso

S = Factor de suelo

C = Coeficiente sísmico

P = Peso de la edificación

R = Coeficiente de reducción

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


LABORTEC
Ing. Elío A. Saavedra Cabrera
CIP N° 308822



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



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

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

	S_0	S_1	S_2	S_3
T_p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T_L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

3. INVESTIGACIONES EN CAMPO

3.1. METODOLOGIA

La técnica empleada para el presente estudio está según la NPT 339.162-2018. Del reglamento nacional de construcción norma técnica de edificación e.050 suelos y cimentaciones, el profesional responsable deberá tomar las precauciones necesarias a fin de evitar accidentes.

Se excavaron una (2) Calicata o Pozo a cielo abierto, la cual se profundizó hasta un máximo de 1.20 mts.

Estos sondajes se ubicaron de tal forma que permitan establecer una información estratigráfica adecuada para adoptar los criterios de cimentación para la estructura, considerando la ubicación de las diferentes estructuras a construir (colegios, edificios, hospitales, etc.).

Se tomaron muestras disturbadas a lo largo de las excavaciones, en cantidad suficiente para su análisis.

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

3.2. REGISTRO DE CALICATAS.

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

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 982987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR


Ing. Elío A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306822



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



c) Muestras inalteradas.

Este tipo de muestra se recorta de las paredes de los pozos y compromete estratos bien definidos. Después de cortadas deben revestirse con una capa de parafina sólida aplicada con brocha. Es conveniente agregar alrededor de un 30% de cera virgen a la parafina sólida con el fin de que la capa protectora sea menos rígida.

Si la consistencia de la muestra es relativamente blanda, debe rodearse de grasa y recubrir una vez más con parafina sólida y cera. Una vez dado el tratamiento anterior, debe colocarse en cajas de madera con aserrín u otro producto que actúe como amortiguador de golpes. Las muestras sin perturbar deberán tomarse apenas excavadas las calicatas, en especial cuando se trate de suelos cuya estructura se ve afectada por los cambios de humedad. En todo caso, al tomar una muestra no perturbada, debe elegirse la pared de la calicata menos expuesta al sol y debe excavarse el espesor superficial que haya sido afectado por los cambios de humedad. No deben escatimarse esfuerzos en el embalaje adecuado de las muestras, ya que el grado de perturbación que se le ocasione a una muestra no perturbada es irrecuperable y lleva a resultados erróneos.

En las calicatas, es posible realizar ensayos en sitio tales como las pruebas de carga con placas, CBR, permeabilidades, medidas de densidad, etc. Las pruebas de carga pueden realizarse contra el fondo de la perforación o las paredes de la misma. Cada vez que sea necesario realizar un ensayo en sitio en una calicata, la excavación deberá realizarse considerando este hecho, dado que este tipo de prueba obliga a tomar medidas especiales que determinan la forma de excavación.

Es así como la toma de densidades obliga a realizar éstas a medida que la excavación se realiza, o bien es necesario dejar bancos intermedios. El muestreo es tan importante como el ensayo y se deben tomar las precauciones para obtener muestras que exhiban la naturaleza real y condiciones de los suelos que se representan.

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

- **Tamaño:** Los suelos gruesos son aquellos en que más de la mitad de las partículas son visibles. En esta estimación se excluyen las partículas gruesas mayores a 80 mm (3"); sin embargo, tal fracción debe ser estimada visualmente y el porcentaje indicado independientemente del material inferior a 80 mm. La fracción gruesa comprende los tamaños de gravas y arenas, y la fracción fina los limos y arcillas. En caso de suelos mixtos, la muestra se identificará sobre la base de la fracción predominante usando los

Dirección: ,
Celular
Fono
E-mail
Importante:
puede ser

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

 **Ing. Elío A. Saavedra Cabrera**
CIP N° 304922



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



siguientes adjetivos, según la proporción de la fracción menos representativa; indicios: 0-10%, poco: 10-20%, algo: 20-35%; y abundante: 35-50%.

- **Olor:** Las muestras recientes de suelos orgánicos tienen un olor distintivo que ayuda a su identificación. El olor puede hacerse manifiesto calentando una muestra húmeda.
- **Color:** Se debe indicar el color predominante.
- **Humedad:** En las muestras recientes deberá registrarse la humedad. Los materiales secos necesitan una cantidad considerable de agua para obtener un óptimo de compactación. Los materiales húmedos están cerca del contenido óptimo. Los mojados necesitan secarse para llegar al óptimo, y los saturados son los suelos ubicados bajo un nivel freático.
- **Estructura:** Si los materiales presentan capas alternadas de varios tipos o colores se denominará estratificado; si las capas o colores son delgados, inferior a 6 mm, será descrito como laminado; fisurado si presenta grietas definidas; lenticular si presenta inclusión de suelos de textura diferente.
- **Cementación:** Algunos suelos muestran definida evidencia de cementación en estado inalterado. Esto debe destacarse e indicar el grado de cementación, descrito como débil o fuerte. Verificando con ácido clorhídrico si es debida a carbonatos y su intensidad como ninguna, débil o fuerte.
- **Densificación:** La compacidad o densidad relativa de suelos sin cohesión puede ser descrita como suelta o densa, dependiendo de la dificultad que oponga a la penetración de una cuña de madera.

La consistencia de suelos cohesivos puede ser determinada en sitio o sobre muestras inalteradas de acuerdo con el criterio indicado.

Los valores de resistencia al corte están basados en correlaciones con penetrómetro de bolsillo usado frecuentemente para estimar la consistencia.

- **Clasificación:** Se debe indicar además la clasificación probable. Pueden usarse clasificaciones dobles cuando un suelo no pertenece claramente a uno de los grupos, pero tiene fuertes características de ambos grupos. Deben colocarse entre paréntesis para indicar que han sido estimadas.
- **Nombre local:** El uso de nombres típicos tales como caliche, maicillo, pumicita, canchagua, etc., además de su designación según el sistema de clasificación de suelo, ayuda a identificar sus condiciones naturales.

Todos los trabajos de campo fueron realizados, por el personal calificado del laboratorio de suelo LABORTEC E.I.R.L., a cargo del Técnico ELIO AUGUSTO SAAVEDRA CABRERA y se programaron de tal manera que toda el área de investigación fuera cubierta. Las

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 082-287145
E-mail : Labortec_eir@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR

 Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306822



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



características físicas y mecánicas del material extraído se pueden ver en los registros correspondientes de los perfiles estratigráficos de sondaje.

4. ENSAYOS DE LABORATORIO

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

4.1. ENSAYOS ESTÁNDAR

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

CUADRO N° 06

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

4.2. TRABAJOS EN LABORATORIO

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

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

4.2.1. Secado

Las muestras que se piensen almacenar durante algún tiempo antes de concluirlos análisis se deben secar previamente para evitar cambios químicos que se puedan producir al almacenarlas húmedas durante mucho tiempo Debido a las rápidas variaciones que se producen en las condiciones químicas del suelo durante la

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





LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



deseccación, algunos análisis se recomiendan hacerlos usando muestras húmedas poco después de haber sido tomadas en el campo.

Los valores que pueden sufrir cambios durante el desecado son los que corresponden a pH. Muchas determinaciones no se afectan significativamente al ser secadas al aire con el fin de almacenarlos. Para el secado, las muestras se extienden en una superficie plana sobre bandejas o papel limpio, en un local bien ventilado. Se debe evitar el secado brusco utilizando altas temperaturas.

4.2.2. Identificación

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

4.2.3. Granulometría

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

IMAGEN N° 04 – ENSAYO GRANULOMETRICO



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



Ing. Elío A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306422



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



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

4.2.4. Clasificación de Suelos

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

Los primeros tienen más del 50 por ciento en peso de granos mayores que 0,08 mm; se representan por el símbolo G si más de la mitad, en peso, de las partículas gruesas son retenidas en tamiz 5 mm, y por el símbolo S si más de la mitad pasa por tamiz 5 mm. A la G o a la S se les agrega una segunda letra que describe la graduación: W, buena graduación con poco o ningún fino; P, graduación pobre, uniforme o discontinua con poco o ningún fino; M, que contiene limo o limo y arena; C, que contiene arcilla o arena y arcilla.

Los suelos finos, con más del 50 por ciento bajo tamiz 0,08 mm, se dividen en tres grupos, las arcillas (C), los limos (M) y limos o arcillas orgánicos (O). Estos símbolos están seguidos por una segunda letra que depende de la magnitud del límite líquido e indica la compresibilidad relativa: L, si el límite líquido es menor a 50 y H, si es mayor.

4.2.5. Contenido de Humedad

El proceso de la obtención del contenido de humedad de una muestra se hace en laboratorios, el equipo de trabajo consiste en un horno donde la temperatura pueda ser controlable. Una vez tomada la muestra del sólido en estado natural se introduce al horno. Ahí se calienta el espécimen a una temperatura de más de 100 grados Celsius, para producir la evaporación del agua y su escape a través de ventanillas. Se debe ser cuidadoso de no sobrepasar el límite, para no correr el riesgo de que el suelo quede cremado con la alteración del cociente de la determinación del contenido de humedad. El material debe permanecer un periodo de doce horas en el horno, por esta razón se acostumbra a iniciar el calentamiento de la muestra de suelo al final del día, para que así se deshidrate durante toda la noche. El objetivo del estudio es conocer y determinar el porcentaje de humedad de suelo.

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


LABORTEC Ing. Elío A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306822



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



Es la proporción porcentual entre la fase líquida (agua) y la parte sólida del suelo (partículas minerales del suelo).

Se muestra en la siguiente expresión:

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

Ww = Peso del agua en la muestra

Ws = Peso del suelo seco

4.2.6. Límites de Atterberg (LL, LP, IP)

• Determinación del límite líquido, plástico e índice plástico.

El objetivo del ensayo es determinar el límite líquido, plástico e índice plástico de una muestra de suelo.

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

Límite Líquido LL: es el contenido de humedad por encima del cual la mezcla suelo-agua pasa a un estado líquido. En este estado la mezcla se comporta como un fluido viscoso y fluye bajo su propio peso. Por debajo de este contenido de humedad la mezcla se encuentra en estado plástico. Cualquier cambio en el contenido de humedad a cualquier lado de LL produce un cambio en el volumen del suelo.

Límite Plástico LP: es el contenido de humedad por encima del cual la mezcla suelo-agua pasa a un estado plástico. En este estado la mezcla se deforma a cualquier forma bajo ligera presión. Por debajo de este contenido de humedad la mezcla está en un estado semi sólido. Cualquier cambio en el contenido de humedad a cualquier lado de LP produce un cambio en el volumen del suelo.

Índice de Plasticidad IP: Atterberg definió el índice de plasticidad para describir el rango de contenido de humedad natural sobre el cual el suelo era plástico. El índice de plasticidad IP, es por tanto numéricamente igual a la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico:

$$IP = LL - LP$$

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



Ing. Elío A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306822



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



5. PERFILES ESTATIGRÁFICOS

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

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

Calicata C-01

- De 0.00 a 0.10 m. – PT - Suelo disturbado
- De 0.10 a 1.20 m. – SC-SM – Arena limo-arcillosa

Contenido de Humedad (%)	12.68
Límite Líquido (LL) (%)	26
Límite Plástico (LP) (%)	20
Índice Plástico (IP) (%)	6
Clasificación (S.U.C.S.)	SC-SM
Clasificación (AASHTO)	A-1-b
Color	Marrón - Claro
Consistencia	Plástica
Índice de Grupo	0

Calicata C-02

- De 0.00 a 0.10 m. – PT - Suelo disturbado
- De 0.10 a 1.20 m. – SC – Arena arcillosa

Contenido de Humedad (%)	6.87
Límite Líquido (LL) (%)	33
Límite Plástico (LP) (%)	22
Índice Plástico (IP) (%)	11
Clasificación (S.U.C.S.)	SC
Clasificación (AASHTO)	A-6
Color	Marrón - Claro
Consistencia	Plástica
Índice de Grupo	0

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 982987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eir@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR


Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306922



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



6. ANALISIS DE LA CIMENTACION DE LAS DIVERSAS ESTRUCTURAS

6.1. Objetivo del Estudio

De acuerdo con la información proporcionada por el solicitante del proyecto: **"ANÁLISIS DE ESTABILIZACIÓN DE LADERA MEDIANTE EL SISTEMA DE PASTOS VETIVER, EN EL KM 350 – KM 353 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – HUÁNUCO – SAN RAFAEL- 2024"**.

Se va a construir diferentes estructuras para lo cual se tomaron muestras alteradas e inalteradas en diferentes puntos, para determinar el Angulo de fricción y la cohesión interna de los suelos donde se edificarán dichas estructuras.

6.2. Tipo De Cimentación

En estas estructuras se va emplear un sistema estructural tradicional, que transmite sus cargas al terreno de cimentación mediante una losa o platea de cimentación.

El concepto estructural de la platea de cimentación consiste en que, si tomamos el centro de la losa como punto de giro, los momentos hacia la derecha son iguales a los de la izquierda, de esta manera se consigue que las presiones hacia el terreno sean constantes. Dada la naturaleza del terreno a cimentar y las magnitudes posibles de las cargas se recomienda utilizar una losa de cimentación para todas las estructuras proyectadas.

6.3. Profundidad de la Cimentación.

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

Df = 1.20 m. Para todas las estructuras.

6.4. Cálculo y análisis de la capacidad Portante Admisible

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

Del análisis de los resultados, de la revisión y verificación de los datos de campo y aplicando la experiencia del suscrito en este tipo de suelos, se ha seleccionado como representativa para los cálculos de la capacidad portante los resultados indicados y se ha considerado el criterio de falla local para los presentes cálculos.

$$q_n = 1.3C + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_\gamma + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot B \cdot N_q$$

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



Ing. Elío A. Salavedra Cabrera
CIP N° 306822



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

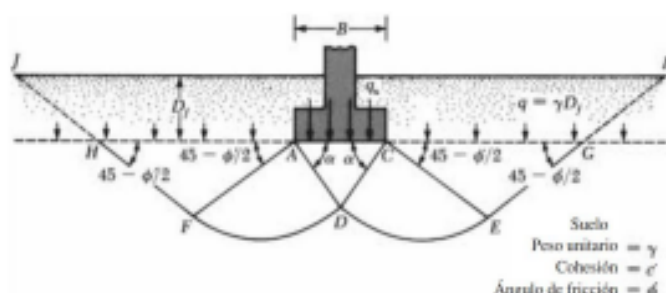
EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



Para los cálculos se utilizaron formulas del libro **FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA GEOTÉCNICA** autor **BRAJA M. DAS** cuarta edición ítem 16.3 (teoría de terzaghi de la capacidad última de carga)

Terzaghi (1943) fue el primero en presentar una teoría global para evaluar la capacidad última de carga de cimentaciones poco profundas. De acuerdo con esta teoría, una cimentación es poco profunda si la profundidad, D_f (fi gura 16.3), es menor o igual que el ancho de la cimentación. Sin embargo, investigadores posteriores han sugerido que las cimentaciones con D_f igual a 3 a 4 veces el ancho de la cimentación se pueden definir como cimentaciones poco profundas.

Terzaghi sugirió que para una cimentación continua o de franja (es decir, la razón de ancho a largo de la cimentación tiende a 0), la superficie de falla en el suelo a carga máxima puede suponerse similar a la mostrada en la fi gura 16.3. (Note que éste es el caso de falla de corte general, tal como se define en la fi gura 16.1a.) El efecto del suelo por encima del fondo de la cimentación también puede suponerse y ser remplazado por una sobrecarga equivalente.



Falla de la capacidad de carga en un suelo bajo una cimentación continua rígida en grava

Utilizando el análisis de equilibrio, Terzaghi expresa la capacidad última de carga en la forma:

$$q_u = c'N_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma \quad (\text{cimentación en franja})$$

Zapatas cuadradas:

$$q_u = 1.3c'N_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma$$

Zapatas circulares:

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 952987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eiri@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR


Ing. Elío A. Saavedra Cabrera
CIP N° 308822



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



$$q_u = 1.3c'N_c + qN_q + 0.3\gamma BN_\gamma$$

6.4.1. Capacidad Portante densidad máxima C-01

De acuerdo a las dimensiones las zapatas aisladas empleadas en los sistemas de diseño, se ha considerado un ancho de cimentación de 1.20 m y una profundidad de 1.50m. para las zapatas cuadradas. De acuerdo a lo verificado In Situ, confirmado en Laboratorio, se han obtenido los siguientes valores:

- **ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA: $\phi = 21.41^\circ$**
- **COHESION KN/M2: 12.79**
- **PESO ESPEIFICO KN/M3: 18.54**

6.4.2. Capacidad Portante densidad máxima C-02

De acuerdo a las dimensiones las zapatas aisladas empleadas en los sistemas de diseño, se ha considerado un ancho de cimentación de 1.20 m. y una profundidad de 2.50m para las zapatas cuadradas. De acuerdo a lo verificado In Situ, confirmado en Laboratorio, se han obtenido los siguientes valores:

- **ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA: $\phi = 22.30^\circ$**
- **COHESION KN/M2: 13.55**
- **PESO ESPEIFICO KN/M3: 17.16**

7. AGRESIÓN DEL SUELO DE CIMENTACIÓN

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

TABLA N°08 - ELEMENTOS QUIMICOS NOCIVOS PARA LA CIMENTACION

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

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 982987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR


Ing. Elío A. Saavedra Cabrera
CIP N° 308422



LABORTEC
LABORATORIO ESPECIALIZADO
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

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



* Comité 318-83 ACI

** Experiencia existente

CALICATA 01

REPORTE DE RESULTADOS	LIMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNIDADES
Sulfatos como ión SO_4	0.06	0.0487	%
Cloruros como ión Cl	0.10	0.0412	%
pH a 15.9°C	>4	7.4	

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

Observamos que la concentración de sales cloruros en la calicata, se encuentra por debajo de los valores permisibles, siendo el valor máximo obtenido igual a = 412 ppm que corresponde a la calicata C-01, menor que 6000ppm (valor permisible para cloruros), por lo que no ocasionará un ataque por corrosión del acero del concreto de la cimentación. De igual manera observamos concentraciones de sales sulfatos por debajo del valor permisible, siendo el valor máximo obtenido igual a = 487 ppm SO_4 que corresponde a la calicata C-01, menor que 1000 ppm SO_4 (valor permisible para sulfatos) por lo que va a ocasionar un ataque insignificante a leve al concreto de la cimentación.

CALICATA 02

REPORTE DE RESULTADOS	LIMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNIDADES
Sulfatos como ión SO_4	0.06	0.0465	%
Cloruros como ión Cl	0.10	0.0389	%
pH a 15.9°C	>4	7.4	

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

Observamos que la concentración de sales cloruros en la calicata, se encuentra por debajo de los valores permisibles, siendo el valor máximo obtenido igual a = 389 ppm que corresponde a la calicata C-02, menor que 6000ppm (valor permisible para cloruros), por lo que no ocasionará un ataque por corrosión del acero del concreto de la cimentación. De igual manera observamos concentraciones de sales sulfatos por debajo del valor permisible, siendo el valor máximo obtenido igual a = 465 ppm SO_4 que corresponde a la calicata C-02, menor que 1000 ppm SO_4 (valor permisible para sulfatos) por lo que va a ocasionar un ataque insignificante a leve al concreto de la cimentación.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 982987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR


LABORTEC Ing. Elío A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306922



LABORTEC
LABORATORIO TECNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



8. AGUA EN EL SUELO

8.1. INTRODUCCIÓN

Después de haber analizado las propiedades más importantes y necesarias para una identificación y clasificación de los suelos, se sigue con el estudio de las propiedades mecánicas relacionadas con una de sus fases, la fase líquida, que generalmente se refiere al agua en sus diferentes formas o estados. Las aguas Freáticas, son entonces las aguas que encontramos cuando el suelo está saturado, y están por debajo de este nivel freático. Este nivel freático es muy variable, y encontramos que, en el verano, cuando el calor se hace más intenso, el nivel freático baja, por el proceso de evaporación que genera el calor en el verano. Así también encontramos que el nivel freático en el tiempo de lluvia, sube, y puede llegar hasta muy altos niveles, es decir a muy poca profundidad, el sitio donde empiezan las aguas freáticas, pudiendo ser un factor importante en la construcción.

8.2. RECONOCIMIENTO DE AGUAS FREÁTICAS

En el campo podemos conocer el nivel del agua freática abriendo un hueco en la tierra, de tal manera que podamos ver dentro del (50 x 50 centímetros), y esperar que el nivel del agua se estabilice.

De esta forma podemos después de una hora más o menos, que el nivel donde tenemos el agua será el nivel freático, para poder saber dónde se encuentra el nivel freático simplemente se toma la distancia de la superficie de la tierra, al punto donde el suelo está saturado, hallamos el Nivel Freático.

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

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

Cuadro N° 07 – UBICACIÓN DE NIVEL FREATICO

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

Los certificados de los ensayos de laboratorio se anexan.

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


LABORTEC
Ing. Elío A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306822



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



9. PARÁMETROS DE EMPUJE LATERAL DE TIERRAS

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

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

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

$$K_o \approx 1 - \sin \phi$$

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

CALCATA C-01

COEFICIENTE DE REPOSO			
CORTE DIRECTO CALCATA 01			
ϕ	=	21.41	
K_o		0.070	
COEFICIENTE DE PRESION ACTIVA			
ϕ	=	21.41	
K_a		0.465	

CALCATA C-02

COEFICIENTE DE REPOSO			
CORTE DIRECTO CALCATA 02			
ϕ	=	22.3	
K_o		0.070	
COEFICIENTE DE PRESION ACTIVA			
ϕ	=	22.3	
K_a		0.450	

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 982987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eir@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR

 Ing. Elío A. Sampedra Cabrera
CIP N° 306922



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El área en estudio se ubica en el Distrito de San Rafael, Provincia de Ambo, Departamento de Huánuco, a una altitud promedio de 2694 m.s.n.m. La temperatura promedio es de 18-23°C.
- La muestra de la Calicata 01 corresponden a una clasificación de suelos SUCS: SC-SM: Arena limo-arcillosa.
- La muestra de la Calicata 02 corresponden a una clasificación de suelos SUCS: SC: Arena arcillosa
- Basado en los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, perfiles y registros estratigráficos y las condiciones de ausencia nivel freático y las características de las estructuras, se recomienda cimentar a una profundidad: **Df = 1.20 m.** del nivel 0.00m.
- Deberá garantizarse que las Zapatas cuadrada e interconectadas de cimentación queden apoyados sobre materiales adecuados para la capacidad especificada y particularmente sobre los estratos recomendados.
- Se realizó una descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual – Manual según NTP 339.150:2018.
- Las Excavaciones se realizaron de manera manual utilizando (picos, palas y barretas) de manera de poder encontrar terreno firme.
- Los asentamientos producidos debido a la sollicitación de las cargas actuantes serán absorbidos por la cimentación propuesta.
- En el área de estudio se determinó que no hay presencia de nivel freático no siendo perjudicial para las estructuras si la cimentación y las zapatas son implementadas con un **Df** no mayor a 2.00 m por todo lo expuesto se concluye usar el cemento tipo I para las estructuras que conformaran la cimentación.
- **Si en el periodo de diseños se hacen cambios o si durante la construcción se encuentran diferencias con las condiciones del subsuelo establecidas en este informe, se debe comunicar a un especialista en mecánica de suelos para evaluar las recomendaciones de este informe.**
- Se recomienda realizar un control de calidad de todos los materiales e utilizarse en la construcción de los cimientos, en especial a los agregados (piedra y arena).
- Se recomienda no cimentar sobre rellenos no controlados, para los falsos pisos se debe retirar el material de relleno a una profundidad de 40 cm, los cuales deberán ser reemplazado por material granular debidamente seleccionado y compactados antes de iniciar la construcción de la cimentación.

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


Ing. Elío A. Sampedra Cabrera
CIP N° 306422



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



- El Material Seleccionado con el que se debe construir el Relleno Controlado deberá ser compactado de la siguiente manera:
 - a) Si tiene más de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad mayor o igual del 90% de la máxima densidad seca del método de ensayo Proctor Modificado, NTP 339.141:1999, en todo su espesor.
 - b) Si tiene igual o menos de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad no menor del 95% de la máxima densidad seca del método de ensayo Proctor Modificado, NTP 339.141:1999, en todo su espesor.
- En todos los casos deberán realizarse controles de compactación en todas las capas compactadas, a razón necesariamente, de un control por cada 250 m² con un mínimo de tres controles por capa. En áreas pequeñas (igual o menores a 25 m²) se aceptará un ensayo como mínimo. En cualquier caso, el espesor máximo a controlar será de 0,30 m de espesor. Seguir las recomendaciones.
- Según los mapas de zonificación sísmica y mapas de máximas intensidades sísmicas del Perú y de acuerdo con las normas sismo-resistentes del Reglamento Nacional de Edificaciones, el Distrito de Ambo, Provincia de Ambo y Región Huánuco, se encuentra comprendida en la zona 2

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

Los resultados de este estudio se aplican exclusivamente al proyecto: **"ANÁLISIS DE ESTABILIZACIÓN DE LADERA MEDIANTE EL SISTEMA DE PASTOS VETIVER, EN EL KM 350 – KM 353 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – HUÁNUCO – SAN RAFAEL-2024"**, no se pueden utilizar en otros sectores o para otros fines.

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


LABORTEC
Ing. Elío A. Sampedra Cabrera
CIP N° 308822



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

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



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

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

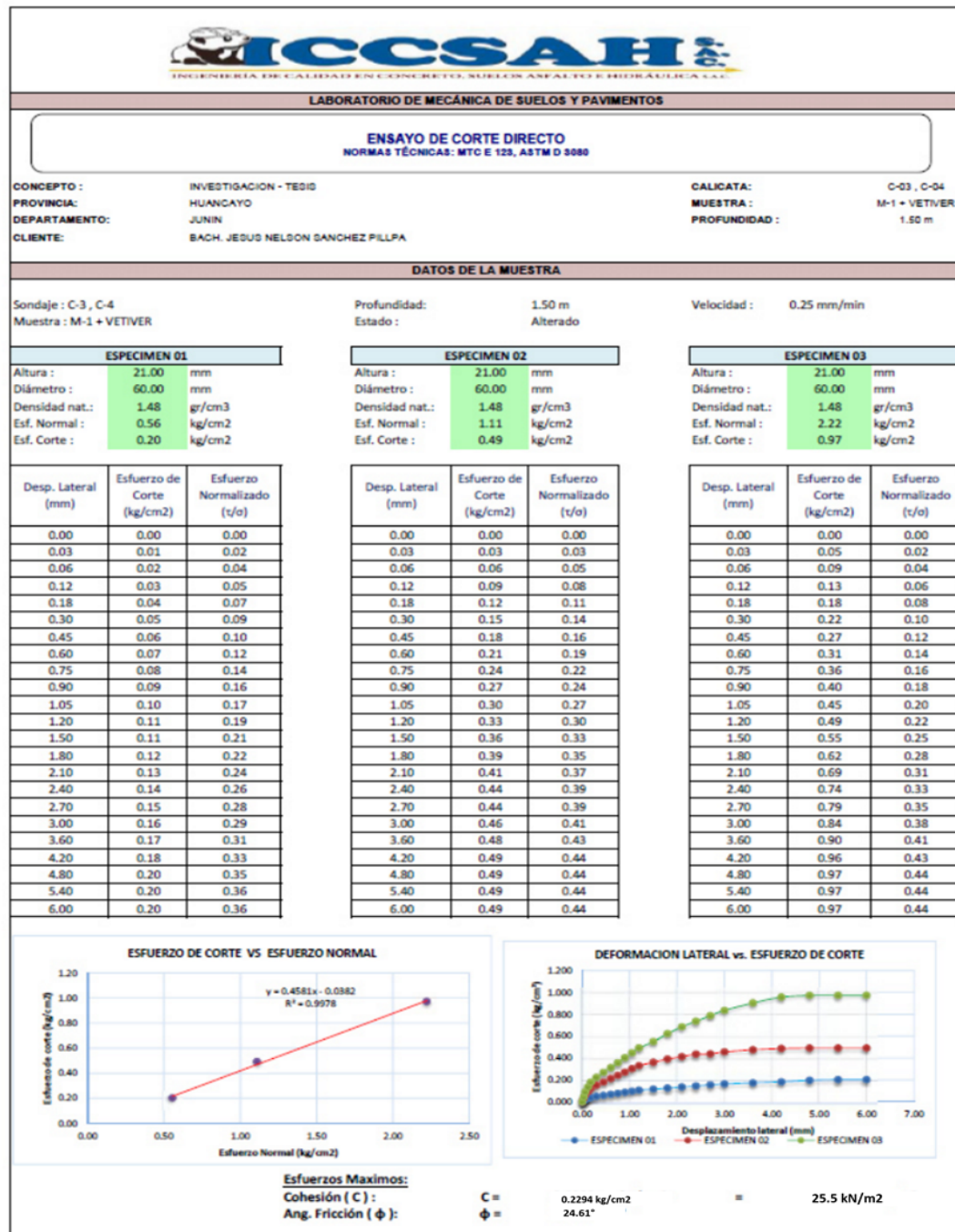
Dirección: Jr. Tarma Nº 101 - Huánuco
Celular : 982987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirt@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR

LABORTEC
Ing. Elia A. Sajedra Cabrera
CIP N° 306822

ANEXO 5

ESTUDIO REFERENCIAL DEL SUELO CON INFLUENCIA DEL SISTEMA DE PASTOS VETIVER

Estudio referencial del Ensayo de Corte Directo de los Parámetros del Suelo



SC-SM con la Influencia de Pastos Vetiver

Nota. Se observa el ensayo de Corte Directo donde calcularon la Cohesión y el ángulo de fricción del mismo tipo de suelo que nuestra investigación; SC-SM con influencia de los pastos vetiver: Fuente: Sánchez (2019).

Estudio Referencial del Ensayo de Peso Volumétrico del Suelo SC-SM con la Influencia de Pastos Vetiver

 ICCSAH S.A.C. INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.			
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
DETERMINACIÓN DE PESO VOLUMÉTRICO DE MASA NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.139, BS 1377			
CONCEPTO :	INVESTIGACION - TESIS	CALICATA:	C-03, C-04
PROVINCIA:	HUANCAYO	MUESTRA :	M-1 + VETIVER
DEPARTAMENTO:	JUNIN	PROFUNDIDAD :	1.50 m
CLIENTE:	BACH. JESUS NELSON SHANCHEZ PILLPA		
DATOS DE LA MUESTRA			
ENSAYO N°	1	2	3
Nro. DE TARA	P4R	P5R	P6R
PESO DE TARA gr.	19.60	19.60	19.60
PESO DE TARA + MUESTRA gr.	95.40	96.80	98.70
PESO DE MUESTRA gr.	75.80	77.20	79.10
PESO DE MUESTRA + PARAFINA gr.	92.30	88.60	90.50
PESO DE PARAFINA gr.	16.50	11.40	11.40
PESO ESPECIFICO DE PARAFINA gr/cm3.	0.87	0.87	0.87
VOLUMEN DE PARAFINA cm3	18.97	13.10	13.10
VOLUMEN DE AGUA INICIAL gcm3.	500.00	500.00	500.00
VOLUMEN DE MUESTRA+PARAFINA+AGUA cm3.	569.00	566.00	567.00
VOLUMEN DE MUESTRA cm3.	50.03	52.90	53.90
PESO ESPECIFICO VOLUMETRICO DE MUESTRA gr/cm3.	1.51	1.46	1.47
PESO ESPECIFICO VOLUMETRICO DE MUESTRA gr/cm3.	1.48		
Observaciones:	14.52 KN/m3 		

Nota. Se observa el ensayo calculo de peso especifico del mismo tipo de suelo que nuestra investigacion; suelo SC-SM con influencia de los pastos vetiver: Fuente: Sánchez (2019).

ANEXO 6
PANEL FOTOGRÁFICO EN CAMPO DEL ESTUDIO DE
MECÁNICA DE SUELO DEL KM 351+000



Ubicación de punto exploración, calicata C-01



Ubicación de punto exploración, calicata C-02



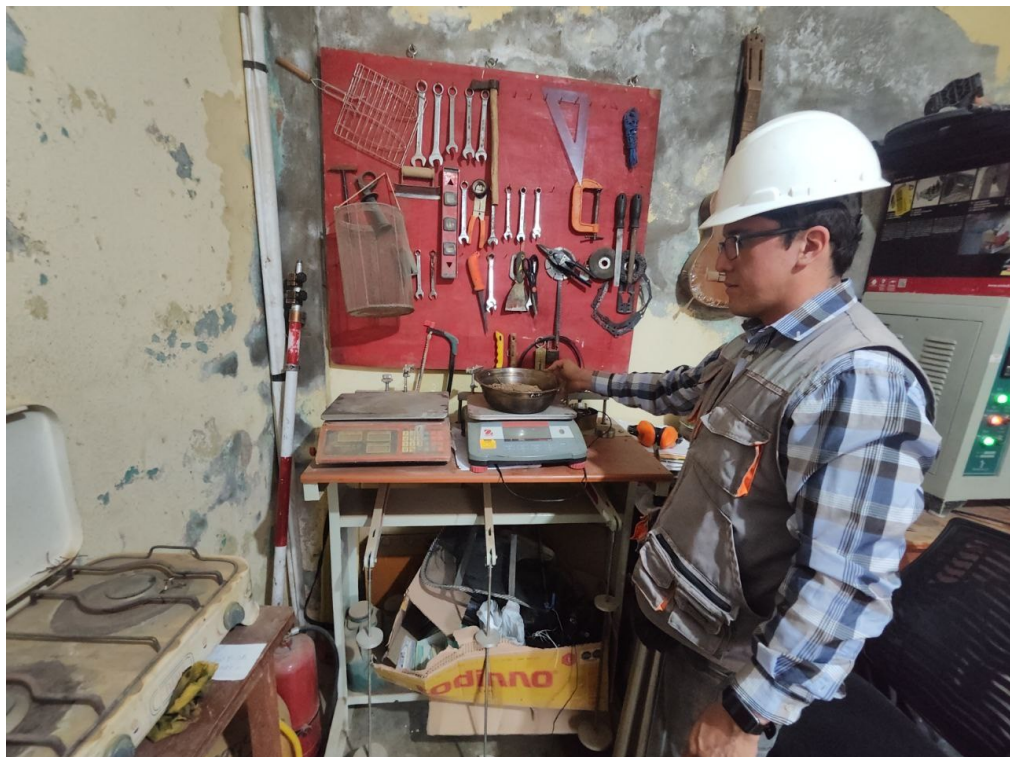
Muestras Obtenidas de los puntos de exploración



Muestras C-2 en el laboratorio de mecánica de suelos



Muestras C-1 en el laboratorio de mecánica de suelos



Pesado inicial de la muestra



Secado en Horno de la muestra



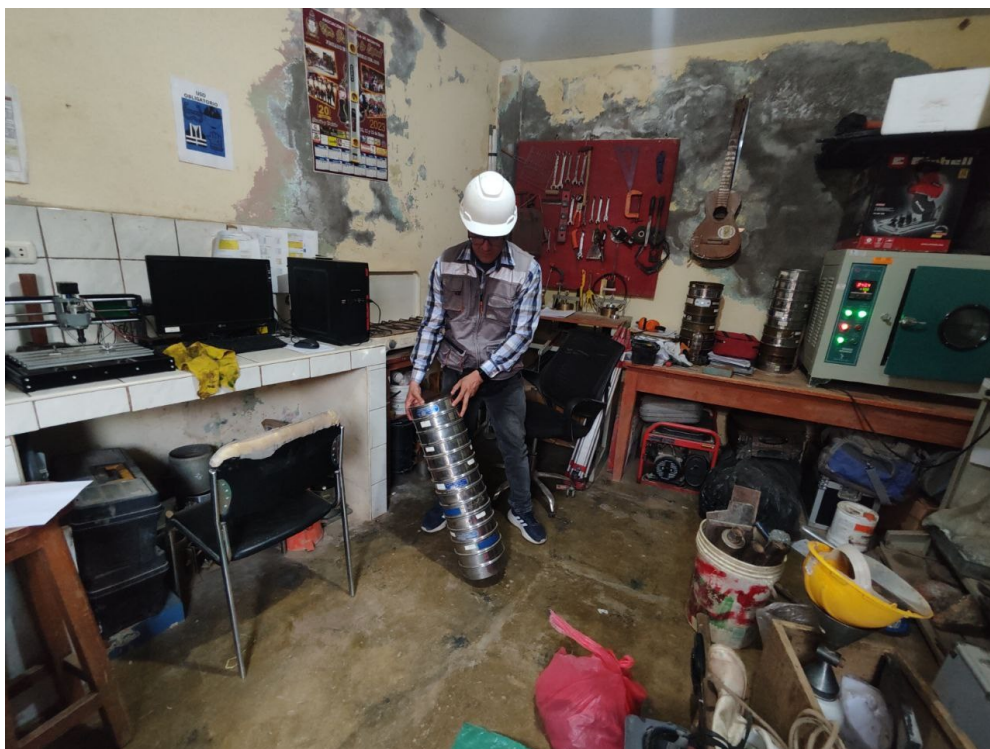
Pesado posterior al secado de la muestra, obtención del contenido de humedad



Lavado de la muestra, partículas que pasan la malla N°200



Inicio del tamizado de la muestra, granulometria



Movimiento de los tamices para un correcto ensayo de granulometría



Pesaje de cada material retenido en cada malla



Pesaje de cada material retenido en cada malla



Ensayo de plasticidad, equipo utilizado: copa de Casagrande



Procedimiento del ensayo



Separación de las muestras



Pesaje de las muestras



Colocación de las muestras al horno a temperatura ambiente



Preparación del material para la determinación del límite plástico



Realización de las muestras



Pesaje de las muestras



Secado de las muestras en el horno a temperatura ambiente

ANEXO 7

PANEL FOTOGRÁFICO DEL ESTUDIO TOPOGRÁFICO



Estacionamiento Inicial, comienzo del levantamiento topográfico



Inicio de toma de puntos



Continuación de toma de puntos



Continuación de toma de puntos, talud



Continuación de toma de puntos, talud parte alta



Continuación de toma de puntos, talud parte alta



Continuación de toma de puntos, talud parte alta



Continuación de toma de puntos, talud parte alta



Vista desde la carretera hacia el talud del levantamiento topográfico



Vista desde la carretera hacia el talud del levantamiento topográfico



Culminación de toma de puntos, talud parte alta



Toma de puntos, carretera margen izquierda



Continuación de toma de puntos, carretera margen izquierda



Continuación de toma de puntos, carretera margen derecha



Continuación de toma de puntos, carretera margen derecha



Continuación de toma de puntos, carretera margen derecha



Continuación de toma de puntos, carretera margen derecha



Continuación de toma de puntos, carretera margen derecha



Continuación de toma de puntos, carretera margen derecha



Continuación de toma de puntos, carretera margen derecha



Continuación de toma de puntos, carretera margen izquierda



Culminación del levantamiento topográfico

ANEXO 8

LAS CURVAS DE NIVEL Y EL PERFIL DEL KM 351+000

Figura 55

Representación virtual de la topografía de la ladera 351+000

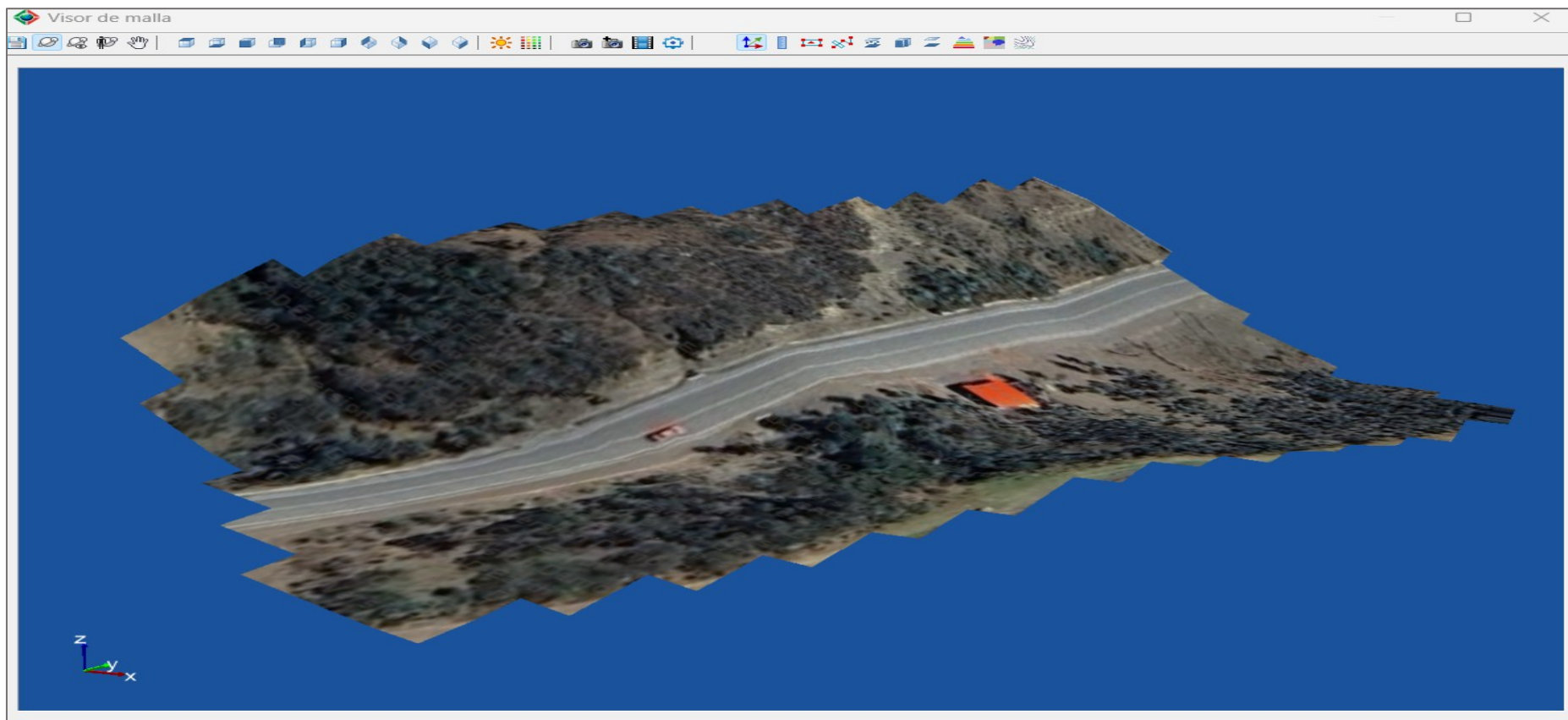
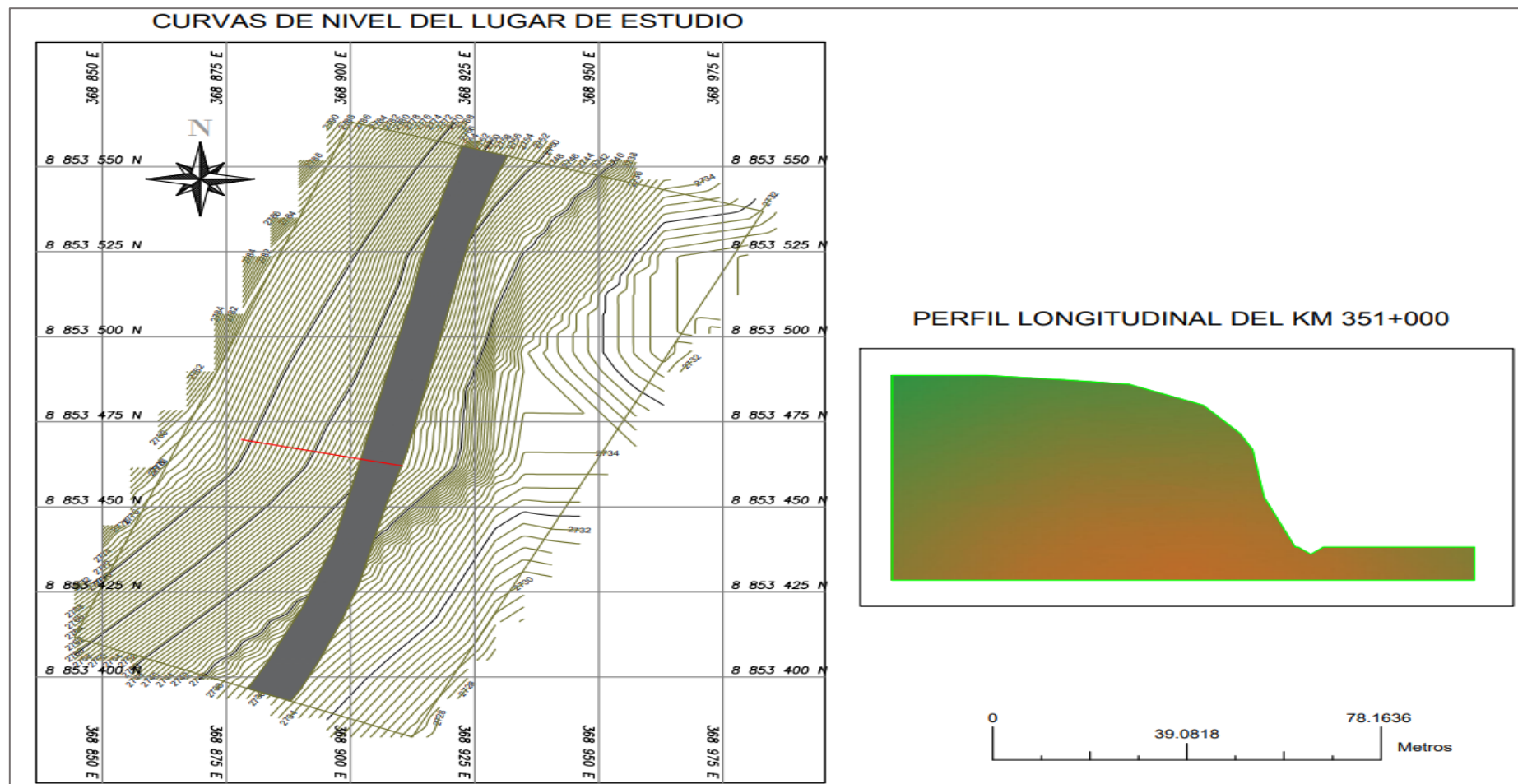


Figura 56

Curva de nivel y el perfil longitudinal de la ladera en estudio



ANEXO 9

ÍNDICES SIN LA INFLUENCIA DEL SISTEMA DE PASTOS VETIVER EN EL SOFTWARE SLIDE

Figura 57

Detalles del cálculo del nivel de estabilidad mediante Fellenius en estado estática sin influencia de los pastos Vetiver

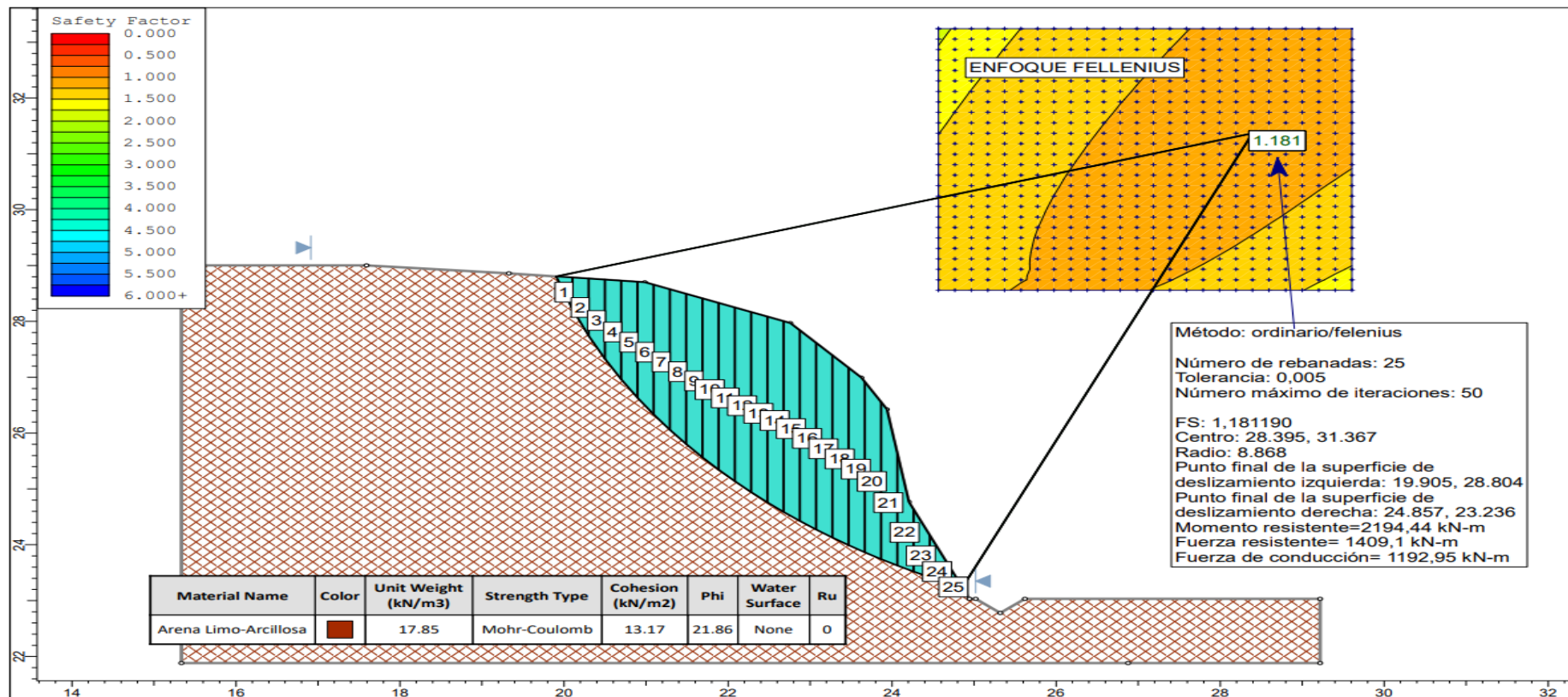


Figura 58

Detalles del cálculo del nivel de estabilidad mediante Bishop simplificado en estado estática sin influencia de los pastos Vetiver

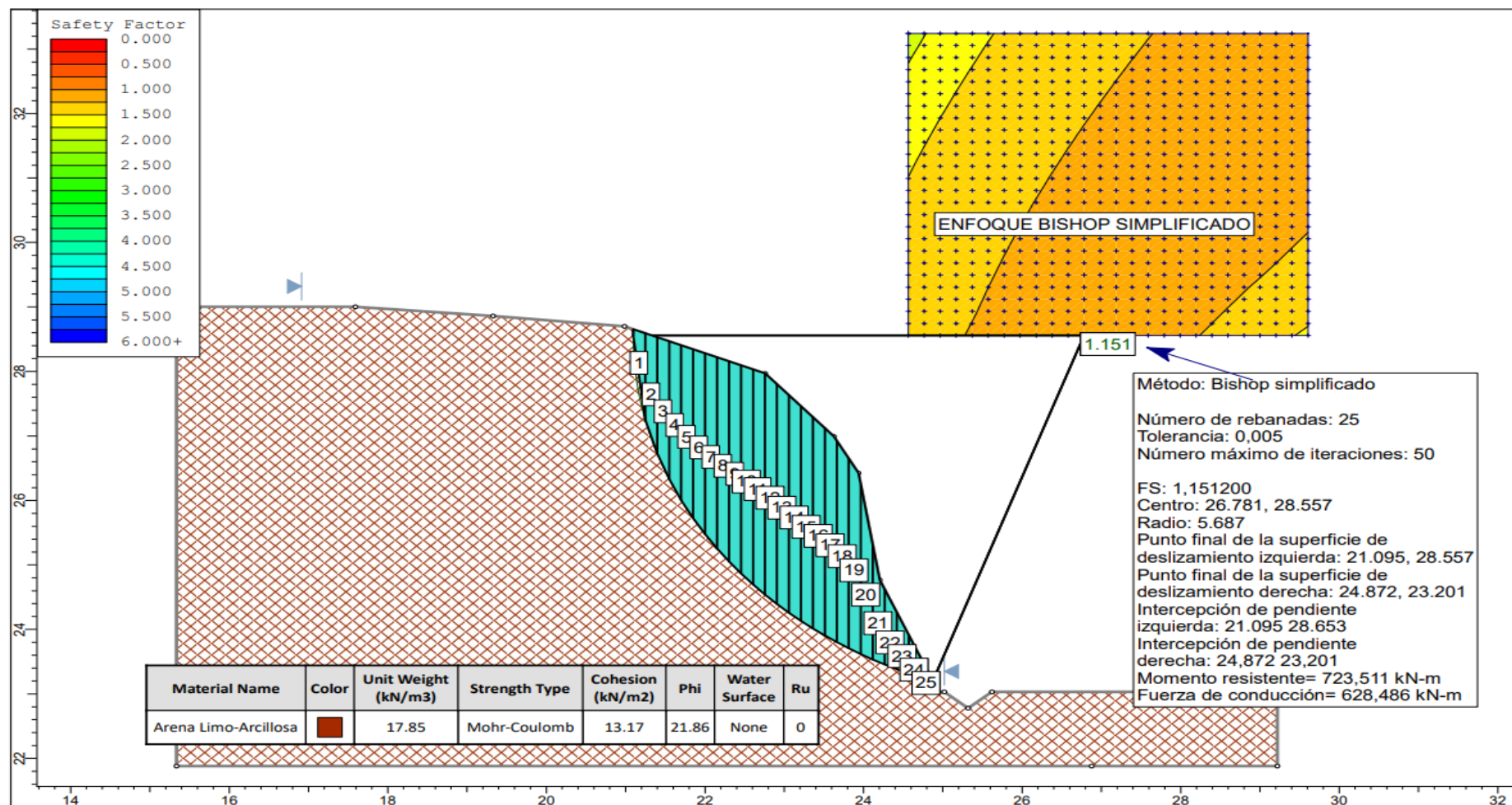


Figura 59

Detalles del cálculo del nivel de estabilidad mediante Janbu en condición estado sin influencia de los pastos Vetiver

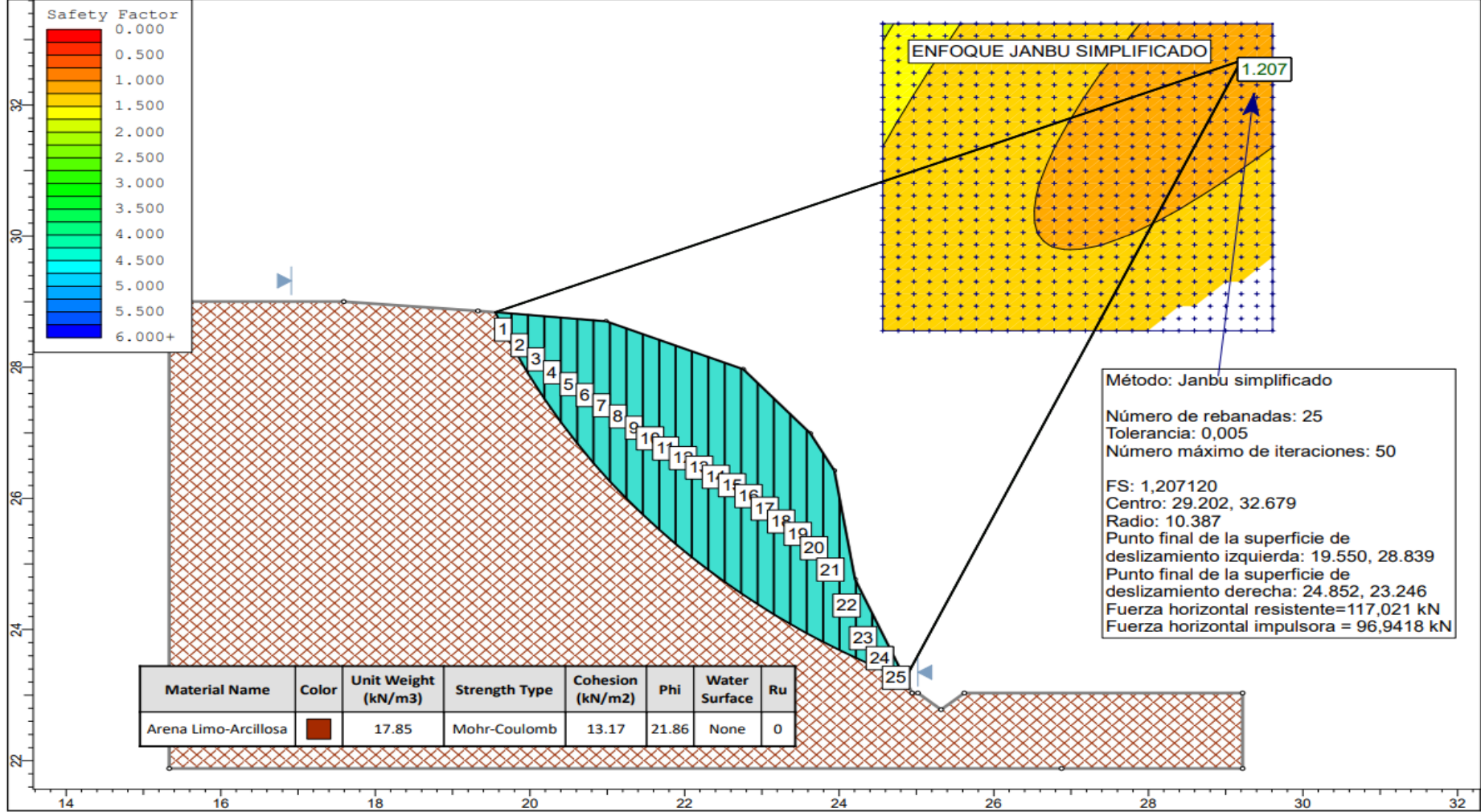


Figura 60

Detalles del cálculo del nivel de estabilidad mediante Spencer en estado estática sin influencia de los pastos Vetiver

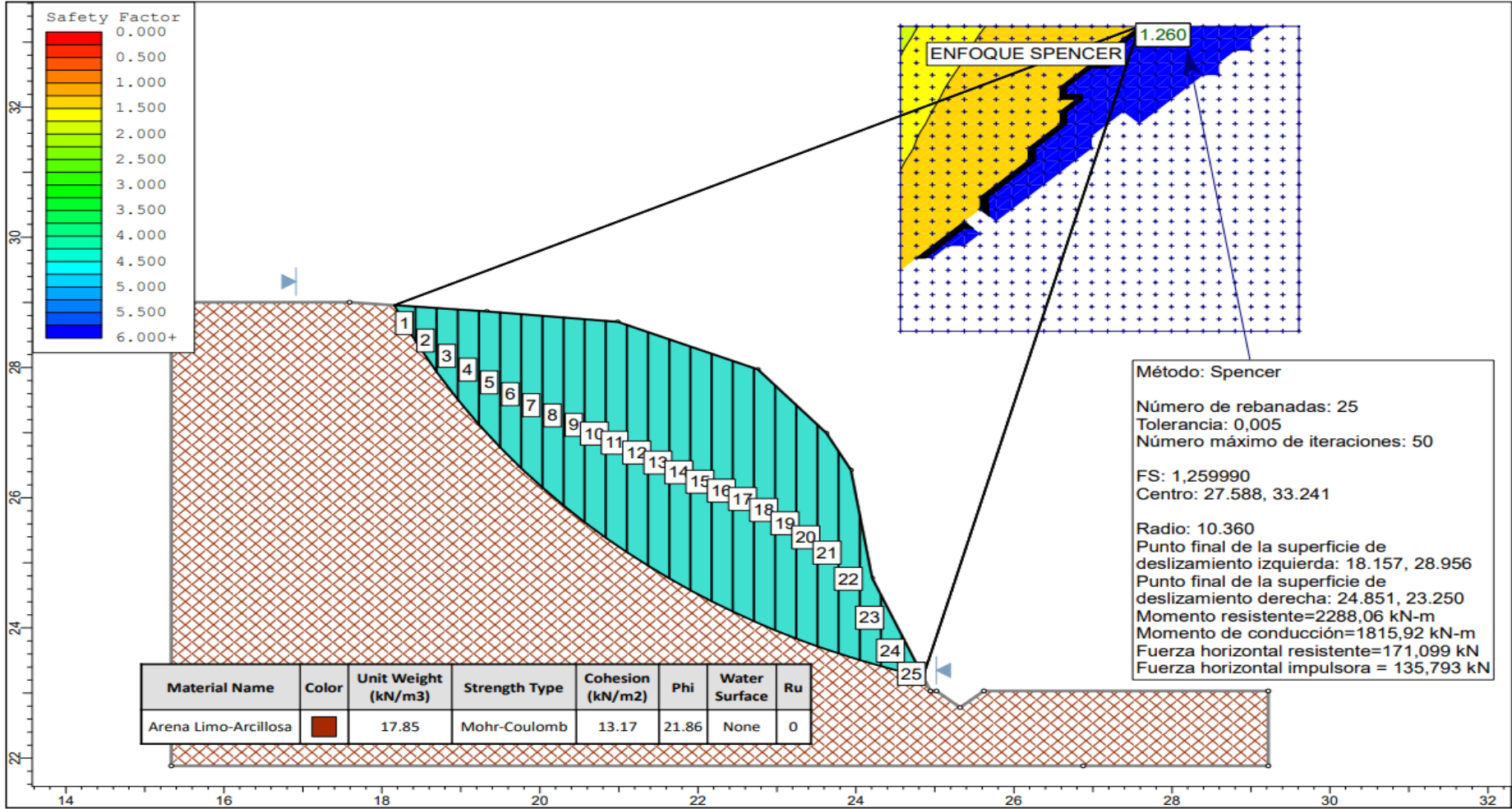
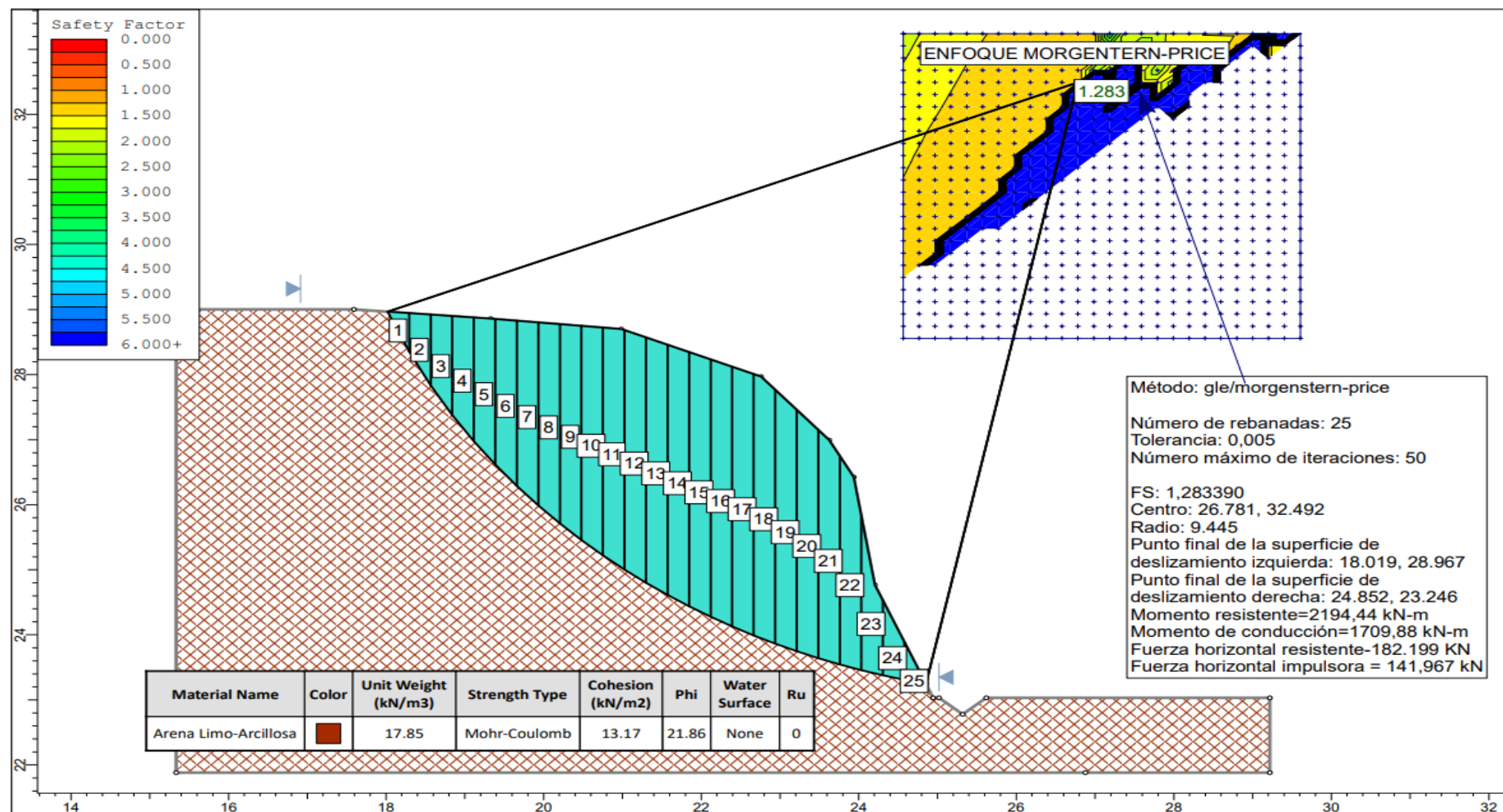


Figura 61

Detalles del cálculo del nivel de estabilidad mediante Morgenstern-Price en estado estática sin influencia de los pastos Vetiver



ANEXO 10

ÍNDICES CON LA INFLUENCIA DEL SISTEMA DE PASTOS VETIVER EN EL SOFTWARE SLIDE

Figura 62

Detalles del cálculo del nivel de estabilidad mediante Fellenius en estado estática con influencia de los pastos Vetiver

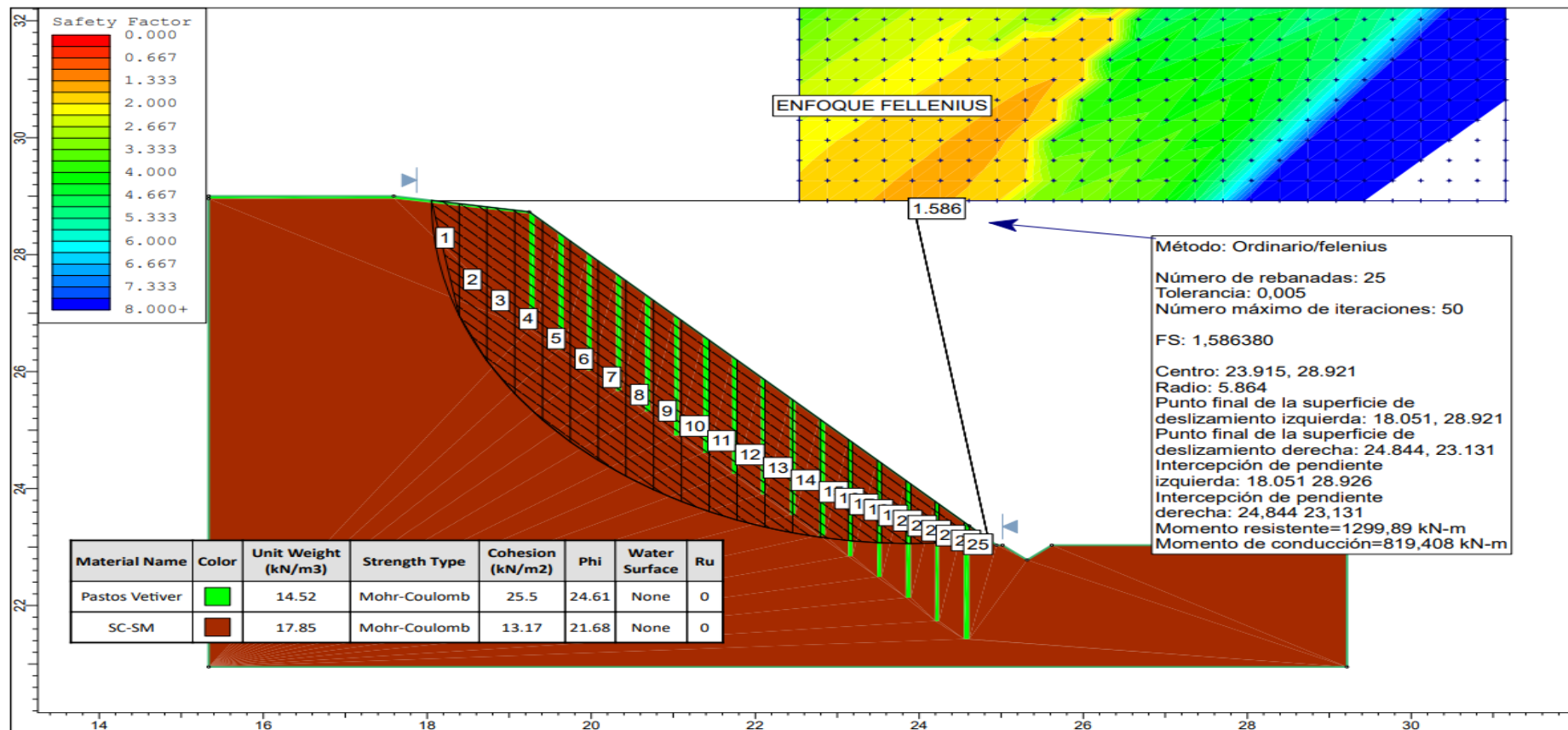


Figura 63
 Detalles del cálculo del nivel de estabilidad mediante Bishop simplificado en estado estática con influencia de los pastos Vetiver

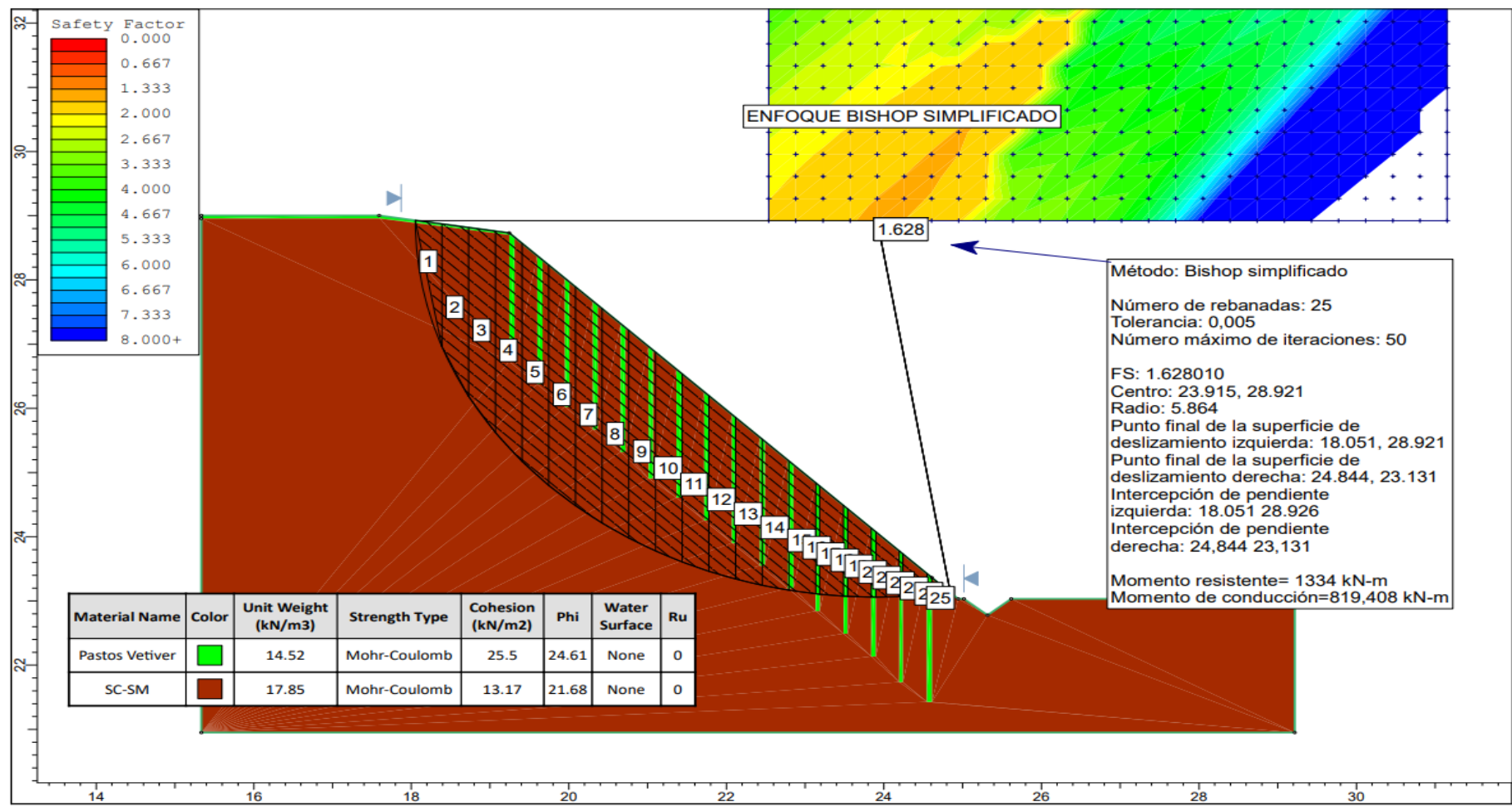


Figura 64
Detalles del cálculo del nivel de estabilidad mediante Janbu en estado estática con influencia de los pastos Vetiver

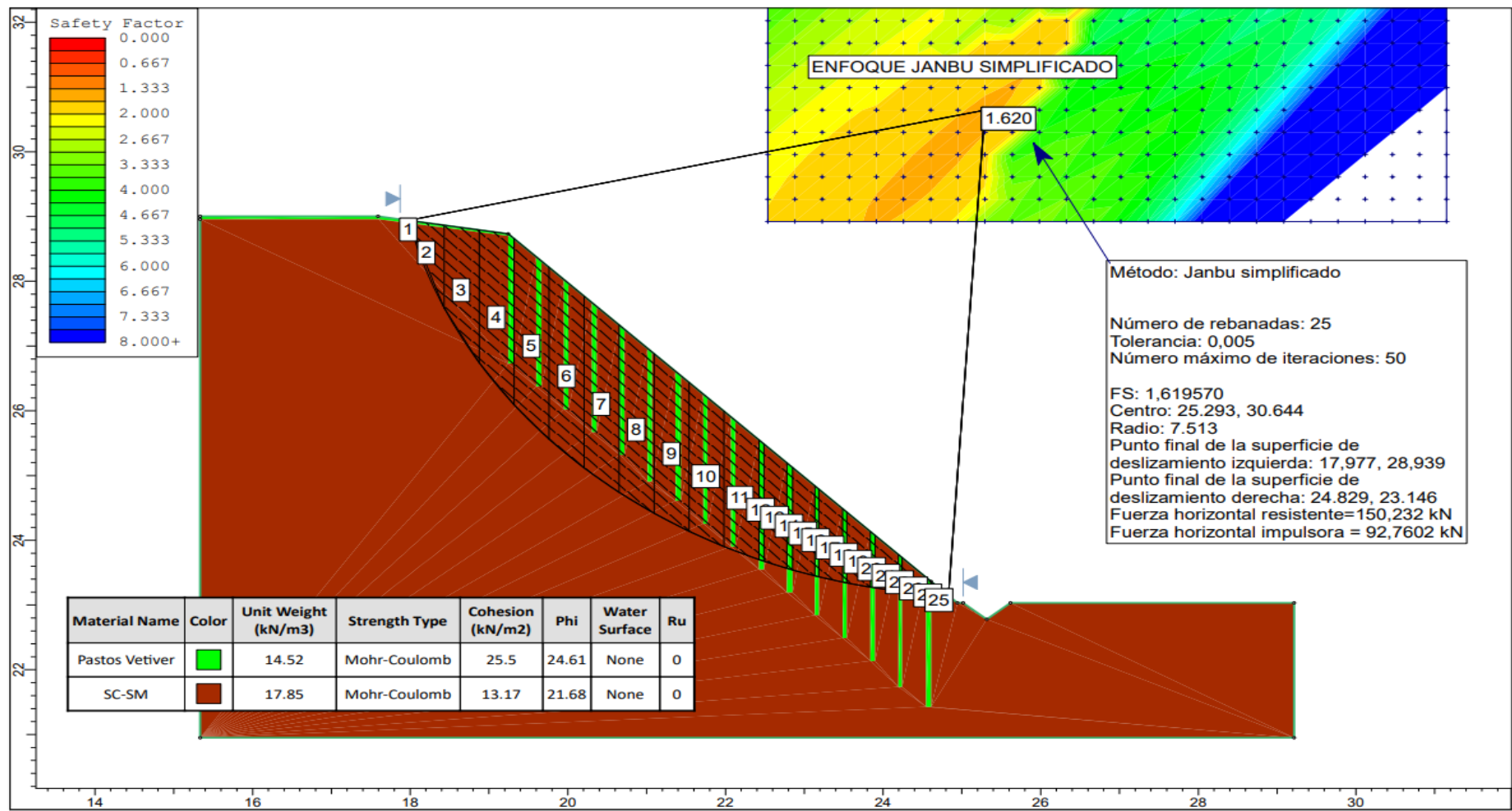


Figura 65

Detalles del cálculo del nivel de estabilidad mediante Spencer en estado estática con influencia de los pastos Vetiver

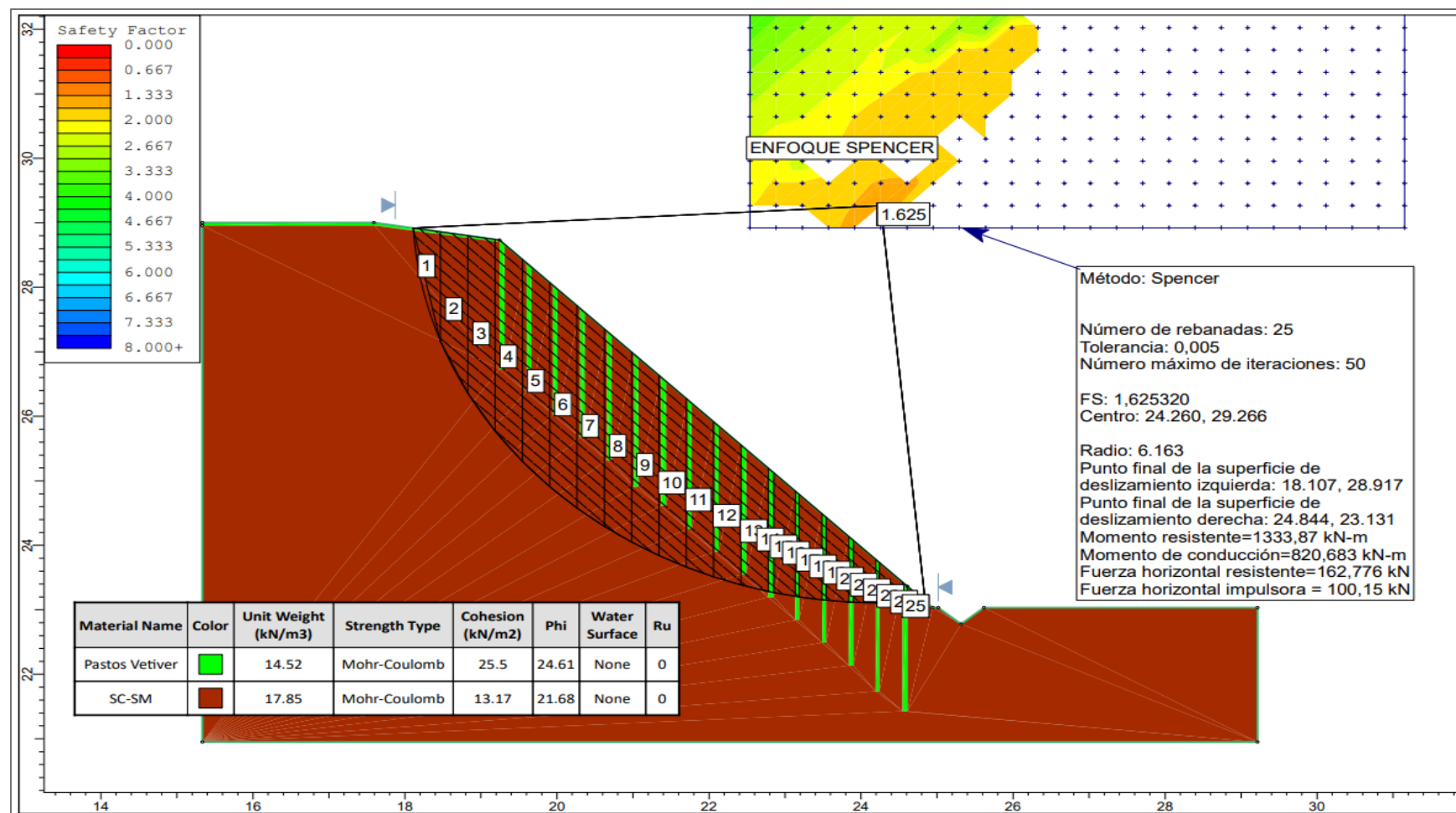


Figura 66

Detalles del cálculo del nivel de estabilidad mediante Morgenstern-Price en estado estática sin influencia de los pastos Vetiver

