

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Análisis de la reptación de una masa de tierra de un talud

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

AUTOR

Andy Delgado Delgado

ASESOR

Lucas Ludeña Gutierrez

<https://orcid.org/0000-0001-7903-3646>

Chiclayo, 2024

Análisis de la reptación de una masa de tierra de un talud

PRESENTADA POR

Andy Delgado Delgado

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Segundo Guillermo Carranza Cieza

PRESIDENTE

Cesar Eduardo Cachay Lazo

SECRETARIO

Lucas Ludeña Gutierrez

VOCAL

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado a mi esposa, a mis seres queridos y a las personas que de alguna manera apoyaron para la realización de este proyecto.

Agradecimiento

Me gustaría expresar mi más profundo agradecimiento a todos aquellos que han contribuido a la realización de esta tesis. A mi asesor de tesis, por su guía invaluable, su paciencia y su apoyo inquebrantable a lo largo de todo el proceso de investigación. A mis profesores y compañeros de clase, por sus valiosas sugerencias. Y finalmente, a mi familia, por su amor incondicional y su aliento en los momentos difíciles. Este logro no habría sido posible sin todos ustedes.

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%	15%	7%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	www.scielo.cl Fuente de Internet	1%
4	vsip.info Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1%
7	"Análisis Comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales", 'SciELO Agencia Nacional de Investigacion y Desarrollo (ANID)' Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	<1%

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	11
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	16
2.1	ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	16
2.1.1	A Nivel Local.....	16
2.1.2	A Nivel Nacional.....	17
2.1.3	A Nivel Internacional.....	19
2.2	BASES TEÓRICAS CIENTÍFICAS.....	22
2.2.1	Normas e Instituciones.....	22
2.2.1.1	Norma CE.020 (Suelos y Taludes).....	22
2.2.1.2	Instituto Nacional de Defensa Civil.....	22
2.1.2	Definición de Términos Básicos	22
2.1.2.1	Talud.....	22
2.1.2.2	Reptación	23
2.1.2.3	Análisis de la seguridad	23
2.1.2.4	Factor de seguridad	23
2.1.2.5	Plano de falla.....	23
2.1.2.6	Socavación	23
2.1.2.7	Nivel freático.....	24
2.1.2.8	Fallamiento	24
2.1.2.9	Desprendimientos.....	24
2.1.3.0	Vuelcos	24
2.1.3.1	Deslizamientos	24
2.1.3.2	Flujos	24
2.1.3.3	Empuje Activo	25
2.1.3.4	Empuje Pasivo.....	25
2.1.3.5	Empuje de Reposo	25
2.1.3.6	Geodinámica Externa.....	25
2.1.3.7	Mecanismos de falla	25
2.1.3.8	Factores Detonantes.....	25
2.1.3.9	Métodos de análisis de estabilidad de taludes	26
2.3	MODELAMIENTO DEL PROBLEMA GEOTÉCNICO DE ESTABILIDAD DE TALUDES PARA SUELOS FINOS	34
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	39
3.1	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	39
3.2	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	39
3.3	POBLACIÓN, MUESTRA	39
3.4	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	40
3.5	TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	40
3.6	PROCEDIMIENTOS	41
3.6.1	Estudio Topográfico	41
3.6.2	Estudio de Prospección Geofísica	41
3.6.2.1	Método de Prospección Geofísica.....	41
3.6.2.2	Resistividades Eléctricas de algunos medios.....	42
3.6.2.3	Análisis de resultado – valoración cuantitativa.....	44
3.6.2.4	Análisis de resultado – valoración cualitativa	45
3.6.2.5	Clave de lectura	46

3.6.3 Estudio de Mecánica de Suelos	46
3.6.3.1 Reconocimiento en Campo y Recolección de Muestras	46
3.6.3.2 Ensayos de Mecánica De Suelos.....	46
3.6.4 Procedimiento en el Geo5	47
3.7 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	48
3.8 MATRIZ DE CONSISTENCIA	49
3.9 CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	49
IV. RESULTADOS.....	50
4.1 ESTUDIO GEOFÍSICO.....	50
4.2 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS	54
4.2.1 Resultados de ensayos de laboratorio	54
4.3 RESULTADO DEL MODELAMIENTO DE LAS DISTINTAS SECCIONES (A-A; B-B; C-C).....	56
4.3.1 Resultados de la estabilidad del talud sección A-A	56
4.3.2 Resultados de la estabilidad del talud sección B-B	61
4.3.3 Resultados de la estabilidad del talud sección C-C	66
V. DISCUSIÓN.....	71
VI. CONCLUSIONES	73
VII. RECOMENDACIONES	74
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	75
IX. ANEXOS	78
9.1 IMÁGENES Y FOTOGRAFÍAS.....	78
9.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	86
9.3 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS	91
9.4 ESTUDIO DE PROSPECCIÓN GEOFÍSICA.....	154
9.4.1 Prospección geofísica mediante tomografía geoelectrica	154
9.5 CONDICIONES DE ANÁLISIS EN EL SOFTWARE GEO5	182
9.5.1 Condiciones de análisis sección A-A.....	182
9.5.2 Condiciones de análisis sección B-B.....	191
9.5.3 Condiciones de análisis sección C-C.....	200
9.6 VALORACIÓN DE CARGAS ESTÁTICAS.....	209
9.6 PLANOS	216

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Ubicación de zona de estudio</i>	13
<i>Figura 2: Conjunto de viviendas destruidas</i>	14
<i>Figura 3: Conjunto de viviendas destruidas</i>	14
<i>Figura 4: Conjunto de viviendas destruidas por el deslizamiento</i>	15
<i>Figura 5: Factor de corrección que depende del grado de curvatura de la superficie de rotura. [23]</i>	28
<i>Figura 6: Diagrama mediante Fellenius para el análisis de estabilidad de laderas. [23]</i>	29
<i>Figura 7: Diagrama según la metodología de Fellenius con las fuerzas que actúan en la n^{ma} dovela. (Elaboración Propia)</i>	30
<i>Figura 8: Análisis de Estabilidad de Taludes por el Método de Bishop. (a) Esquema de las fuerzas que actúan en la n^{ma} dovela. (b) Diagrama de fuerzas en equilibrio de la n^{ma} dovela. (Elaboración Propia)</i>	32
<i>Figura 9: Características del talud de estudio</i>	35
<i>Figura 10: Características de campo de talud similar</i>	37
<i>Figura 11: Suelos arcillosos en talud</i>	38
<i>Figura 12: Sección geológica</i>	44
<i>Figura 13: Tomografía geolétrica en la sección A-A</i>	51
<i>Figura 14: Tomografía geolétrica en la sección B-B</i>	52
<i>Figura 15: Tomografía geolétrica en la sección C-C</i>	53
<i>Figura 16: Factor de seguridad (sección A-A) obtenido de la combinación 1, mediante el método de Bishop</i>	57
<i>Figura 17: Factor de seguridad (sección A-A) obtenido de la combinación 2, mediante el método de Bishop</i>	57
<i>Figura 18: Factor de seguridad (sección A-A) obtenido de la combinación 3 con nivel freático a 2 metros de profundidad, mediante el método de Bishop</i>	58
<i>Figura 19: Factor de seguridad (sección A-A) obtenido de la combinación 4 con nivel freático a 2 metros de profundidad, mediante el método de Bishop</i>	58
<i>Figura 20: Factor de seguridad (sección B-B) obtenido de la combinación 1, mediante el método de Bishop</i>	62
<i>Figura 21: Factor de seguridad (sección B-B) obtenido de la combinación 2, mediante el método de Bishop</i>	62
<i>Figura 22: Factor de seguridad (sección B-B) obtenido de la combinación 3 con nivel freático a 2 metros de profundidad, mediante el método de Bishop</i>	63
<i>Figura 23: Factor de seguridad (sección B-B) obtenido de la combinación 4 con nivel freático a 2 metros de profundidad, mediante el método de Bishop</i>	63
<i>Figura 24: Factor de seguridad (sección C-C) obtenido de la combinación 1, mediante el método de Bishop</i> ...	67
<i>Figura 25: Factor de seguridad (sección C-C) obtenido de la combinación 2, mediante el método de Bishop</i> ...	67
<i>Figura 26: Factor de seguridad (sección C-C) obtenido de la combinación 3 con nivel freático a 2 metros de profundidad, mediante el método de Bishop</i>	68
<i>Figura 27: Factor de seguridad (sección C-C) obtenido de la combinación 4 con nivel freático a 2 metros de profundidad, mediante el método de Bishop</i>	68
<i>Figura 28: Disposición de las cargas (Ubicación de las viviendas en zona de estudio)</i>	72

LISTA DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1: Análisis horizontal de estabilidad del talud según Bishop, para distintos casos en la sección A-A ...</i>	60
<i>Gráfico 2: Análisis horizontal de estabilidad del talud según Fellenius, para distintos casos en la sección A-A</i>	60
<i>Gráfico 3: Análisis horizontal de estabilidad del talud según Bishop, para distintos casos en la sección B-B ...</i>	65
<i>Gráfico 4: Análisis horizontal de estabilidad del talud según Fellenius, para distintos casos en la sección B-B</i>	65
<i>Gráfico 5: Análisis horizontal de estabilidad del talud según Bishop, para distintos casos en la sección C-C...</i>	70
<i>Gráfico 6: Análisis horizontal de estabilidad del talud según Fellenius, para distintos casos en la sección C-C</i>	70
<i>Gráfico 7: Clasificación de suelo C1-M1</i>	91
<i>Gráfico 8: Clasificación de suelo C1-M2</i>	91
<i>Gráfico 9: Clasificación de suelo C2-M1</i>	92
<i>Gráfico 10: Clasificación de suelo C2-M2</i>	92
<i>Gráfico 11: Clasificación de suelo C2-M3</i>	93
<i>Gráfico 12: Clasificación de suelo C3-M1</i>	93
<i>Gráfico 13: Clasificación de suelo C3-M2</i>	94
<i>Gráfico 14: Clasificación de suelo C3-M3</i>	94
<i>Gráfico 15: Clasificación de suelo C4-M1</i>	95
<i>Gráfico 16: Clasificación de suelo C4-M2</i>	95
<i>Gráfico 17: Clasificación de suelo C4-M3</i>	96

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1: Operacionalización de variables.....</i>	40
<i>Tabla 2: Resistividades de aguas y rocas</i>	43
<i>Tabla 3:Matriz de consistencia</i>	49
<i>Tabla 4: Resultados de laboratorio de muestras alteradas de suelo</i>	54
<i>Tabla 5: Resultados de laboratorio de muestras inalteradas de suelo</i>	54
<i>Tabla 6: Resultados de la interacción entre la mecánica de suelos y las tomografías geoelectricas</i>	55
<i>Tabla 7:Análisis de estabilidad del talud para distintos casos y análisis vertical en las combinaciones 3 y 4, en la sección A-A</i>	56
<i>Tabla 8: Análisis de estabilidad del talud para distintos casos y análisis vertical en las combinaciones 3 y 4, en la sección B-B</i>	61
<i>Tabla 9: Análisis de estabilidad del talud para distintos casos y análisis vertical en las combinaciones 3 y 4, en la sección C-C.....</i>	66

RESUMEN

La presente investigación se enfoca en analizar la estructura de un talud ubicado en el distrito de Súcota en Cajamarca, el cual produce movimiento en una masa de tierra de un talud. El análisis de estabilidad se efectuó mediante un modelamiento geotécnico en condiciones estáticas y pseudoestáticas con niveles freáticos variables para asemejar la condición de fuertes precipitaciones que afectan periódicamente a esta zona. Dentro de las etapas de la investigación comenzando por los ensayos de campo y continuando por ensayos de laboratorio, se pudo conocer que en la zona predominan las arcillas. De la interpretación de los resultados de estos ensayos se realizó el modelo geotécnico en el software Geo5. Los escenarios considerados para el análisis de estabilidad fueron en condiciones de carga estática y pseudoestáticas sin nivel freático y con nivel freático a diferentes profundidades. El análisis de estabilidad pseudoestáticas con nivel freático alto, es en el que se ha obtenido menores valores de factor de seguridad.

Palabras clave: nivel freático, factor de seguridad, estabilidad de taludes.

ABSTRACT

The research focuses on analyzing the structure of a slope, which produces movement in a mass of land on a slope. Stability analysis was carried out using geotechnical modelling under static and pseudostatic conditions with varying water tables to resemble the condition of heavy rainfall that periodically affect this area. Field and laboratory results found the area is clayey. Modeling of the test results was performed on Geo5 software. Analysis conditions were static and pseudostatic without water table and water table at different depths. From the pseudostatic analysis with high phreatic level low safety factor values were obtained.

Keywords: water table, safety factor, slope stability.

I. INTRODUCCIÓN

Garantizar la estabilidad de taludes es importante porque ayuda a prevenir la pérdida de patrimonio y de vidas humanas, una forma de conocer el grado de estabilidad de un talud es conociendo su factor de seguridad. El factor de seguridad es de vital importancia en la ingeniería civil y la construcción, porque este valor representa la relación entre las fuerzas que pueden causar un deslizamiento en un talud, como el peso del suelo y la presión del agua, y las fuerzas que lo resisten, como la fricción y la cohesión del suelo. Un factor de seguridad adecuado garantiza que la estructura o el terreno sean seguros y estables, evitando deslizamientos peligrosos que podrían poner en riesgo vidas humanas y propiedades. Además, un cálculo preciso del factor de seguridad es esencial para la toma de decisiones en la planificación y el diseño de proyectos de construcción, lo que ayuda a prevenir costosos problemas de estabilidad a largo plazo.

Por otro lado, para cuantificar el estado cercano a la ruptura de una ladera o talud sometido a condicionantes actuantes, se utilizan una serie de procedimientos para analizar la estabilidad de taludes. [1]

Un elemento de referencia para evaluar la estabilidad de una ladera o un talud es el factor de seguridad. Este factor se puede interpretar como resultado de la correlación de la resistencia al corte real, calculada en función de la pendiente del material y las tensiones de corte críticas que intentan provocar la falla a lo largo de una supuesta superficie de falla. Su valor permite determinar la ocurrencia de que el talud falle en los peores escenarios de comportamiento posibles para los que fue diseñado. [1]

En la normativa CE 0.20 (ESTABILIZACIÓN DE SUELOS Y TALUDES), al realizar la evaluación de estabilidad de una ladera, el Ingeniero responsable debe considerar las siguientes condiciones: en primer lugar, identificar el comportamiento geodinámico del área, la mecánica de suelos, el flujo de agua, la geometría del talud y finalmente la topografía del entorno. Siendo responsabilidad del mismo encargado evaluar el talud para solicitaciones estáticas y dinámicas; siendo 1.5 y 1.25 las solicitaciones mínimas de factores de seguridad. De no cumplir con estos valores de seguridad mínimos, el ingeniero encargado debe optar por una metodología de estabilización o una combinación de ellos que garantice el cumplimiento de la estabilidad del talud. [2]

Dentro de los distintos métodos existentes de simulación para calcular el factor de seguridad de un talud existe el Método de Equilibrio Limite y el Método de los Elementos Finitos. En esta investigación se empleará ayuda computacional: software Geo5 el cual emplea se basa en métodos analíticos tradicionales y en el método de elementos finitos. Para el modelamiento en este programa, el procedimiento seguido fue el siguiente:

- Definir el número de estratos que lo componen.
- Realizar el perfil geotécnico de cada estrato, definiendo las zonas superiores e inferiores del mismo mediante segmentos de recta, cuyos extremos son puntos de coordenadas (x, y), obtenidos a partir de la toma de datos geotécnicos y referidos a un sistema cartesiano regular.
- Introducir las propiedades físicas y parámetros del criterio de ruptura de Mohr-Coulomb: ángulo de fricción interna y cohesión.
- Aplicar en programa la carga permanente, que es la carga de las viviendas de uno y dos pisos para cada caso, indicando el principio y el final mediante coordenadas (x, y) el principio y final de la misma, así como su magnitud.

Por otro lado, comprender la historia de deslizamientos de tierra en un área de interés puede ayudar en la detección y evaluación de posibles deslizamientos futuros. En general, las áreas donde estos eventos ya han ocurrido tienen más probabilidades de repetirse. [3]

La ubicación de la zona de estudio se encuentra en el distrito de Sókota, provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca, en las coordenadas Este: 754366.61m y Norte 9301390.38, Zona 17M.



Figura 1: Ubicación de zona de estudio

Fuente: Google Earth

La zona de estudio se caracteriza por presentar un clima que varía entre 18 y 22 °C, la temporada de lluvias ocurre desde diciembre a marzo, asimismo esta área presenta vegetación la misma que se encuentra rodeada por viviendas. Este sector presenta un deslizamiento de suelo. Las referencias de estudios anteriores “Estudio de Seguridad Física Súcota” (A) y “Informe Geológico - Geodinámico del distrito de Súcota, Provincia de Cutervo, región Cajamarca” (B), indican que en esta zona se realizaron estudios los cuales indican la presencia de suelos finos, además las fotografías 1, 2 y 3 muestran evidencias de deslizamientos en la zona de estudio y áreas cercanas a la misma.



Figura 2: Conjunto de viviendas destruidas
Fuente: Propia, 2023.



Figura 3: Conjunto de viviendas destruidas
Fuente: [6]



Figura 4: Conjunto de viviendas destruidas por el deslizamiento
Fuente: Propia, 2023.

El objetivo general que busca esta investigación es analizar la reptación de la masa de tierra de un talud en la villa de Sókota, donde existe una masa de tierra que temporalmente se desliza, la misma que tiene un área aproximada de 5 000m². Asimismo, dentro de los objetivos específicos que persigue la investigación, se encuentran los siguientes:

- Realizar ensayos de campo y laboratorio para estimar las propiedades físicas y mecánicas del suelo.
- Realizar un modelamiento geotécnico del talud con ayuda del software Geo5.
- Realizar el análisis de estabilidad del talud en condiciones estáticas de carga con niveles freáticos variables.
- Realizar el análisis de estabilidad del talud en condiciones pseudoestáticas de carga con niveles freáticos variables.
- Analizar los factores de seguridad obtenidos y las superficies de falla.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes del problema

En esta investigación se citan estudios realizados hasta la fecha en relación al tema de investigación a escala local, nacional e internacional. Se realizó una consulta y revisión bibliográfica, en los párrafos siguientes se presenta el correspondiente resumen de conceptos.

2.1.1 A Nivel Local

Cáceres. 2006. [4]

Según el informe de Cáceres, Sócota se funda sobre la roca basamento constituida por rocas sedimentarias de areniscas, calizas y cuarcitas. Los sedimentos acumulados sobre la roca basamento, conformados por conglomerado de pie de monte, están constituidas por arcillas CH de alta plasticidad, producto de la denudación e interperismo de la roca base por los factores atmosféricos reinantes.

Por inspección en campo, en este estudio se realizaron calicatas, la inspección por medios destructivos (calicatas), considerando la calicata 01 de este estudio, la cual esta cercana a la calle Carlos Fisher (calicata excavada en el patio de una vivienda) podemos decir que de 0.00m a -0.70m existe suelo arcilloso arenoso con alto contenido orgánico; de -0.70m a -1.50m existe suelo arcilloso arenoso de color pardo amarillo, que contiene bloques de rocas angulosas de 0.40m de diámetro, también existe a esa profundidad veneros de agua por debajo de los bloques de cuarcitas; de -1.50m a -2.50m existe arcilla areno gravosa angulosa, saturada de agua de color plomo claro que engloban a bloques de diámetro 0.50m.

La teoría que tiene este autor sobre el deslizamiento es que, el agua subterránea se infiltrada en el suelo saturando el medio físico. Asimismo, esta misma agua cumple la función de un lubricador entre el suelo y la roca basamento lo que da origen a que este repte lentamente sumada a la pendiente del terreno promedio de 20%.

La relación que este estudio tiene con mi investigación es el alcance que nos da respecto a la tipología de suelo en la zona a intervenir. También es importante ya que da un alcance sobre medidas de mitigación que se pueden considerar en dicha zona.

Gómez et al. 2015. [5]

El presente documento tiene por objetivo determinar las causas de las inundaciones y deslizamientos en masa mediante la evaluación geología-geodinámica de la zona en mención,

en el cual se reconocen y cartografían los eventos geodinámicos que afectan la seguridad física del poblado y se muestran plasmados en un plano geológico- geodinámico a escala 1: 5000. Así mismo se estima el nivel de peligrosidad a movimientos en masa.

Este estudio partió con la evaluación geodinámica del distrito de Sócota, posteriormente se llevó a cabo la evaluación geológica, identificando el tipo de litología de las rocas aflorantes y el sustrato sobre el cual se asienta el distrito de Sócota.

Lo que se determina en esta investigación es que la apariencia de grietas y el origen del deslizamiento se relaciona directamente con el periodo de lluvias de la zona, por lo cual se infiere que el suelo ha estado saturado.

2.1.2 A Nivel Nacional

Tarazona. 2017. [6]

En este estudio se propone obtener los datos cuantitativos del factor que causa inestabilidad en los taludes gobernados por arcillas mediante un modelo matemático basado en regresión lineal múltiple, que finalmente determina el desplazamiento de taludes. El área de estudio o muestra correspondió al tramo de la vía de acceso 840 km al 980 km en el conjunto de viviendas El Pinar – Huaraz – Ancash, la información fue recopilada entre enero y diciembre de 2015, resultando 47 datos, de los cuales 15 datos finales correspondieron a la fase de prueba o validación en el grupo de control establecido.

Álvarez et al. 2018. [7]

Esta investigación revela un movimiento de masas en San Jerónimo, Cusco, que provocó el derrumbe de cuatro casas y la invalidez grave de otras 12. El objetivo de este trabajo es realizar una evaluación de riesgo de los deslizamientos señalados tomando en consideración criterios estipulados en el Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por fenómenos naturales.

Como resultado del análisis se ha identificado un riesgo alto y muy alto con un índice de peligrosidad alto y muy alto, una susceptibilidad alta y muy alta y un nivel de prioridad de intervención III (riesgo aceptable), por ello se sugiere aplicar medidas de control del mismo.

En la investigación se aplicó distintos métodos dentro de los cuales encontramos revisión documental, observación y entrevistas, utilizando instrumentos apropiados (guías de observación, cuestionarios, hojas de resumen, etc. Diseñados según los estándares de la industria) que requerían análisis y permitían la recolección de datos para evaluación. Se aplicó

el método formulado por CENEPRED en los Lineamientos para EVRAR (versión 2) para determinar exposición, vulnerabilidad, riesgo y control de riesgo.

Chiroque et al. 2020. [8]

En el presente documento se identificó, caracterizó y tipificó las amenazas geológicas por desplazamiento masivo dentro del ámbito metropolitano de Jililí y las zonas de El Limón y Bella Vista, procesos geodinámicos que podrían poner en riesgo la integridad física de la del poblado, residencias, instalaciones físicas y carreteras, también intenta reconocer los elementos que gobiernan y desencadenan los cuales inciden en el surgimiento de desplazamientos en masas. Finalmente, hacen recomendaciones para reducir los daños causados por los peligros geológicos identificados. Estas recomendaciones incluyen sistemas de protección de taludes, así como sistemas de drenaje como zanjas de corona y drenaje sellado con PVC en pendientes importantes.

Por otro lado, este estudio recomienda no construir infraestructura ni viviendas en áreas que han sido identificadas y demarcadas como nuevos deslizamientos, ya que están clasificadas como áreas de muy alto riesgo de desplazamiento a gran escala.

Solís et al. 2021. [9]

El estudio presenta los problemas que ocurren actualmente en la Carretera Central por efecto del movimiento de masas a causa de las fuertes lluvias. Por lo tanto, busca averiguar el grado de peligro para prescribir protocolos preventivos a través de planes y así reducir el riesgo. Se utilizó un enfoque deductivo, orientado a la aplicación y cualitativo con el nivel de investigación descriptivo empleando un diseño transversal, observacional y retrospectivo, en el proceso se detalla un método de evaluación multicriterio utilizando una matriz de comparación cuadrática por análisis categórico de Saaty. Los parámetros obtenidos como resultado de muchos días de labores de campo y la obtención de información de estudios e informes anteriores, así como la realización de un registro de movimientos en masa. Se obtuvieron resultados los que fueron automatizados en el Sistema de Información Geográfica.

Para determinar el riesgo por vulnerabilidad se utilizó el método descrito en el Manual de Evaluación de Riesgos de Peligros Naturales – CENEPRED. Se encontró que el riesgo de movimiento masivo en el tercer y primer segmento es muy elevado, el cuarto segmento tiene un riesgo alto y el segundo, un riesgo medio. Como resultado del examen y ordenamiento de

la información en la plataforma del Sistema de Información Geográfica, se generaron tres mapas temáticos que presentan los niveles de amenaza, peligro y riesgo.

Apaza et al. 2021. [10]

Los objetivos que siguieron este estudio fueron establecer grado de riesgo que provoca el desplazamiento masivo en la localidad de Secre, zona de Huayopata, lo que permitirá distinguir el efecto de este evento en la población Secre, Yanayaco Chico, Talousi, Pedregal, Región Huayopata, Provincia La Conveniencia en Cusco.

En este estudio, se entiende por amenaza a una manifestación de causa natural, cuya dinámica muchas veces puede superar los umbrales de intensidad, magnitud y ubicación, ocasionando pérdidas humanas y de sus propiedades.

Por otro lado, la vulnerabilidad se cuantifica como la suficiencia de las estructuras humanas para responder a la activación de una amenaza y sus efectos. Se refiere principalmente a la ciudadanía, medida por la cantidad de objetos por unidad de área, ubicados en las áreas de peligro, posteriormente para obtener información geológica que colabore a la gestión de los riesgos locales, para que la aprovechen como estrategia política de prevención, involucrando a las comunidades participantes.

2.1.3 A Nivel Internacional

Mora et al. 2012. [11]

Realizó la evaluación de un modelo basado en determinismo para analizar la estabilidad de los taludes con criterios de entrada difusos empleando el método de vértices, dividiendo los números difusos en conjuntos de intervalos (intersecciones o planos α). Posteriormente, el número borroso de modelos fue reemplazado por intervalos, reduciendo el método a una serie de análisis de intervalos usando solo matemáticas ordinarias.

Se estimó un modelo determinista de estabilidad de taludes con parámetros de entrada difusos utilizando el método de vértices, dividiendo los números difusos en conjuntos de rangos (segmentos o el plano α). Más tarde, el patrón fue reemplazado por rangos, simplificando el procedimiento a una serie de evaluación de rangos usando solo matemáticas tradicionales. La estabilidad de taludes se midió comparando conjuntos difusos que representan el estado de estabilidad con cuatro estados de estabilidad predefinidos utilizando un método de agrupación. En el presente estudio demuestra mediante términos estáticos que ladera de la población

producto de Mansiones es sin duda estable, mientras que en términos pseudoestáticas siendo expresado una aceleración horizontal 20%, nos indica una grave amenaza de falla del talud.

Álvarez et al. 2015. [12]

La presente investigación se realizó en zonas de predominancia de suelos conformados por de la interacción de arcillas, mantos de carbón y areniscas, por lo cual en esta ubicación existen frecuentemente la ocurrencia de procesos de inestabilidad que afectan infraestructura del lugar. Debido a la composición mineralógica y a la variación de humedad las partículas del suelo aumentan su volumen provocando múltiples procesos morfodinámicos lentos que desestabilizan el suelo.

Asimismo, esta investigación toma información de estudios anteriores, como el caso realizado para conocer el desplazamiento y la velocidad con la que se mueve el terreno en estudio, se obtuvo mediante la instalación de inclinómetros sobre los lugares más críticos y cercanos al tramo de estudio. Es que, gracias a ello, la lectura en los inclinómetros sugiere que existe una superficie de ruptura de gran profundidad, generada por un desplazamiento en masa de grandes dimensiones que se desplaza lentamente.

Se encontró que los materiales que componen el suelo son los causantes de la inestabilidad del área intervenida.; por otro lado, el agua es un importante factor ya que este activa las características expansivas de los materiales. Dentro de las advertencias nos indican el nivel de complejidad al actuar por medio de obras de contención únicamente, sino que propone que se debe considerar la gestión de las aguas exteriores y de subsuelos que mitiguen la manifestación de expansión de las arcillolitas.

Aristizábal et al. 2019. [13]

Este documento presenta una evaluación a escala 1:5000 y la zonificación del peligro de desplazamiento de lluvia a gran escala en suelos rurales del valle de Abura. Con base en un inventario multitemporal de deslizamientos de tierra, la metodología aplicada lleva a cabo una evaluación de amenazas usando probabilidades espaciales, temporales y de escala de deslizamientos de tierra. Se utilizaron técnicas de análisis ROC para validar los resultados.

Este estudio presenta un enfoque cuantitativo que combina la magnitud, la probabilidad espacial y temporal para permitir una evaluación integral de la amenaza. El procedimiento estadístico bivariado Peso de la evidencia se utiliza para calcular la posibilidad espacial de ocurrencia. Finalmente, se aplicó la curva magnitud-frecuencia en conformidad con el

catálogo multitemporal para la probabilidad de magnitud. Para la probabilidad temporal se determinaron los umbrales de precipitación desencadenante y precipitación antecedente necesarios para desencadenar un movimiento en masa y su probabilidad temporal diaria.

Los hallazgos indican que el 75% representa una amenaza alta y el 25% representa categoría baja de movimientos en masa.

Benítez. 2019. [14]

Evaluó y analizo los riesgos asociados con el desplazamiento a gran escala y las inundaciones en la región municipal de Bukai. Se analizó la cuenca del río Chimbo inferior en busca de dos tipos de amenazas utilizando el método modificado de Mora y Vahrson para amenazas de deslizamientos de tierra utilizando indicadores morfológicos como pendiente, litología, cobertura terrestre, precipitación y sismo, por otro lado, se determinó el riesgo de inundación mediante una metodología establecida por el Ministerio del Medio Ambiente utilizando parámetros como: índice topográfico de humedad, infiltración, suelo y pendiente. Por otro lado, las zonas de vulnerabilidad para las dos amenazas se determinaron mediante encuestas, cuyos resultados se calcularon tomando un promedio simple para cada vulnerabilidad. Con base en la amenaza y el riesgo, se elaboró un mapa que muestra que la zona noreste del sector de estudio es propensa a deslizamientos, con amenaza media seguido de nivel alto y riesgo muy alto.

Guarín et al. 2017. [15]

El enfoque central de este estudio es descubrir la susceptibilidad, la propensión física y los procedimientos de gestión de amenazas para movimientos de gran escala en la zona de impacto del volcán Concepción. De acuerdo con el tema de investigación, el estudio se dividió en tres: la primera parte fue determinar la sensibilidad a movimientos de gran escala en la esfera de impacto del volcán Concepción; la segunda tarea fue determinar el nivel de susceptibilidad física y de los habitantes que se hallaban en la zona de dominio del mismo volcán ante oscilaciones de gran escala, y finalmente identificar las secuencias de gestión de riesgos y el nivel de vulnerabilidad institucional de las comunidades, en zonas afectadas por el volcán Concepción.

2.2 Bases Teóricas Científicas

Dentro de las bases teóricas científicas se debe considerar, normativas vigentes aplicables, la teoría en estudio y la base técnica para la conformación del proyecto.

2.2.1 Normas e Instituciones

2.2.1.1 Norma CE.020 (Suelos y Taludes)

El propósito de esta normativa es especificar las consideraciones técnicas mínimas para la mejora necesaria en la resistencia del suelo y seguridad de taludes por procedimientos mecánicos, de alteración de la topografía y químicos. El alcance de esta norma es vinculante en todo el país, su empleo es fundamental para cada uno de los análisis de estabilización de suelos y laderas en proyectos de construcción.

Esta norma considera los requisitos mínimos, pero no se limita a la estimación y reducción de amenazas de deslizamientos o taludes y proporciona una perspectiva ecológica centrada en la gestión de riesgos.

2.2.1.2 Instituto Nacional de Defensa Civil

Es un ente del Ministerio de Defensa que agrupa al Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y organismos técnicos con el fin de monitorear, facilitar y coordinar el desarrollo e implementación de la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y procedimientos de rehabilitación e intervención. Asimismo, es el encargado de:

- Responsabilidad de la Red Nacional de Alerta Temprana.
- Es el responsable de brindar asistencia técnica a las autoridades en sus distintos niveles de gobierno, en sus diferentes categorías de emergencia. [16]

2.1.2 Definición de Términos Básicos

2.1.2.1 Talud

2.1.2.1.1 Generalidades

El análisis de la estabilidad de taludes constituye uno de los problemas más complejos dentro de las disciplinas de la mecánica de suelos y rocas. El análisis de parámetros como capas de suelos, filtraciones a través del talud y características de resistencia al corte, pueden ser una tarea difícil. Siendo importante conocer los términos correctos para la identificación y conocer

los fenómenos que causan su movimiento, así como establecer el análisis de estabilidad del talud y proponer método acorde a las características del sitio.

2.1.2.1.2 Definición

Es una estructura de terreno que se encuentra permanente o temporalmente inclinada con respecto a la horizontal. Entre estas estructuras se encuentran las que son artificiales, es decir las que fueron formadas por la interacción del hombre; por otro lado, se encuentran las que se formaron de manera natural a las mismas que se denomina laderas. [17]

2.1.2.1.3 Análisis de estabilidad de taludes

Hace referencia a un procesamiento que cuantifica la correlación entre las fuerzas estabilizadoras u opuestas las cuales operan sobre un talud y las fuerzas desestabilizadoras o movilizadoras. [2]

2.1.2.2 Reptación

Es un movimiento del suelo muy lento o extremadamente lento con una superficie de rotura si definir. La profundidad de este movimiento puede ser desde algunos centímetros, incluso llegando a algunos metros. Normalmente, este tipo de desplazamiento por año es de varios centímetros y afecta a zonas extensas de terreno. [18]

2.1.2.3 Análisis de la seguridad

Para determinar la estabilidad del cuerpo del suelo, es necesario determinar la ratio de seguridad contra el deslizamiento, considerando su esfuerzo para provocar el deslizamiento con el esfuerzo para evitarlo. [17]

2.1.2.4 Factor de seguridad

Hace referencia a la conexión establecida por medio de las fuerzas que ayudan a la estabilizar un área de un terreno y las fuerzas que ocasionan su inestabilidad. [19]

2.1.2.5 Plano de falla

Se refiere al área estimada a través de la cual puede producirse deslizamientos de tierra o una falla de talud; no obstante, esta falla o colapso no ocurrirá en estas superficies si el talud se diseña correctamente. [18]

2.1.2.6 Socavación

Es el descenso o hundimiento del lecho del río debido a los efectos de las altas tasas de erosión, especialmente durante las crecidas e inundaciones. [19]

2.1.2.7 Nivel freático

Se establece como el nivel de agua freática encontrado en el suelo al instante de una prospección, su medición se realiza en relación a un plano de referencia. [19]

2.1.2.8 Fallamiento

Es un proceso de ruptura, una manifestación física en el que los parámetros de deformación y tensión desempeñan un rol muy importante. Para analizar los deslizamientos o determinar los niveles de amenaza y riesgo, es importante comprender los procesos evolutivos que provocan los deslizamientos, la vulnerabilidad, los agentes de degradación y los agentes desencadenantes, así como el propio transcurso de fallamiento. [18]

2.1.2.9 Desprendimientos

Los derrumbes, o deslizamientos de tierra, son movimientos en descenso sin impedimentos de diversos elementos como piedras, escombros o tierra, es causado por el mismo que se desprende de alguna pendiente y luego permite que rebote, ruede, se deslice o se deslice cuesta abajo. [20]

2.1.3.0 Vuelcos

Vuelco o colapso es la rotación de un cumulo de tierra, roca o escombros alrededor de un eje o un eje de rotación condicionado por su centro de gravedad. Su recorrido es encaminado adelante o hacia la parte externa, por lo cual incorpora inclinación o basculamiento, sin embargo, no conlleva que se desplome. [20]

2.1.3.1 Deslizamientos

Se refiere al descenso de una masa de suelo, rocas o escombros que se produce sobre un exterior de falla identificable. A menudo, el primer síntoma de la presencia de este tipo de deslizamiento es la creación de fisuras transversales en el área que ocupa la cornisa principal. [20]

2.1.3.2 Flujos

El flujo es tipo de movimiento de característica continua donde los planos de corte están muy juntos, son transitorios y, por lo tanto, difíciles de visualizar. La velocidad del flujo es semejante a la de un fluido viscoso, por lo que la repartición de la velocidad no es uniforme, lo que lleva a la formación de ondas cuando el movimiento intergranular es dominante. [20]

2.1.3.3 Empuje Activo

Estas son las tensiones creadas por la condición activa cuando es probable que el plano se deforme en la dirección transversal, reduciendo la tensión horizontal al valor mínimo en el que se produce la condición de tensión última. [2]

2.1.3.4 Empuje Pasivo

Estas son las tensiones resultantes de la condición pasiva donde la deformación del suelo en la dirección transversal probablemente haga que la tensión horizontal aumente hasta un valor máximo en el que la condición de tensión alcanza su punto máximo. [2]

2.1.3.5 Empuje de Reposo

Son esfuerzos que resultan de un empuje de tierra en completo

confinamiento lateral que se encuentra en reposo, sin deformación lateral y sólo posible deformación vertical. [2]

2.1.3.6 Geodinámica Externa

También conocida como el conjunto de eventos geológicos de naturaleza dinámica que pueden afectar el suelo. Para la exploración de la mecánica de suelos, la geodinámica externa incluye inundaciones, erupciones volcánicas, deslizamientos, avalanchas, tsunamis y la activación de fallas geológicas. [21]

2.1.3.7 Mecanismos de falla

Es una descripción técnica de cómo el deterioro y los agentes activadores hacen que una pendiente que normalmente es estable se vuelva inestable. Aunque la mayoría de las laderas parecen estáticas y estables, en realidad son sistemas dinámicos que están en evolución. [18]

2.1.3.8 Factores Detonantes

Estos factores son causados por una compleja serie de procesos que recurrentemente se superponen con agentes de deterioro. Los derrumbes se pueden activar de forma inmediata o gradual. En términos generales, el resultado es un aumento en el esfuerzo cortante. Cortar el apoyo en el fondo de un talud, lluvias intensas o prolongadas, movimientos sísmicos o fuertes vibraciones, soporte de cargas en el talud, o alguna combinación de los factores antes mencionados, son algunos de los desencadenantes externos que pueden provocar que se produzca un deslizamiento.

2.1.3.9 Métodos de análisis de estabilidad de taludes

El objetivo del estudio de taludes naturales en cuanto a su estabilidad, es evaluar su seguridad y, de acuerdo a lo obtenido, considerar las dimensiones estabilizadoras o correctoras apropiadas para prevenir actuales movimientos a gran escala.

Su metodología se fundamenta en un enfoque físico-matemático, el cual consiste en la interacción de fuerzas que intentan estabilizar y desestabilizar un talud y establecen su actuar y criterios de estabilidad. Estas estrategias se dividen en dos grupos: técnicas probabilísticas y técnicas determinísticas que incluyen procedimientos de equilibrio límite y tensión-deformación.

Siendo los más utilizados las técnicas de equilibrio límite, que examinan el equilibrio de una masa que podría ser inestable y se sustenta en cotejar las fuerzas que apuntan a moverla con las fuerzas que se oponen a moverla en el transcurso del plano de una fractura dada. Se basan en la elección de un área de discontinuidad teórica en el terraplén; criterio de falla de Mohr-Coulomb; y determinar el límite de seguridad.

Los métodos de dovelas están incluidos en las técnicas de equilibrio límite. Tanto los métodos precisos (teorías rigurosas de Morgenstern-Price, Spencer y Bishop) como los métodos aproximados (Janbú, Fellenius y Bishop simplificado) entran en la categoría de metodología de dovelas. [22]

2.1.3.9.1 Método de Morgenstern-Price

Emplearon tres criterios de equilibrio en secciones diferenciales. para encontrar el factor que garantice la seguridad, en el equilibrio de fuerzas y momentos se determinó mediante un procedimiento iterativo, se supuso que el gradiente de fuerza inter-revanadas era conocido (y variable a lo largo del gradiente). [23]

Morgenstern y Price propusieron donde las fuerzas cortantes mantienen un patrón establecido. Esta metodología es similar a la metodología de Spencer, excepto que se supone que la pendiente de las fuerzas resultantes es diferente entre segmentos de funciones arbitrarias.

Esto se resuelve considerando que los esfuerzos y fuerzas en la superficie están cambiando continuamente, calculando los elementos normal y cortante paralelas a la base de cada sección, y estableciendo un balance de las fuerzas totales (Ecuación 1), tal como lo encontró Spencer. que los momentos de equilibrio global y las fuerzas son iguales a $FS_m = FS_f$. El método se puede aplicar tanto a superficies de fractura no circulares, así como a circulares. [24]

$$X = E\lambda f(x)$$

Ecuación 1

Donde,

X: Fuerzas verticales entre dovelas.

E: Fuerzas horizontales entre dovelas.

λ : Factor de escala.

2.1.3.9.2 Método de Spencer

Desarrolló su método suponiendo que las fuerzas transversales entre dovelas son paralelas e inclinadas en un ángulo Θ con respecto a la horizontal. La evaluación consiste en la estimación de dos valores de seguridad: el primero correspondiente al equilibrio de momentos (FSM) y el segundo correspondiente al equilibrio de fuerzas (FSF); Resolvemos $FSM = FSF$ para un rango de valores en términos de ángulo. Esta relación se establece por medio de un proceso iterativo entre fuerzas normales y fuerzas cortantes.

Suponiendo que la fuerza resultante entre los segmentos varía según cualquier función, el método satisface rigurosamente el equilibrio estático. Cualquier tipo de superficie de ruptura circular o no circular puede estudiarse utilizando el método de Spencer.

2.1.3.9.3 Método de Bishop Riguroso

El método propuesto por Bishop analiza la estabilidad de un talud con superficie de falla del tipo circular, tomando en cuenta el efecto de las fuerzas entre dovelas. Al tratarse de un Método de Dovelas, la masa de suelo deslizante debe ser dividida en η fajas verticales, de manera de estudiar las fuerzas y momentos involucrados en cada una de las rebanadas definidas y determinar así el FS asociado al caso. [23]

2.1.3.9.4 Método de Janbú

Se supone que se conocen la línea de acción de las fuerzas entre las dovelas y los esfuerzos resultantes en la base de cada dovela. El factor de seguridad proviene de la condición de equilibrio global de las fuerzas horizontales, sin embargo, está limitado a cumplir el equilibrio de momentos en cada porción. Fuerza a que se dé el equilibrio de fuerzas horizontales, asimismo, utiliza un factor de corrección para potenciando mejoras en los resultados. [23]

La idea primordial de esta metodología es que las fuerzas entre las secciones actúan solo horizontalmente sin considerar las fuerzas cortantes. En contraste con otros métodos, no es necesario que sea circular la superficie de fractura. Esto se muestra al aplicar el factor de corrección f_0 , que obviamente está condicionado por el grado de curvatura de la superficie de rotura (figura 1).

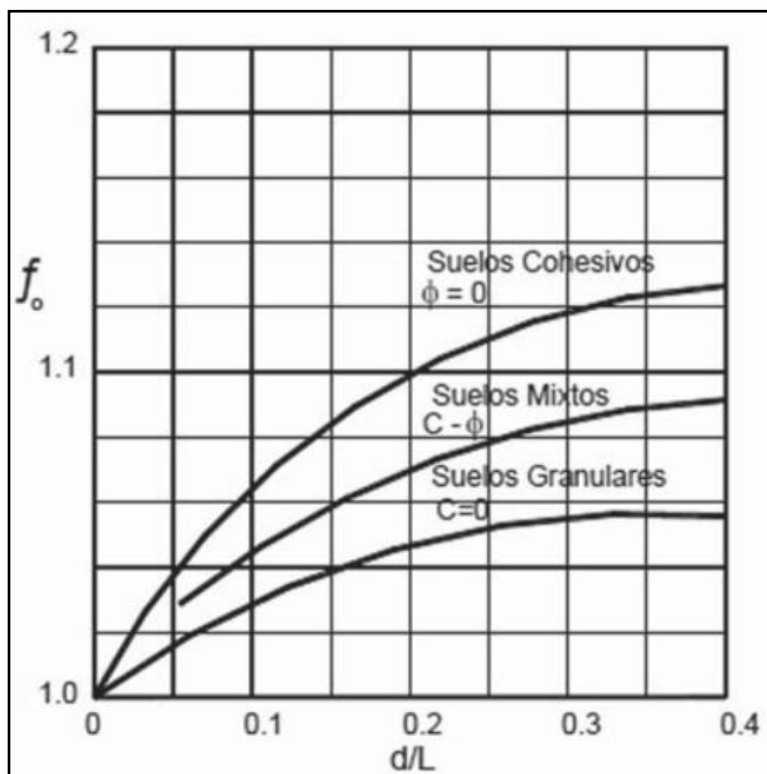


Figura 5: Factor de corrección que depende del grado de curvatura de la superficie de rotura. [23]

Para valorar la conformidad de taludes, Janbú considera un cálculo de FS que tiene en cuenta el equilibrio de esfuerzos (ec.2)

$$FS = \frac{f_0 * \sum \left\{ [c * b + W * \tan(\phi)] * \frac{1}{\cos(\alpha) * m * a} \right\}}{\sum W * \tan(\alpha)}$$

Ecuación 2 [22]

2.1.3.9.5 Fellenius

En la figura 2 se presenta una ladera artificial que presenta una superficie de rotura potencial determinada por el arco AB. El volumen de tierra presente en este plano de fractura se divide en varias rebanadas. La rebanada considerada debe constituir una sección característica de la ladera real estudiada para cada metro lineal.

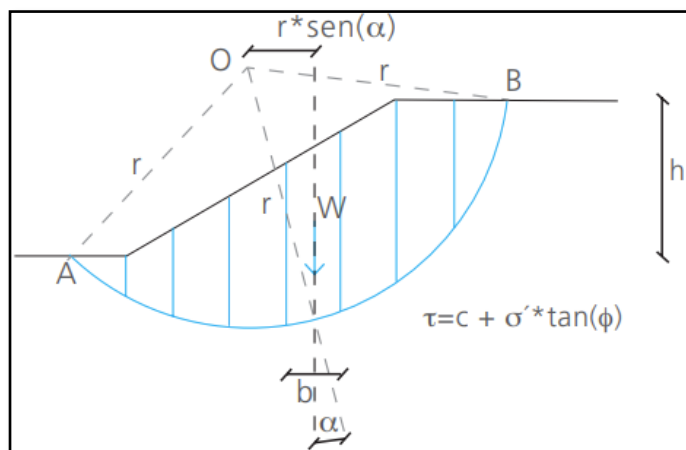


Figura 6: Diagrama mediante Fellenius para el análisis de estabilidad de laderas. [23]

Las fuerzas que ejercen su influencia en el talud son visibles en la figura 3, donde se toma la n^{ma} dovela como ejemplo:

Donde,

W: Resultante peso dovela.

R: Fuerza que actúa como reacción al peso de la dovela.

N_n y $N_{(n+1)}$: Fuerzas normales que actúan en cada lado de la dovela.

T_n y $T_{(n+1)}$: Fuerzas tangenciales que actúan en cada lado de la dovela.

N_r : Componente normal de la reacción R.

T_r : Componente tangencial de la reacción R.

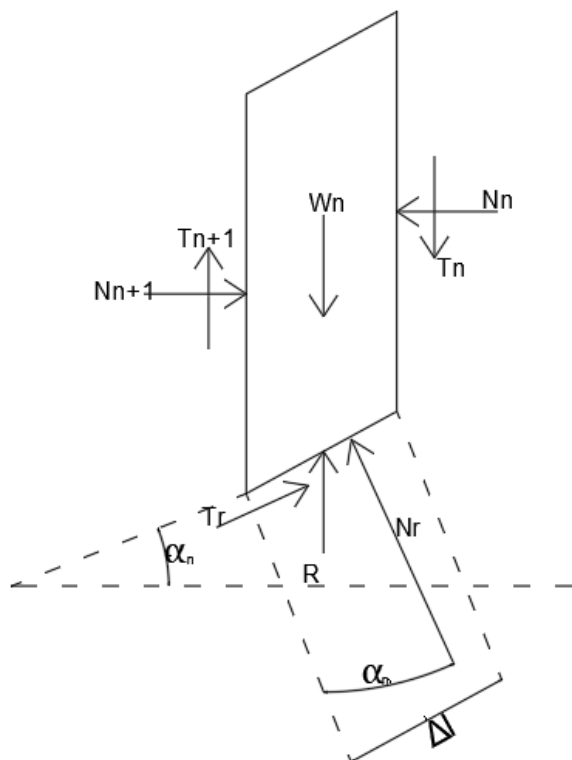


Figura 7: Diagrama según la metodología de Fellenius con las fuerzas que actúan en la n^{ma} dovela. (Elaboración Propia)

Como las fuerzas N_n , $N_{(n+1)}$, T_n y $T_{(n+1)}$ son complejas de determinar, es posible tomar como consideración que las resultantes de N_n y T_n son iguales en magnitud a las resultantes de $N_{(n+1)}$ y $T_{(n+1)}$, y que sus líneas de acción coinciden. La resistencia al corte que ofrece el suelo se puede escribir como se plasma en la ecuación 3.

$$T_r = \tau * (\Delta l) = \frac{\tau * (\Delta l)}{FS} = \frac{1}{FS} * [c + \sigma' * \tan(\phi)] * \Delta l$$

Ecuación 3: Resistencia al corte del suelo.

Donde el esfuerzo normal, σ' , considerado en la ecuación anterior, es igual a (ec.4):

$$\frac{N_r}{\Delta l} = \frac{W_n * \cos(\alpha_n)}{\Delta l}$$

Ecuación 4: Esfuerzo normal.

Una de las particularidades del procedimiento de Fellenius es que respeta el equilibrio de momentos. Entonces, dada esta situación, el momento del resultado de las fuerzas ejercidas en el centro O del círculo de rotura es igual al momento que surge de la acción de las fuerzas resistentes sobre O. Entonces (ec.5):

$$\sum_{n=1}^{n=p} W_n * \sin(\alpha_n) = \sum_{n=1}^{n=p} \frac{1}{FS} * \left[c + \frac{W_n * \cos(\alpha_n)}{\Delta l} * \tan(\phi) \right] * \Delta l * r$$

Ecuación 5

De la ecuación previa se obtiene:

$$FS = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} [c * \Delta l + W_n * \cos(\alpha_n) * \tan(\phi)]}{\sum_{n=1}^{n=p} W_n * \sin(\alpha_n)}$$

Ecuación 6

Es necesario realizar múltiples intentos moviendo el centro del círculo de falla para determinar el FS del círculo crítico de falla, que es el FS mínimo del talud.

2.1.3.9.6 Bishop Simplificado

Supone errores pequeños si es que la superficie de rotura es circular. Asimismo, no tiene en cuenta la variabilidad de las fuerzas horizontales entre dovelas.

La metodología planteada por Bishop, determina la estabilidad de un talud con SPF del tipo circular, considerando el producto de las fuerzas entre rebanadas. Con respecto al Método de Rebanadas, se requiere segmentar la masa de suelo deslizante en fajas verticales (figura 4a), de manera que se estudien las fuerzas (figura 4b) y momentos participantes en todas y cada una de las dovelas definidas y calcular así el FS relacionada al caso.

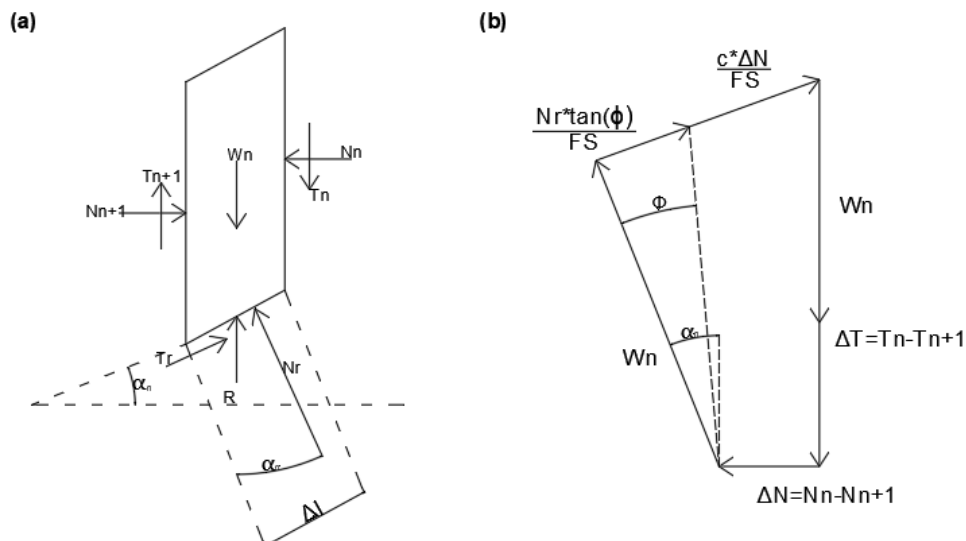


Figura 8: Análisis de Estabilidad de Taludes por el Método de Bishop. (a) Esquema de las fuerzas que actúan en la n^{ma} dovela. (b) Diagrama de fuerzas en equilibrio de la n^{ma} dovela. (Elaboración Propia)

De las figuras 4a y 4b, se puede obtener las ecuaciones siguientes (ec.7, ec.8):

$$T_r = N_r * \tan(\phi) + c * \Delta l = N_r * \left[\frac{\tan(\phi)}{FS} \right] + \frac{c * \Delta l}{FS}$$

Ecuación 7

$$N_r = \frac{W_n + \Delta T - \left[\frac{c * \Delta l}{FS} \right] * \sin(\alpha_n)}{\cos(\alpha_n) + \frac{\tan(\phi) * \sin(\alpha_n)}{FS}}$$

Ecuación 8

Una vez que se hayan adquirido los diagramas de cuerpo libre para cada una de las rebanadas, se desarrolla las ecuaciones de equilibrio de fuerzas y de momentos, obteniendo la expresión que permite determinar el FS de cada SPF analizada. De esta manera (ec.9):

$$\sum_{n=1}^{n=p} W_n * r * \sin(\alpha_n) = \sum_{n=1}^{n=p} T_r * r$$

Ecuación 9

Donde (ec.10):

$$T_r = \frac{1}{FS} * [c + \sigma' * \tan(\phi)] * \Delta l = \frac{1}{FS} * [c * \Delta l + N_r * \tan(\phi)]$$

Ecuación 10

Al analizar el equilibrio de fuerzas verticales de cada rebanada, es posible obtener el valor de las fuerzas N, para así sustituirlos en la ecuación 9 y conseguir la siguiente (ec.11):

$$FS = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} [c * b + W_n * \tan(\phi) + \Delta T * \tan(\phi)] * \frac{1}{m_{\alpha(n)}}}{\sum_{n=1}^{n=p} [W_n * \sin(\alpha_n)]}$$

Ecuación 11

Donde (ec.12):

$$m_{\alpha(n)} = \cos(\alpha_n) + \frac{\tan(\phi) * \sin(\alpha_n)}{FS}$$

Ecuación 12

Esta técnica tiene en cuenta dentro de sus premisas fundamentales, el hecho de que las fuerzas de contacto entre dos dovelas sí se toman en cuenta, pero no resultan influyentes, puesto que se encuentran equilibradas. En términos de cálculo, se toman en cuenta estas fuerzas igual a cero, con lo que la ecuación 3.10 se puede simplificar (ec.13):

$$FS = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} [c * b + W_n * \tan(\phi)] * \frac{1}{m_{\alpha(n)}}}{\sum_{n=1}^{n=p} [W_n * \sin(\alpha_n)]}$$

Ecuación 13

Es posible notar que el valor del FS no aparece de manera explícita, dado que se presenta a ambos lados de la ecuación, por lo que se debe realizar un proceso iterativo para poder encontrarlo. [22]

Para utilizar las técnicas de Morgenstern y Price, Bishop, y Janbú es aconsejable cuando se cuenta con las herramientas informáticas adecuadas.

El método de Bishop simplificado brinda valores de resultados con errores menores del 7 por ciento con respecto a otros métodos, es fácilmente ingresado en ordenadores sencillos y se adecuan bien a geometrías no convencionales y a suelos heterogéneos. [23] Asimismo, es

posible que este método sea el más empleado, cuando se integra en los programas de computadora, genera resultados aceptables en gran parte de los casos. [25]

2.3 Modelamiento del problema geotécnico de estabilidad de taludes para suelos finos

El modelamiento adecuado en el estudio de la estabilidad de taludes para suelos finos es esencial para predecir y prevenir deslizamientos, garantizando la seguridad de las infraestructuras y las personas en áreas vulnerables. Para modelar un talud es de suma importancia tener en cuenta el tipo de material con el que se va a tratar, ya sea del tipo granular o cohesivo, el presente apartado muestra argumentos a nivel de factor de seguridad de como existe una relación de similitud con los valores que pueden arrojar el método de equilibrio limite y elementos finitos en cuanto a realizar el modelamiento de un talud con características de suelos arcillosos, teniendo en cuenta los parámetros de entrada propios de cada método.

En el presente proyecto se muestran características en campo propias de un deslizamiento lento o muy lento el cual se denomina reptación o creep.

Este tipo de deslizamiento no tiene una superficie de ruptura claramente definida, la profundidad de este movimiento puede variar desde unos pocos centímetros hasta varios metros. Generalmente, este tipo de movimiento avanza varios centímetros al año y afecta amplias áreas de terreno, se asocian a pequeñas deformaciones en suelos, inducidas por la infiltración del agua y el reajuste volumétrico de las partículas del suelo durante ciclos de helada y deshielo. [26]

Este tipo de comportamiento en el suelo se puede modelar de forma más realista para estratos conformados por arcillas mediante el método de elementos finitos, con modelos constitutivos como Soft Soil Creep y Soft Soil. [26]

En la presente investigación se muestra el estudio de tres taludes, con un tipo de suelo generalmente gobernado por arcillas (Fig.9), estos taludes tienen una inclinación promedio de 30°, la sobrecarga que experimenta el talud en la sección A-A es de 10.79 KN/m²; mientras que los taludes de la sección B-B y sección C-C soportan 21.58 KN/m².



a) Inclinación del talud.

a) Suelo arcilloso.

Figura 9: Características del talud de estudio

Se muestra esta investigación denominada: STABILITY OF SLOPES ON CLAYS OF VARIABLE STRENGTH BY LIMIT EQUILIBRIUM AND FINITE ELEMENT ANALYSIS METHODS. (Estabilidad de Taludes Sobre Arcillas De Resistencia Variable Mediante Métodos De Equilibrio Límite Y Análisis De Elementos Finitos) [27], donde se realizó un análisis de estabilidad de 45 taludes con geometrías variables la geometría de la pendiente asumida se compone de un modelo de dos capas de suelo con parámetros de resistencia variables, la primera capa, la cual tiene una inclinación comprende un suelo arenoso, mientras que la capa de base inferior es una arcilla homogénea de resistencia al corte variable. Los suelos arcillosos se modelaron en condiciones no drenadas con ángulo de fricción interna cero ($= 0$) y valores de cohesión de 20, 40 y 140 kN/m² representando suelos blandos, semirrígidos y muy rígidos.

En esta investigación las pendientes del talud fueron analizados con 10°; 14°; 18°, 20° y 24°. El análisis se realizó según los métodos de equilibrio límite (LE) y de elementos finitos (FE) utilizando los programas informáticos “Slide 2D” y “Plaxis 2D” respectivamente, empleando el modelo constitutivo de Mohr Coulomb.

Los métodos LE y FE revelaron formas y ubicaciones similares de las superficies de deslizamiento críticas para prácticamente todos los modelos de pendientes en suelos arcillosos blandos a medianamente rígidos con resistencia al corte de baja a moderada.

Los resultados de la comparación entre los FOS calculados utilizando cuatro métodos de análisis LE revelaron que los métodos LE de Bishop y Spencer produjeron resultados similares; mientras que los métodos de Fellenius y Janbu dieron FOS inferiores al método de Spencer en un 3,0% y un 7,4% respectivamente.

Según el presente artículo denominado: (Análisis de confiabilidad y cuantificación de la incertidumbre de la estabilidad de taludes de arcilla y arena evaluados mediante los métodos simplificados de Fellenius y Bishop) [28], muestra el análisis de dos taludes denominados Talud 1 y Talud 2, el primero está formado por dos capas de arcilla colocadas sobre una capa dura y el segundo conformado por arena, asimismo el talud presenta una pendiente de 40°.

Para el talud 1 se generan 1600 superficies de falla potenciales y se predicen los factores de seguridad para cada modo de falla candidato. Se ve que las superficies críticas de falla son idénticas para los dos métodos de equilibrio límite, tanto para el método de Fellenius, como para método de Bishop utilizados en el caso del talud de arcilla.

En la investigación referida como: Comparison of General Limit Equilibrium Methods for Slope Stability Analysis (Comparación de métodos de equilibrio límite general para el análisis de estabilidad de taludes) [29], se realizó en cálculo del factor de seguridad, mediante diversos métodos de equilibrio límite en tres taludes con estratigrafías diferentes, en estos taludes la sección denominada 2-2, cuenta con una pendiente promedio de 22%, su primer horizonte de suelo está constituido por arcilla de alta plasticidad el cual tiene un espesor de 10 m y está asentada sobre un estrato de grava bien gradada de 7m de espesor, que a su vez se asienta sobre una grava mal gradada de 25m de espesor en promedio la cual se asienta sobre una capa de grava arcillosa de 12 m.

Del modelamiento del talud de la sección 2-2, se tiene que los factores de seguridad en condición seca superan a los factores de seguridad modelados en condición húmeda, por otro lado, existe mucha similitud en los valores arrojados al emplear los métodos de Spencer, Sarma, Morgenstern-Price, a diferencia de los métodos de Janbu, Bishop.

En el informe que se titula: ESTABILIDAD DE TALUDES EN SUELOS RESIDUALES EVALUADO EN EL CORTO Y LARGO PLAZO [30], en este trabajo se presentan los resultados de los análisis de estabilidad de taludes obtenidos mediante la comparación en términos del factor de seguridad, con base en los métodos de equilibrio límite y el método de elemento finito empleando el método constitutivo de Mohr Coulomb, para lo cual, además de

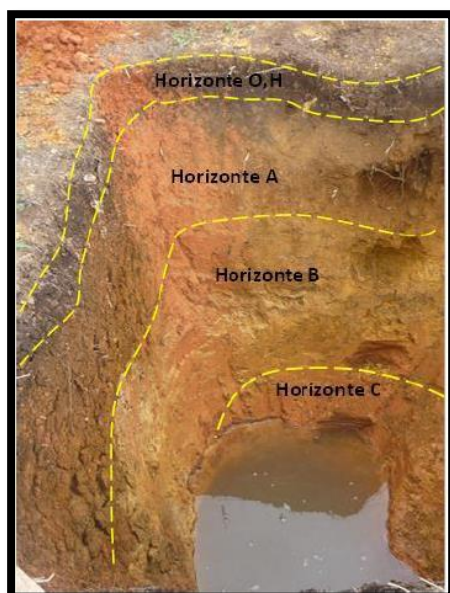
considerar diferentes procedimientos de cálculo, se incorporó los aspectos relacionados con los esfuerzos totales y esfuerzos efectivos.

De las investigaciones de campo se tiene que los suelos provenientes de estas rocas son limo arcillosos de color rojizo a pardo amarillento (Fig.10 - b), ocasionalmente con motas claras y acumulaciones de óxidos, de este estudio también se pudo observar movimientos lentos de suelo (Fig.10 - c), se manifiestan con escalonamientos ocasionales en el terreno, los cuales dan una apariencia irregular al relieve, se presentan en las partes bajas del talud, en condiciones de alta humedad.

La topografía indica un talud con altura variable, donde su punto más alto es 50m y tiene una distancia horizontal de 230m (Fig.10 - a), en este estudio se incluyó el modelamiento del nivel freático variable.



a) Vista general del talud



b) Vista de estratos arcillosos



c) Movimientos lentos

Figura 10: Características de campo de talud similar

El artículo denominado: Application of Limit Equilibrium Analysis and Numerical Modeling in a Case of Slope Instability (Aplicación del análisis de equilibrio límite y modelación numérica en un caso de inestabilidad de taludes) [31], se describe la aplicación del análisis de equilibrio límite y simulación numérica en caso de inestabilidad de taludes, las características de sitio a lo largo de las pendientes seleccionadas de estudio parecen estar dominadas por taludes con suelos arcillosos (Fig.), por otro lado , dentro de estos suelos se encuentran el suelo arcilloso limoso, arcilloso y franco arcilloso.

Se realizó un análisis de rotación mediante RocPlane y traslación empleando metodología de equilibrio límite a través del Slide; mientras que para el modelo numérico se empleó elementos finitos a través del software Phase2, de estos resultados se obtuvieron factores de seguridad para los métodos de equilibrio límite, mientras que para el método de elementos finitos se obtuvieron esfuerzos y deformaciones.

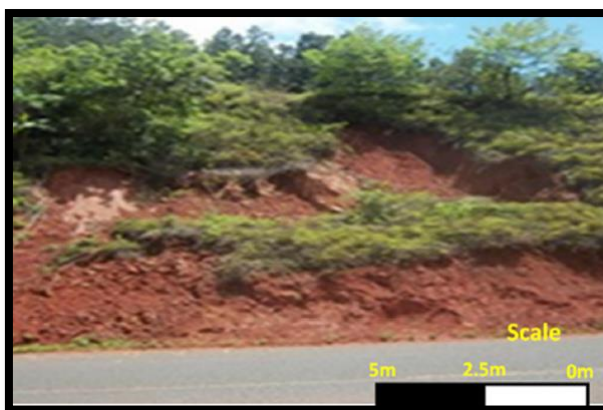


Figura 11: Suelos arcillosos en talud

En la investigación consultada de nombre: SIMULACIÓN NUMÉRICA DE OBRAS PARA LA ESTABILIZACIÓN SUPERFICIAL DE TALUDES [32], se ha estudiado la estabilidad de un talud que tiene una inclinación de 33.7° respecto a la horizontal y una altura de 20m, compuesto por dos estratos arcillosos, en los cuales se muestran un comparativo de la aplicación de elementos finitos empleando método de la reducción de la resistencia (SSR) y métodos de elementos finitos empleando software Phase2 con un modelo constitutivo elastoplástico y Slide respectivamente; de los cuales se observó que el valor obtenido es muy similar.

En el estudio referido como: Factor of safety of strain-softening slopes (Factor de seguridad de pendientes de ablandamiento de tensiones) [33], en este estudio, la aplicación del método de reducción de la resistencia al corte se amplió para determinar el FOS de taludes en materiales de ablandamiento por deformación. Se adoptó un modelo de Mohr-Coulomb en el que la cohesión y el ángulo de fricción se degradaban al aumentar la deformación plástica por corte. Se llevó a cabo una serie completa de análisis de elementos finitos en pendientes con diversas geometrías y propiedades de resistencia al corte.

Por otro lado, en las investigaciones mostradas, tal como se evidencian en las figuras (Fig.10, Fig.11) y en los estudios presentados, se puede ver características similares en cuanto al tipo de suelo y a la similitud que existen a valores empleando el método de elementos finitos con el método de equilibrio límite, es por eso que en la presente investigación se realizó el modelamiento de tres taludes arcillosos a través del método de equilibrio límite.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Tipo y nivel de investigación

El presente trabajo es de tipo cuantitativo, según el nivel de propósito es aplicada, ya que, para este problema establecido y conocido como es la reptación o movimiento del suelo en un talud, se busca dar un diagnóstico a este problema, empleando métodos medibles y corroborables.

Por su nivel de profundidad o alcance, el estudio reúne las condiciones o características de un estudio descriptivo, exploratorio, correlacional y explicativo.

3.2 Diseño de investigación

En este trabajo se planifica la evaluación del factor de seguridad por el cual ocurre el problema que ocasiona la reptación de suelos. Evaluando los elementos que constituyen la situación problemática, considerando: inicio del problema, diagnóstico.

3.3 Población, muestra

Población: es el área de la parte urbana de la Villa de Sókota consta aproximadamente de 1.42 km².

Muestra: Es el área de intervención que consta de 5000 m². El muestreo es de carácter no probabilístico.

3.4 Operacionalización de variables

Tabla 1: Operacionalización de variables

DEPENDIENTE	INDEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTO	INDICE
-El factor de seguridad	-Coeficiente Pseudoestático	-Factor de aceleración	-Aceleraciones horizontal y vertical	-Mapa de isoaceleraciones	%g
	-Profundidad del nivel freático	-Factor pluvial	-Humedad o afloraciones de agua	-Calicatas	m
-Superficie de falla	-Parámetros de resistencia de Mohr-Coulomb	-Resistencia a esfuerzos de corte	-Angulo de fricción interna; cohesión	-Ensayo de corte directo	Kg/cm ² ; grados
	-Topografía	-Topografía del talud en planta y perfil	-Pendiente del terreno -Características en planta	-Estación total -Civil 3D	Planos

Fuente: Propia.

3.5 Técnica e instrumentos de recolección de datos

Técnicas: estos resultados se obtendrán de estudios anteriores.

- **Estudio de Suelos Laboratorio:** Ensayo de granulometría

- Peso específico
- Ensayo de contenido de humedad
- Límites de Atterberg
- Corte directo

- **Estudio de Suelos Campo:**

- Calicatas

- **Sondeo Eléctrico Vertical:**

- Plano estratigráfico (SEV)

- **Levantamientos Topográfico:**

- Formato (anexos).

Instrumentos:

- **Programas de Cómputo:**

- AutoCAD Civil 3D
- Geo 5

3.6 Procedimientos

3.6.1 Estudio Topográfico

Se desarrolló con ayuda de una estación total, empleando una poligonal abierta, tomando como punto de inicio un punto conocido (BM). El levantamiento se inició en la Calle Carlos Fisher finalizando en la Calle Tiburcio Castro. Lugo se procesaron los datos en el software Civil 3D, se obtuvieron las curvas de nivel con equidistancia cada 0.50 m. Los mismos que se pueden ver en los anexos de este estudio.

3.6.2 Estudio de Prospección Geofísica

La prospección geofísica fue realizada por la empresa D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C. de la ciudad de Lambayeque, el procedimiento empleado de manera general es el siguiente:

3.6.2.1 Método de Prospección Geofísica

El método para realizar una tomografía geoelectrica, consta en captar la corriente con 2 electrodos introducidos en el suelo denominados de recepción de otros dos con los cuales inicialmente se emite corriente a través de ellos. El método y proceso realizado busca medir la diferencia del potencial producido por el campo eléctrico, La variación estará influenciada por el tipo de suelo por el cual fluye la, para calcular esta resistividad se puede emplear la fórmula 14.

Fórmula 14: Resistividades del medio (Ohm-m)

$$p = \frac{K * \Delta V}{I}$$

Donde:

K=Constante geométrica en función de la posición de los electrodos.

ΔV = Diferencia de potencial, en mV, medida en los electrodos de recepción (M y N).

I= Intensidad de corriente en mA, medida en los electrodos de emisión (A y B).

La metodología geoelectrica empleada en la exploración de la conformación del subsuelo, es el denominado “Método de Resistividades”, configuración Schlumberger, que es el que se utilizó en el presente trabajo, los electrodos están alineados y conservan simetría con respecto al punto central, debiendo cumplirse que el MN sea menor que $1/3$ AB.

Al incrementar la longitud entre los electrodos de emisión de corriente, aumenta su alcance de penetración y también va cambiando las resistividades aparentes.

Estos datos son representados inicialmente en papel bilogarítmico obteniéndose como producto una curva, a partir de la cual, mediante múltiples procedimientos, se obtiene las resistividades verdaderas y los espesores de las distintas capas bajo el punto de investigación. Así, se obtiene información sobre la sección geoelectrica subterránea.

Esta metodología presenta dificultades cuando existe capas con resistividades altas, lo cual impide la penetración de la corriente eléctrica. Por otro lado, un medio con capas delgadas a profundidad considerable dificulta la lectura. Por lo cual los resultados obtenidos cuentan con un error porcentual entre 0 a 10 %.

Es necesario hacer de conocimiento que las resistividades halladas se relacionan con la condición natural de las mismas con el agua contenido en sus poros, tamaño de los granos de los depósitos en el caso de materiales no consolidados.

3.6.2.2 Resistividades Eléctricas de algunos medios

Como se muestra en el siguiente cuadro, son resistividades de agua y rocas conocidas en unidades de Ohm-m, las cuales sirven para cotejar y clasificar las resistividades halladas en un estrato o de manera general en un medio de estudio nuevo.

Tabla 2: Resistividades de aguas y rocas

Tipo de agua y roca	Resistividad (Ohm-m)
Agua del mar	0,2
Agua de acuíferos aluviales	10 - 30
Agua de fuentes	50 - 100
Arenas y gravas secas	1,000 - 10,000
Arenas y gravas con agua dulce	50 - 500
Arenas y gravas con agua salada	0,5 - 5
Arcillas	2 - 20
Margas	20 - 100
Calizas	300 - 10,000
Areniscas arcilloas	50 - 300
Areniscas cuarcíticas	300 - 10,000
Cineritas, tobas volcánicas	50 - 300
Lavas	300 - 10,000
Esquitos grafitosos	0,5 - 5
Esquitos arcillosos o alterados	100 - 300
Esquitos sanos	300 - 3,000
Gneis, granito alterados	100 - 1,000
Gneis, granito sanos	1,000 - 10,000

Fuente: D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C. [34]

3.6.2.3 Análisis de resultado – valoración cuantitativa

La interpretación numérica y el procesamiento de los valores de campo, permite establecer los siguientes parámetros para la Tomografía ejecutada:

- a) Estrato con Filtración de agua
- b) Estrato con escasa Humedad
- c) Estrato seco
- d) Estrato seco compactado
- e) Roca

En el presente caso, los resultados del procesamiento mediante software DIPROfWin. Mediante el cual se pueden observar en la figura 12.

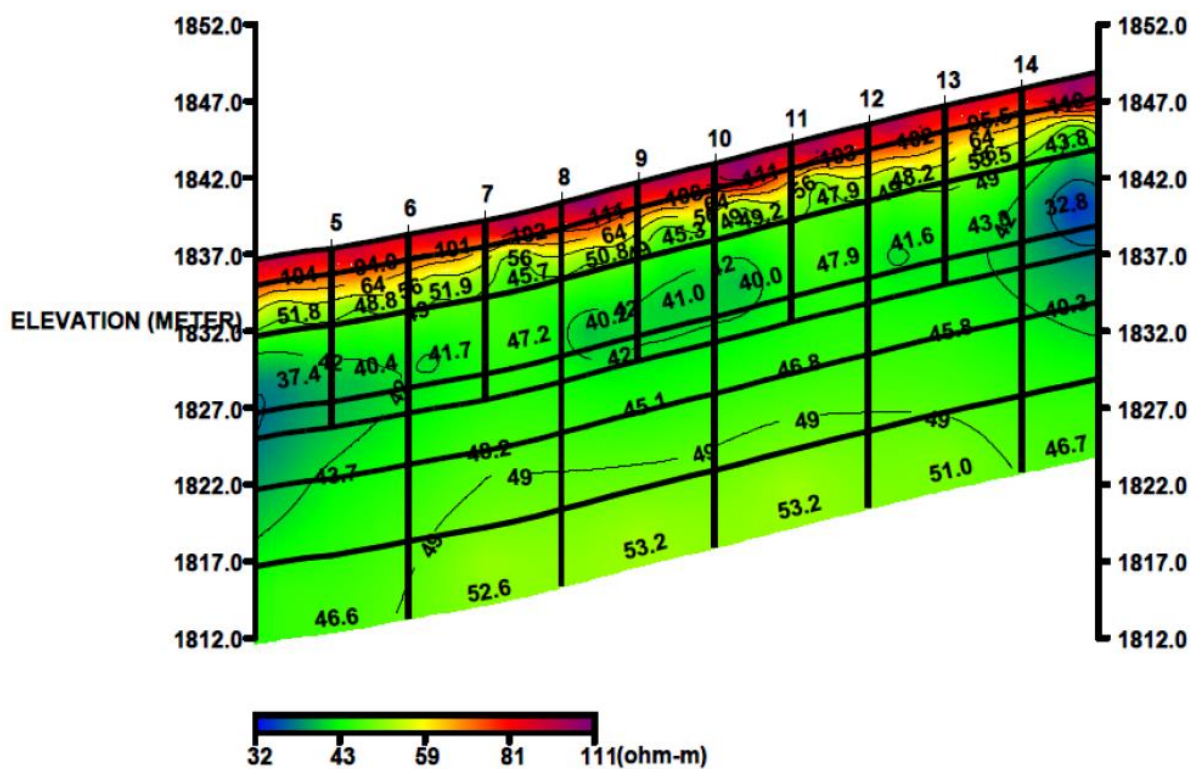


Figura 12: Sección geológica

Fuente: D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C.

3.6.2.4 Análisis de resultado – valoración cualitativa

Del análisis de los resultados del estudio de prospección geofísica, se aprecia la existencia de estructuras cuyas descripciones generalizadas con su respectiva atribución litológica e hidrogeológica se presenta a continuación:

a) Estrato con Filtración de agua:

En este estrato existen resistividades entre 32 - 37 Ohm-m. Su composición litológica lo constituyen depósitos aluviales tales como arenas gruesas, con presencia de limos, con inclusión de gravas y cantos rodados, se encuentra totalmente húmedo. El color de su atribución de este estrato en las Figuras 13,14,15 se muestra azul.

b) Estrato con escasa Humedad

En este estrato se aprecian resistividades de 37 hasta 56 Ohm-m. se encuentran con escasa humedad, en zonas de resistividad de 45 a 56 Ohm-m se encuentra casi seco. El color de su atribución de este estrato en las Figuras 13,14,15 es verde caña, está compuesto por sedimentos gruesos (arenas) y finos en menor proporción, con inclusión de grava y cantos rodados, presentando buena permeabilidad y según las condiciones climáticas en épocas de lluvias este estrato se satura de agua en algunas zonas.

c) Estrato seco

En este estrato se aprecian resistividades de 56 - 70 (Ohm-m). Este estrato seco, está compuesto por sedimentos gruesos (arenas) y finos en menor proporción, con inclusión de grava y cantos rodados. El color de su atribución de este estrato en la Figuras 13,14,15 es amarillo.

d) Estrato seco compactado

En este estrato se aprecian resistividades de 70 - 100 (Ohm-m). Este estrato seco, está compuesto por sedimentos gruesos (arenas) y finos compactados, con inclusión de grava y cantos rodados. El color de su atribución de este estrato en las Figuras 13,14,15 es de color rojo.

e) Roca

En este estrato se aprecian resistividades de 100 hasta 110 Ohm.m. se encuentra en estado seco, está compuesto por rocas fracturada, con inclusión de grava y cantos rodados. El color de su atribución de este estrato en las Figuras 13,14,15 es de color violeta.

3.6.2.5 Clave de lectura

Para leer la Tomografía Geoeléctrica de manera correcta, debe invocarse a las Figuras de secciones geoeléctricas (A; B; C), con ayuda de la tabla 2, así se puede dar la atribución litológica, analizar la presencia de agua, conocer el tipo de suelos y conocer la variación de espesores en los estratos [35], siendo este el fin para el cual se realiza el estudio de prospección geofísica.

3.6.3 Estudio de Mecánica de Suelos

El estudio de mecánica de suelos (EMS) se realizó con el fin de conocer las propiedades físicas y mecánicas del terreno donde se interviene, para ello se detalla los ensayos realizados a continuación. Cuyo trabajo de laboratorio se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO.

3.6.3.1 Reconocimiento en Campo y Recolección de Muestras

Según el reconocimiento de campo a simple vista se observa que existen pendientes pronunciadas, para conocer la estratigrafía de los suelos, se realizará 3 secciones geoeléctricas las cuales serán efectuadas a los lados extremos y al centro de la zona más crítica del deslizamiento en dirección perpendicular al río, asimismo se hará excavaciones a cielo abierto conocidas como calicatas para cotejar la información de tipo de suelos y espesores de estratos.

3.6.3.2 Ensayos de Mecánica De Suelos

Para la realización del ensayo de mecánica de suelos se efectuaron los procedimientos universales establecidos dentro de los cuales se hace uso de equipos e instrumentos estándar calibrados y el seguimiento de su respectiva secuencia. En el presente estudio se realizaron los ensayos que a continuación se mencionan:

- Análisis Granulométrico: NTP 339.127 (ASTM D 422)
- Contenido de Humedad: NTP 339.127 (ASTM D 2216)
- Límite Líquido: NTP 339.129 (ASTM D 4318)
- Límite Plástico: NTP 339.129 (ASTM D 4318)
- Corte Directo: NTP 339.171 (ASTM D 3080)

3.6.4 Procedimiento en el Geo5

El programa Geo5 que emplea el método de elementos finitos sirve para modelar y analizar una serie de problemas geotécnicos tales como asentamientos del terreno, muros diafragma, tablestacas, excavaciones, estabilidad de taludes, análisis de túneles; también se emplea para el cálculo de desplazamientos, deformaciones, tensiones y fuerzas internas de elementos estructurales.

Dentro de las ventajas que presenta este programa están una interfaz fácil de usar, cuenta con una base de datos de las distintas normas de geotecnia empleadas en el mundo, presenta soluciones para distintos problemas geotécnicos que van desde los más básicos (verificación de cimentaciones, muros, estabilidad de taludes), hasta programas altamente especializados (análisis de los túneles, daños debido a la construcción de un túnel, estabilidad de roca).

Para a realizar el análisis de estabilidad del talud en el programa se debe realizar los siguientes pasos:

Definir coordenadas: Este paso consta en modelar mediante coordenadas en el programa Geo5, la topografía del talud, así como la configuración de cada estrato.

Asignar el tipo de suelos a cada estrato: una vez realizado el procedimiento anterior, se asigna el tipo de suelo a cada horizonte o estrato, al asignar el tipo de suelo se ingresan valores de ángulo de fricción interna, cohesión y peso unitario del suelo. Estos valores son el resultado de los ensayos de laboratorio.

Asignar cargas estáticas: la asignación de cargas estáticas se realiza tanto para viviendas de 1 y 2 niveles. Para viviendas de un nivel le corresponde 10.79 KN/m² y para viviendas de 2 niveles 21.58 KN/m².

Asignar condiciones dinámicas: para este estudio se consideraron isoaceleraciones de 230 gals o su equivalente 0.23g para aceleraciones horizontales y para aceleraciones verticales 0.15g, estos datos fueron obtenidos del mapa de isoaceleraciones de Cajamarca para la ubicación de la provincia de Cutervo.

Asignar nivel freático: en los estudios realizados en campo, no se obtuvo la presencia del nivel freático, sin embargo, el programa Geo5 permite realizar modelamientos con la presencia del nivel freático a profundidades variables.

Definir parámetros de factor de seguridad: para definir los parámetros mínimos de factor de seguridad nos basamos en los que establece la normativa CE 0.20, donde establece 1.50 para condiciones normales y 1.25 para condiciones sísmicas.

Definir combinaciones: las combinaciones que se emplearan en este estudio son:

Caso 1: Condiciones estáticas de carga sin presencia de agua (FS=1.50)

Caso 2: Condiciones pseudoestáticas de carga sin presencia de agua (FS=1.25)

Caso 3: Condiciones estáticas de carga con presencia de agua (FS=1.50)

Caso 4: Condiciones pseudoestáticas de carga con presencia de agua (FS=1.25)

Ejecutar el programa: para ejecutar el programa, se revisará la condición en la que se está realizando este modelamiento.

Obtención de superficie de falla: para obtener la superficie de falla y el factor de seguridad, se debe conocer en qué caso se está realizando el análisis y bajo que condiciones. Conociendo el factor de seguridad, se puede variar tanto los factores condicionantes o desencadenantes para saber a qué depende la inestabilidad del talud.

3.7 Plan de procesamiento y análisis de datos

Para la siguiente investigación se ha planteado las siguientes etapas que conlleva al desarrollo de los objetivos propuestos, las cuales se muestran a continuación:

Etapas 1: Recopilación de información del tema propuesto

- Indagación bibliográfica y revisión de antecedentes
- Investigación de la normativa existente
- Plano integral de Sócola
- Análisis de los tiempos a realizar el proyecto completo.

Etapas 2: Análisis de información existente

- Filtración y organización de información.
- Adquisición de software Geo5
- Análisis de variables

Etapa 3: Procesamiento de la información

- Ingreso de data de factores condicionantes y desencadenantes en el software Geo5
- Variación de resultados en el software Geo5
- Análisis de objetivos con la variación de factores desencadenantes

Etapa 4: Análisis de resultados

- Análisis de los datos obtenidos del software Geo5
- Procesamiento de datos
- Relacionar los resultados con los objetivos
- Conclusiones y recomendaciones

3.8 Matriz de consistencia

Tabla 3:Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN		METODOLOGÍA
			VARIABLES	INDICADORES	
¿Es posible analizar la reptación de la masa del talud en el distrito de Súcota?	<p>Objetivo general:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Analizar la reptación de la masa de tierra de un talud en la villa de Súcota. <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Conocer las propiedades mecánicas del suelo. -Realizar un modelamiento matemático de este talud en el software Geo5. -Estudiar el factor de seguridad del talud. 	<p>El análisis de la reptación de masa del talud en el distrito de Súcota se puede realizar en condiciones permanentes y condiciones pseudoestáticas.</p>	<p>Dendientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> -El factor de seguridad -Superficie de falla <p>Independientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Coeficiente Pseudoestático -Profundidad de nivel freático -Parámetros de resistencia de Mohr-Coulomb -Topografía 	<p>Para la variable independiente: Coeficiente Pseudoestático</p> <ul style="list-style-type: none"> -Aceleraciones horizontal y vertical <p>Para la variable independiente: Profundidad de nivel freático</p> <ul style="list-style-type: none"> -Humedad o afloraciones de agua <p>Para la variable independiente: Parámetros de resistencia de Mohr-Coulomb</p> <ul style="list-style-type: none"> -Angulo de fricción interna; cohesión <p>Para la variable independiente: Topografía</p> <ul style="list-style-type: none"> -Pendiente del terreno -Características en planta 	<p>Tipo de investigación:</p> <p>El presente trabajo, de acuerdo al tipo de investigación es cuantitativa.</p> <p>Según el nivel de propósito es aplicada, ya que, para este problema establecido y conocido como es la reptación o movimiento del suelo en un talud, se busca dar un diagnóstico a este problema, empleando métodos medibles y corroborables.</p> <p>Población:</p> <p>Población: es el área de la parte urbana de la Villa de Súcota consta aproximadamente de 1.42 km².</p> <p>Muestra:</p> <p>Es el área de intervención que consta de 5000 m², de tipo no probabilístico.</p>

Fuente: Propia

3.9 Consideraciones éticas

Esta iniciativa se basó en criterios de geotecnia existente en nuestra normativa, la cual debe ser aplicada para todo el territorio nacional, la normativa CE.020 Estabilidad de suelos y taludes, en su capítulo 7, así como también información de libros e investigaciones de la misma índole, las cuales han servido como guía, puesto que los datos del lugar de estudio son únicos y aplicables solo para la zona del estudio.

Se hace énfasis que el asunto de esta investigación, es autentica sin apropiación alguna, sin dejar de lado que en la misma se hace mención a investigaciones similares, las cuales están identificadas y señaladas en referencias bibliográficas y bases teóricas del presente proyecto.

IV. RESULTADOS

4.1 Estudio geofísico

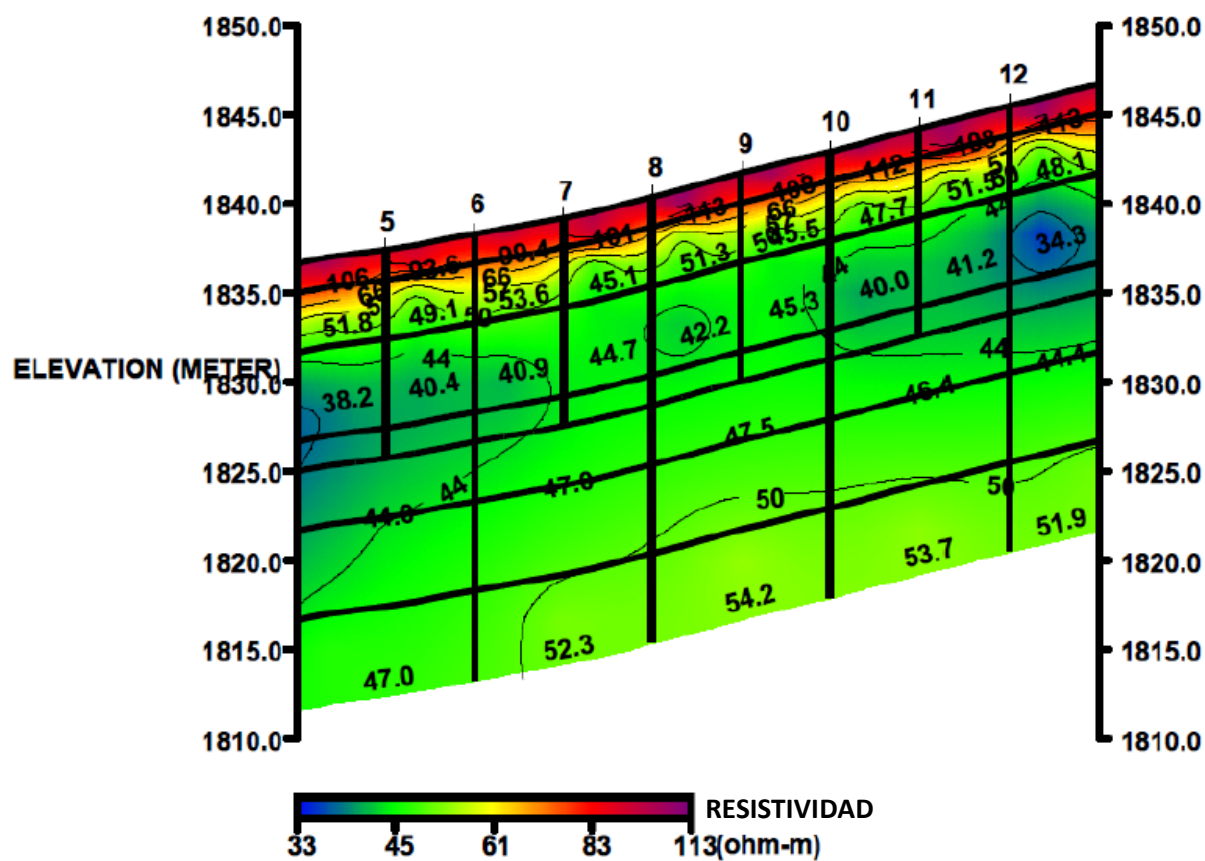
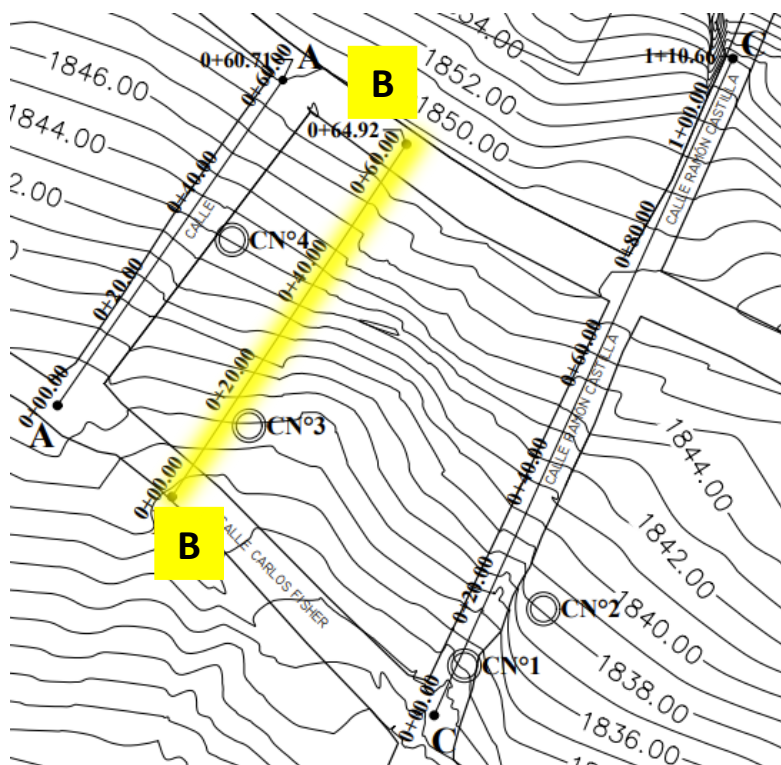
Del estudio geofísico se tiene, la estratigrafía y el tipo de suelo asociado a la resistividad del material (Tabla 4), estas se muestran en las secciones A-A; B-B; C-C de las tomografías geoeléctricas para cada caso.

Tabla 4: Tipos de suelos según su resistencia eléctrica

RESISTIVIDAD (Ohm-m)	TIPO DE SUELO	CONDICIÓN	COLOR EN LA SECCIÓN GEOELÉCTRICA	OBSERVACIÓN
70-100	Sedimentos gruesos y finos compactados, con inclusión de gravas y cantos rodados.	Estado seco compactado		
56-70	Sedimentos gruesos y finos en menor proporción, con inclusión de gravas y cantos rodados.	Estado seco		
37-56	Sedimentos gruesos y finos en menor proporción, con inclusión de gravas y cantos rodados.	Estado seco		En zonas de resistencias de 45 a 56 Ohm-m, el estrato se encuentra casi seco. Este horizonte presenta características de buena permeabilidad.
32-37	Depositos aluviales tales como arenas gruesas, con presencia de limos, con inclusión de gravas y cantos rodados.	Estado seco		Se encuentra totalmente húmedo.

Fuente: Propia

Figura 14: Tomografía geoelectrica en la sección B-B



4.2 Estudio de mecánica de suelos

4.2.1 Resultados de ensayos de laboratorio

Tabla 4: Resultados de laboratorio de muestras alteradas de suelo

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	Ensayos Estándar							PESO VOLUMETRICO (Kn/m3)
			SUCS	F (%)	A (%)	G (%)	W (%)	LL (%)	IP(%)	
C01	M-01	1.50	MH	84.27	13.77	1.95	32.45	71.94	24.97	15.64
	M-02	3.60	CL	84.21	11.75	4.04	38.81	44.69	21.07	16.32
C02	M-01	2.00	CH-MH	89.6	8.19	2.21	41.08	80.72	44.92	15.72
	M-02	2.50	CH-MH	83.48	11.47	5.05	34.86	78.47	46.69	16.21
	M-03	3.10	CH-MH	75.83	23.05	1.12	38.83	64.55	33.21	15.93
C03	M-01	1.40	CH	60.45	18.94	20.61	41.52	55.53	26.97	16.01
	M-02	3.60	CH	39.65	19.74	40.61	37.13	66.38	38.8	16.24
	M-03	4.00	CH	90.29	9.71	0	34.67	54.85	27.51	18.13
C04	M-01	1.20	CL	54.9	27.05	18.04	23.59	41.88	19.52	16.39
	M-02	2.30	MH	81.75	9.21	9.04	46.87	56.9	26.63	15.7
	M-03	3.40	CL	72.37	20.16	7.47	22.72	31.38	10.10	18.52

Fuente: Propia

Tabla 5: Resultados de laboratorio de muestras inalteradas de suelo

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	COHESIÓN (Kg/cm2)	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)
C01	M-01	1.50	0.136	1.07
	M-02	3.60	0.099	21.23
C02	M-01	2.00	0.033	16.31
	M-02	2.50	0.136	1.07
	M-03	3.10	0.099	16.68
C03	M-01	1.40	0.047	16.43
	M-02	3.60	0.033	16.31
	M-03	4.00	0.037	21.46
C04	M-01	1.20	0.064	20.99
	M-02	2.30	0.109	4.550
	M-03	3.40	0.055	21.00

Fuente: Propia

Tabla 6: Resultados de la interacción entre la mecánica de suelos y las tomografías geoelectricas

SECCIONES	SECCIÓN A-A	ESTRATO 1	TIPO DE SUELO	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)	COHESIÓN Kpa	PESO UNITARIO (Kn/m3)
			ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD	21	6.27	16.39
		ESTRATO 2	TIPO DE SUELO	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)	COHESIÓN Kpa	PESO UNITARIO (Kn/m3)
			LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	4.55	10.69	15.7
		ESTRATO 3	TIPO DE SUELO	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)	COHESIÓN Kpa	PESO UNITARIO (Kn/m3)
			ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD	20.99	5.39	18.52
		ESTRATO 4	TIPO DE SUELO	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)	COHESIÓN Kpa	PESO UNITARIO (Kn/m3)
			ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD	16.31	3.28	16.01
	SECCIÓN B-B	ESTRATO 1	TIPO DE SUELO	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)	COHESIÓN Kpa	PESO UNITARIO (Kn/m3)
			ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD	16.43	4.59	16.01
		ESTRATO 2	TIPO DE SUELO	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)	COHESIÓN Kpa	PESO UNITARIO (Kn/m3)
			ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD	16.31	3.28	16.24
		ESTRATO 3	TIPO DE SUELO	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)	COHESIÓN Kpa	PESO UNITARIO (Kn/m3)
			ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD	21.47	3.7	18.13
		ESTRATO 4	TIPO DE SUELO	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)	COHESIÓN Kpa	PESO UNITARIO (Kn/m3)
			ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD	16.31	3.28	16.02
	SECCIÓN C-C	ESTRATO 1	TIPO DE SUELO	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)	COHESIÓN Kpa	PESO UNITARIO (Kn/m3)
			LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	1.07	13.35	15.65
		ESTRATO 2	TIPO DE SUELO	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)	COHESIÓN Kpa	PESO UNITARIO (Kn/m3)
			ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD	21.33	9.78	15.64
		ESTRATO 3	TIPO DE SUELO	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)	COHESIÓN Kpa	PESO UNITARIO (Kn/m3)
ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD			16.31	3.28	16.01	
ESTRATO 4		TIPO DE SUELO	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)	COHESIÓN Kpa	PESO UNITARIO (Kn/m3)	
		ARENA	30	0	18.24	

Fuente: Propia

- La tabla 6 resulta de la interacción de los tipos de suelos, de los resultados de las 4 calicatas realizadas con los 3 sondajes eléctricos verticales.

4.3 Resultado del modelamiento de las distintas secciones (A-A; B-B; C-C)

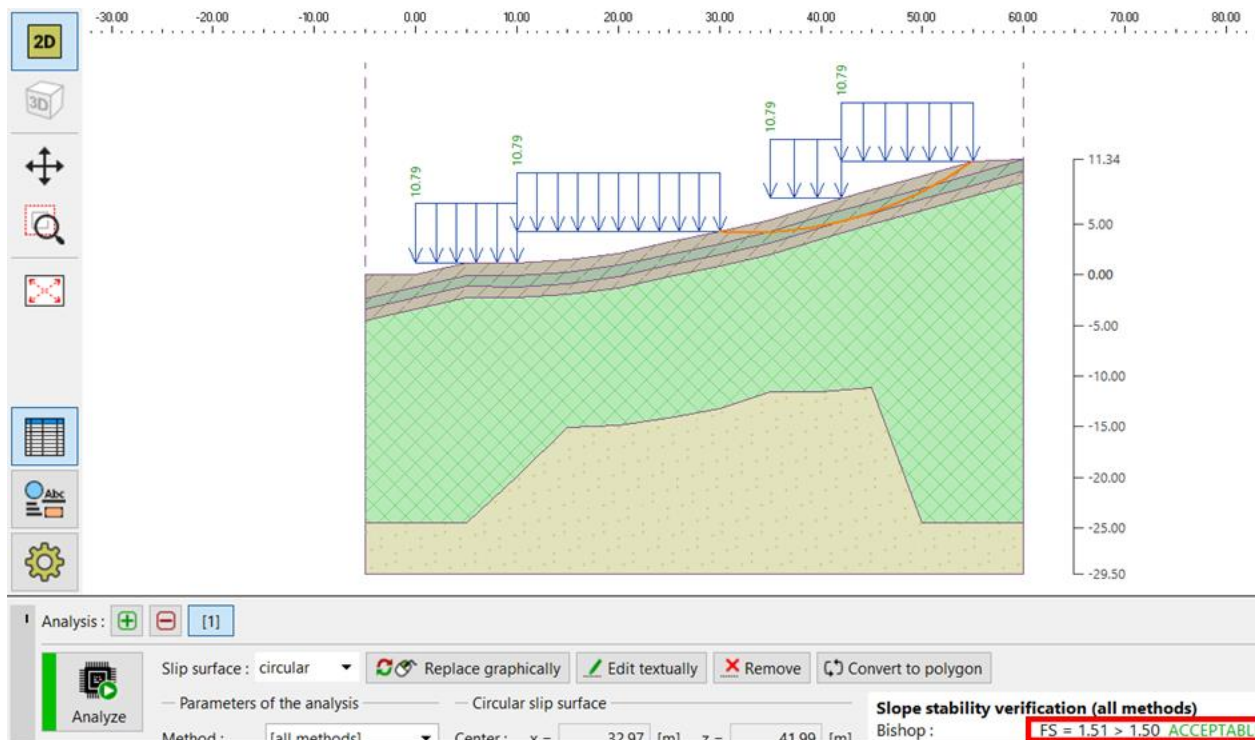
4.3.1 Resultados de la estabilidad del talud sección A-A

Tabla 7: Análisis de estabilidad del talud para distintos casos y análisis vertical en las combinaciones 3 y 4, en la sección A-A

Comb 1: Condiciones estáticas de carga sin presencia de agua		Factor de seguridad obtenido	Factor de seguridad de comparación	Estabilidad de taludes	
		Bishop= 1.51	1.5	Estable	
		Fellenius= 1.50		Estable	
Comb 2: Condiciones pseudoestáticas de carga sin presencia de agua		Factor de seguridad obtenido	Factor de seguridad de comparación	Estabilidad de taludes	
		Bishop= 0.87	1.25	Inestable	
		Fellenius= 0.86		Inestable	
Comb 3: Condiciones estáticas de carga con presencia de agua		Factor de seguridad obtenido	Incremento de FS por disminución de NF	Factor de seguridad de comparación	Estabilidad de taludes
Profundidad de nivel freático					
	0.00m	Bishop= 1.31 Fellenius= 1.30	----- -----	1.5	Inestable Inestable
	-0.50m	Bishop= 1.39 Fellenius= 1.38	6.11% 6.15%	1.5	Inestable Inestable
	-1.00m	Bishop= 1.45 Fellenius= 1.44	10.69% 10.77%	1.5	Inestable Inestable
	-1.50m	Bishop= 1.48 Fellenius= 1.47	12.98% 13.08%	1.5	Inestable Inestable
	-2.00m	Bishop= 1.51 Fellenius= 1.49	15.27% 14.62%	1.5	Estable Inestable
	-2.50m	Bishop= 1.51 Fellenius= 1.50	15.27% 15.38%	1.5	Estable Estable
	-3.00m	Bishop= 1.51 Fellenius= 1.50	15.27% 15.38%	1.5	Estable Estable
Comb 4: Condiciones pseudoestáticas de carga con presencia de agua		Factor de seguridad obtenido	Incremento de FS por disminución de NF	Factor de seguridad de comparación	Estabilidad de taludes
Profundidad de nivel freático					
	0.00m	Bishop= 0.74 Fellenius= 0.74	----- -----	1.25	Inestable Inestable
	-0.50m	Bishop= 0.79 Fellenius= 0.79	6.76% 6.76%	1.25	Inestable Inestable
	-1.00m	Bishop= 0.82 Fellenius= 0.82	10.81% 10.81%	1.25	Inestable Inestable
	-1.50m	Bishop= 0.85 Fellenius= 0.84	14.86% 13.51%	1.25	Inestable Inestable
	-2.00m	Bishop= 0.86 Fellenius= 0.86	16.22% 16.22%	1.25	Inestable Inestable
	-2.50m	Bishop= 0.87 Fellenius= 0.86	17.57% 16.22%	1.25	Inestable Inestable
	-3.00m	Bishop= 0.87 Fellenius= 0.86	17.57% 16.22%	1.25	Inestable Inestable

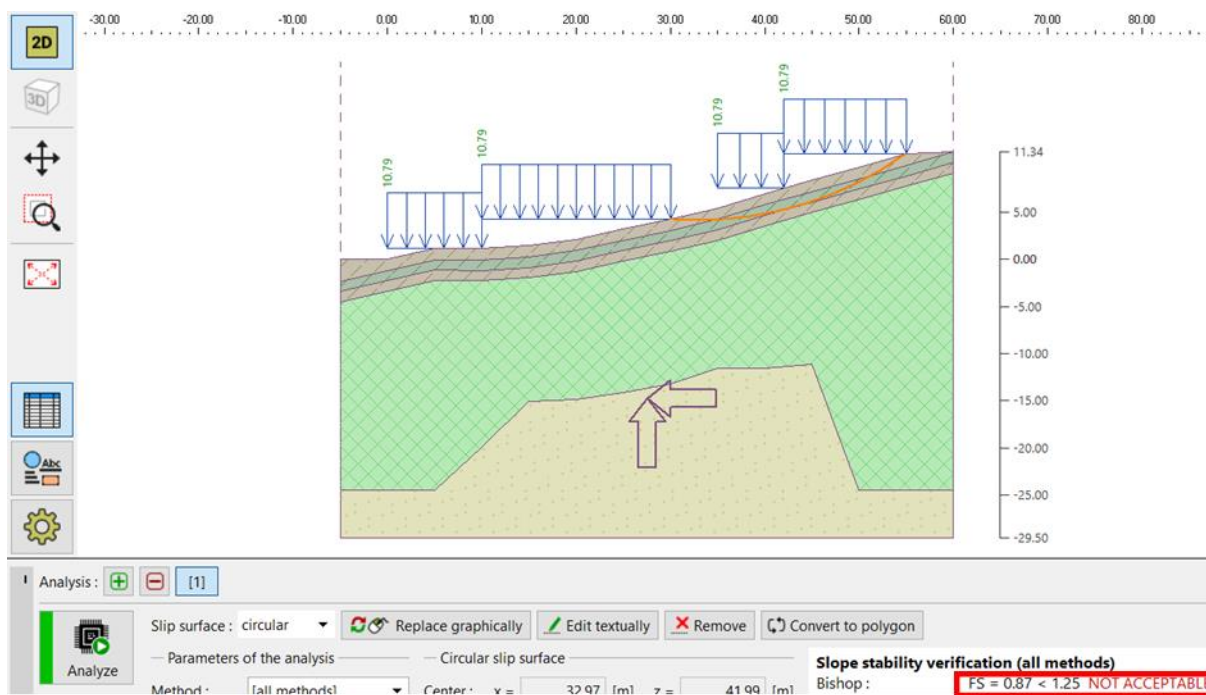
Fuente: Elaboración propia

Figura 16: Factor de seguridad (sección A-A) obtenido de la combinación 1, mediante el método de Bishop



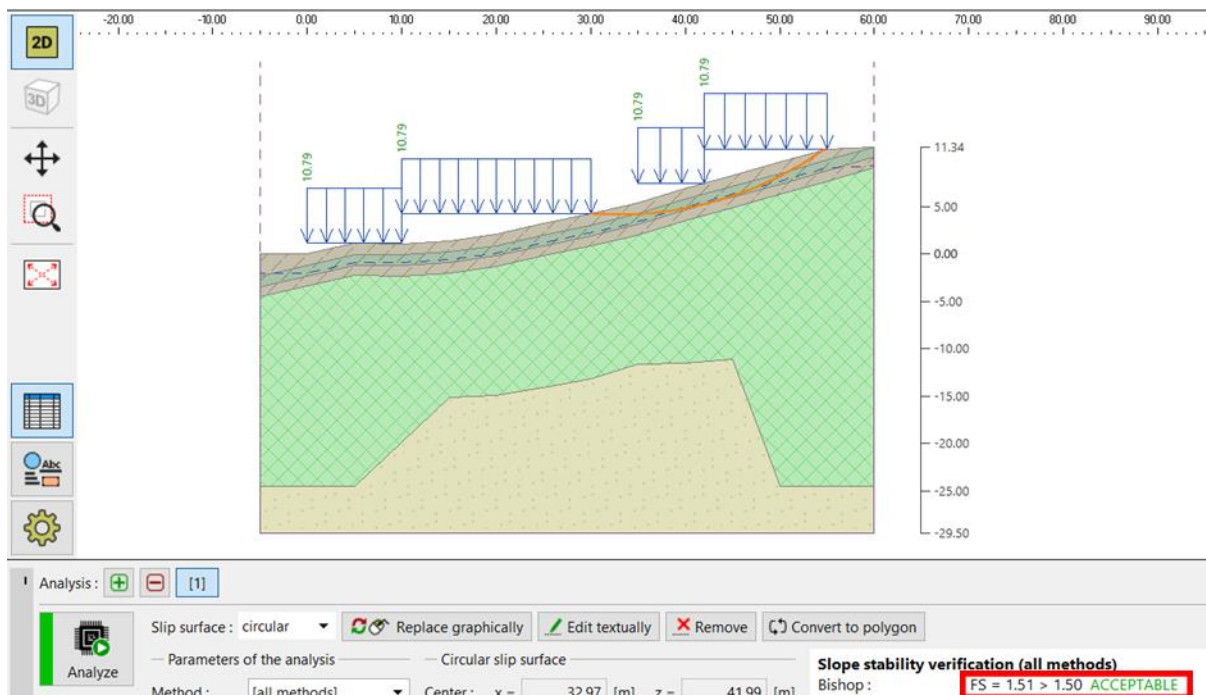
Fuente: Elaboración propia

Figura 17: Factor de seguridad (sección A-A) obtenido de la combinación 2, mediante el método de Bishop



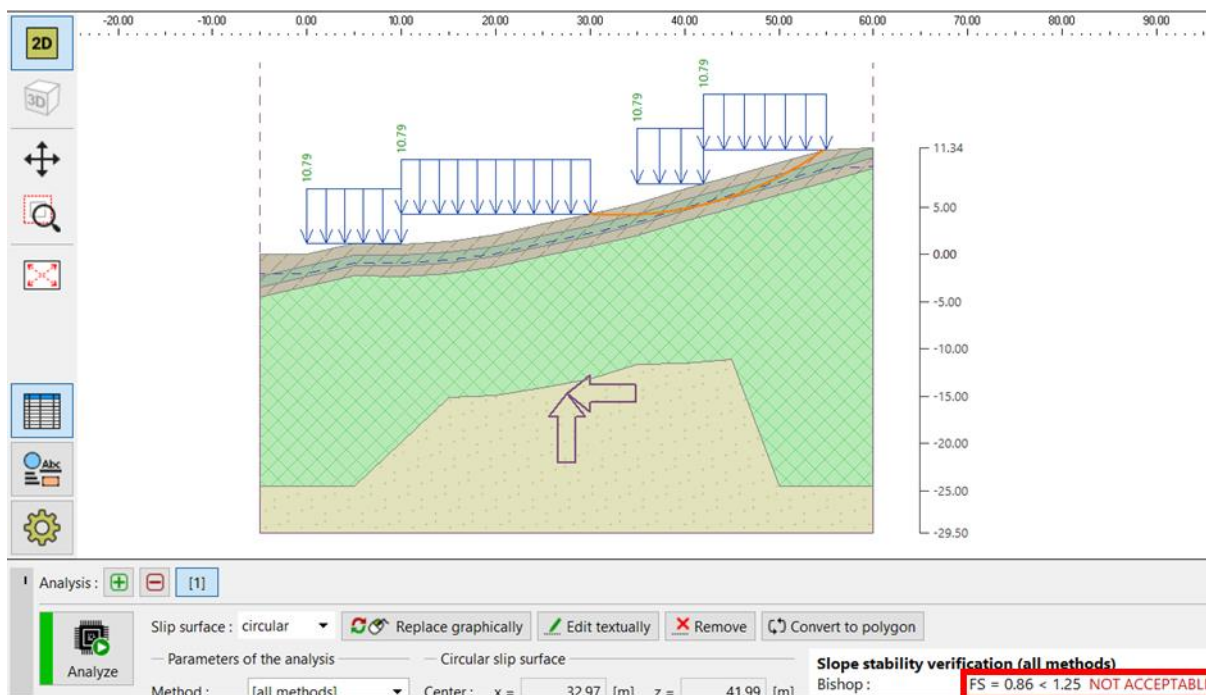
Fuente: Elaboración propia

Figura 18: Factor de seguridad (sección A-A) obtenido de la combinación 3 con nivel freático a 2 metros de profundidad, mediante el método de Bishop



Fuente: Elaboración propia

Figura 19: Factor de seguridad (sección A-A) obtenido de la combinación 4 con nivel freático a 2 metros de profundidad, mediante el método de Bishop

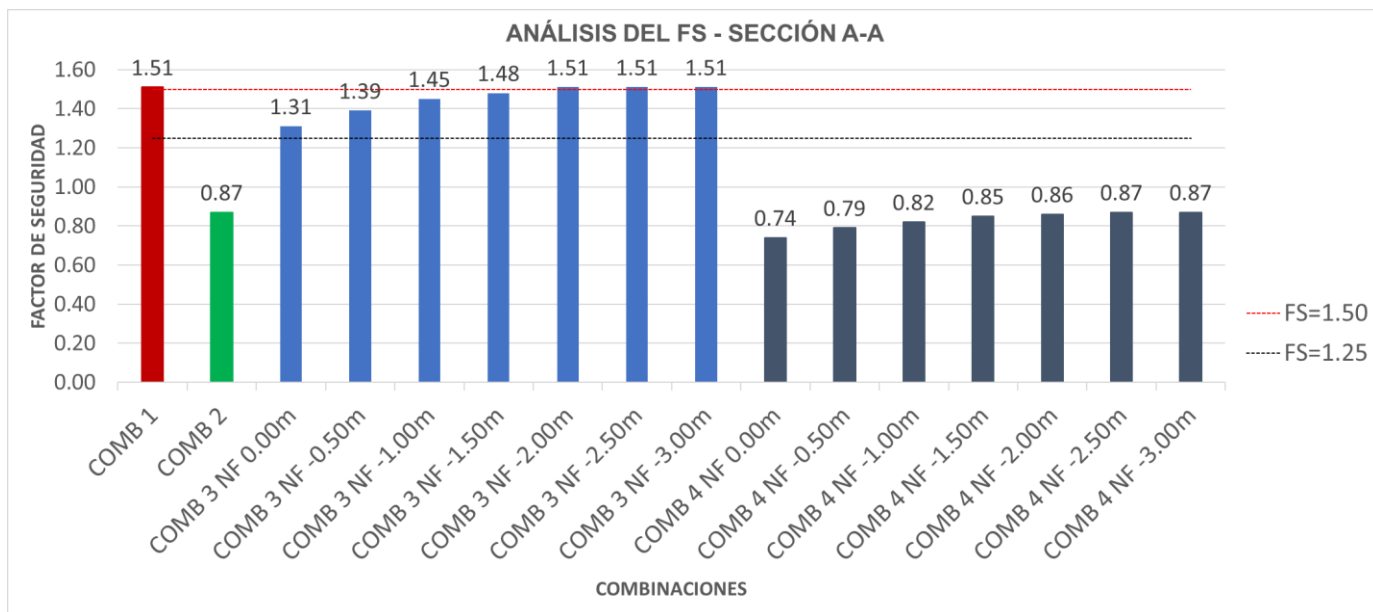


Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

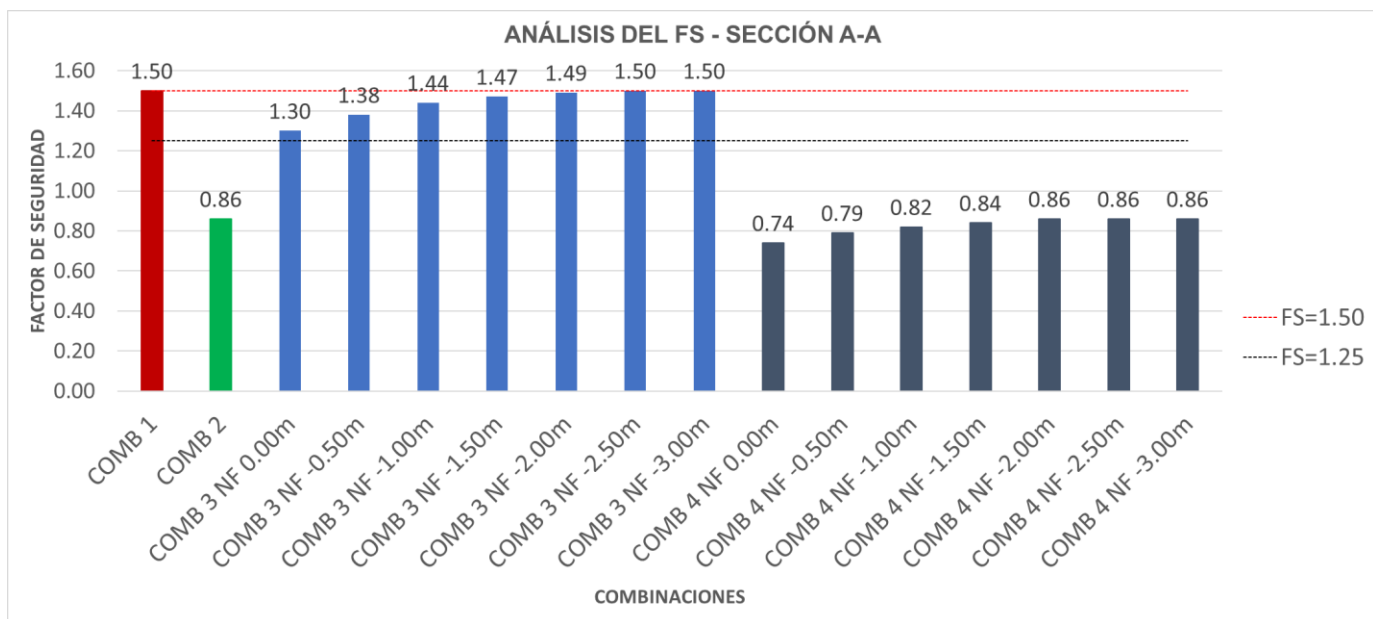
- De la tabla 7, el talud es estable en condiciones permanentes sin presencia de agua (comb 1); mientras que en las condiciones pseudoestáticas sin presencia de agua (comb 2) no lo es.
- El modelamiento del talud en condiciones permanentes con presencia de agua (comb 3) indica que mientras el nivel freático se encuentre 1.50m por debajo de la superficie del terreno el talud es inestable, mientras que cuando el nivel freático se encuentre 2m por debajo de la superficie del terreno, es estable según la metodología de Bishop, como se puede apreciar en la tabla 7.
- El factor de seguridad más bajo es 0.74 (Bishop) y 0.74 (Fellenius), siendo este el resultado de la condición más crítica correspondiente a condiciones pseudoestáticas con presencia de agua (comb 4).
- Del modelamiento en condiciones permanentes con presencia de agua (comb 3), se identificó un crecimiento porcentual del factor de seguridad a medida que el nivel freático se aleja de la superficie del terreno, cuando el nivel freático se encuentra a profundidad de 3m existe un aumento de 15.27% (Bishop) y 15.38% (Fellenius) del valor del factor de seguridad con respecto al valor que se tiene cuando el nivel freático está a nivel de la superficie del terreno.
- Del modelamiento en condiciones permanentes con presencia de agua (comb 4), se identificó un crecimiento porcentual del factor de seguridad a medida que el nivel freático se aleja de la superficie del terreno, cuando el nivel freático se encuentra a profundidad de 3m existe un aumento de 17.57% (Bishop) y 16.22% (Fellenius) del valor del factor de seguridad con respecto al valor que se tiene cuando el nivel freático está a nivel de la superficie del terreno.

Gráfico 1: Análisis horizontal de estabilidad del talud según Bishop, para distintos casos en la sección A-A



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2: Análisis horizontal de estabilidad del talud según Fellenius, para distintos casos en la sección A-A



Fuente: Elaboración propia

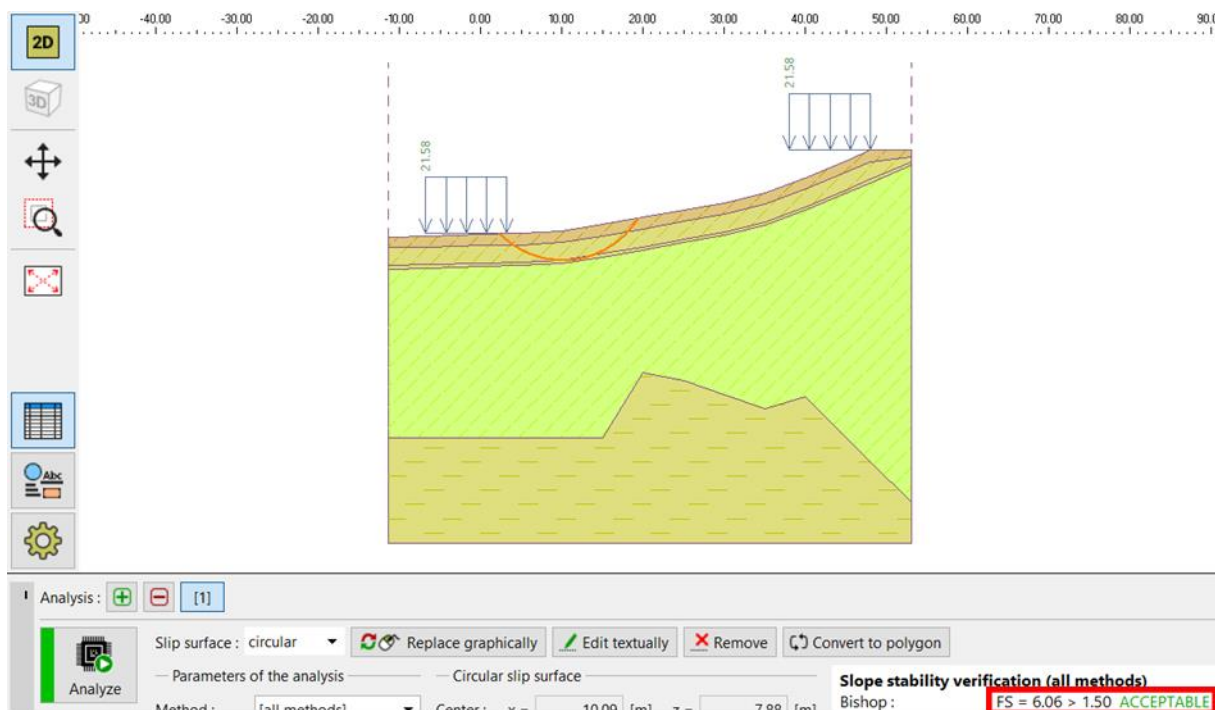
4.3.2 Resultados de la estabilidad del talud sección B-B

Tabla 8: Análisis de estabilidad del talud para distintos casos y análisis vertical en las combinaciones 3 y 4, en la sección B-B

Comb 1: Condiciones estáticas de carga sin presencia de agua		Factor de seguridad obtenido	Factor de seguridad de comparación	Estabilidad de taludes	
		Bishop= 6.06	1.5	Estable	
		Fellenius= 5.37		Estable	
Comb 2: Condiciones pseudoestáticas de carga sin presencia de agua		Factor de seguridad obtenido	Factor de seguridad de comparación	Estabilidad de taludes	
		Bishop= 1.55	1.25	Estable	
		Fellenius= 1.37		Estable	
Comb 3: Condiciones estáticas de carga con presencia de agua		Factor de seguridad obtenido	Incremento de FS por disminución de NF	Factor de seguridad de comparación	Estabilidad de taludes
Profundidad de nivel freático		Bishop= 3.25	-----	1.5	Estable
0.00m		Fellenius= 2.88	-----		Estable
		Bishop= 3.79	16.62%	1.5	Estable
-0.50m		Fellenius= 3.32	15.28%	1.5	Estable
		Bishop= 4.29	32.00%	1.5	Estable
-1.00m		Fellenius= 3.75	30.21%	1.5	Estable
		Bishop= 4.75	46.15%	1.5	Estable
-1.50m		Fellenius= 4.15	44.10%	1.5	Estable
		Bishop= 5.16	58.77%	1.5	Estable
-2.00m		Fellenius= 4.52	56.94%	1.5	Estable
		Bishop= 5.52	69.85%	1.5	Estable
-2.50m		Fellenius= 4.85	68.40%	1.5	Estable
		Bishop= 5.81	78.77%	1.5	Estable
-3.00m		Fellenius= 5.13	78.13%	1.5	Estable
Comb 4: Condiciones pseudoestáticas de carga con presencia de agua		Factor de seguridad obtenido	Incremento de FS por disminución de NF	Factor de seguridad de comparación	Estabilidad de taludes
Profundidad de nivel freático		Bishop= 0.76	-----	1.25	Inestable
0.00m		Fellenius= 0.65	-----		Inestable
		Bishop= 0.91	19.74%	1.25	Inestable
-0.50m		Fellenius= 0.77	1.32%	1.25	Inestable
		Bishop= 1.05	38.16%	1.25	Inestable
-1.00m		Fellenius= 0.90	18.42%	1.25	Inestable
		Bishop= 1.18	55.26%	1.25	Inestable
-1.50m		Fellenius= 1.01	32.89%	1.25	Inestable
		Bishop= 1.29	69.74%	1.25	Estable
-2.00m		Fellenius= 1.12	47.37%	1.25	Inestable
		Bishop= 1.40	84.21%	1.25	Estable
-2.50m		Fellenius= 1.22	60.53%	1.25	Inestable
		Bishop= 1.48	94.74%	1.25	Estable
-3.00m		Fellenius= 1.30	71.05%	1.25	Estable

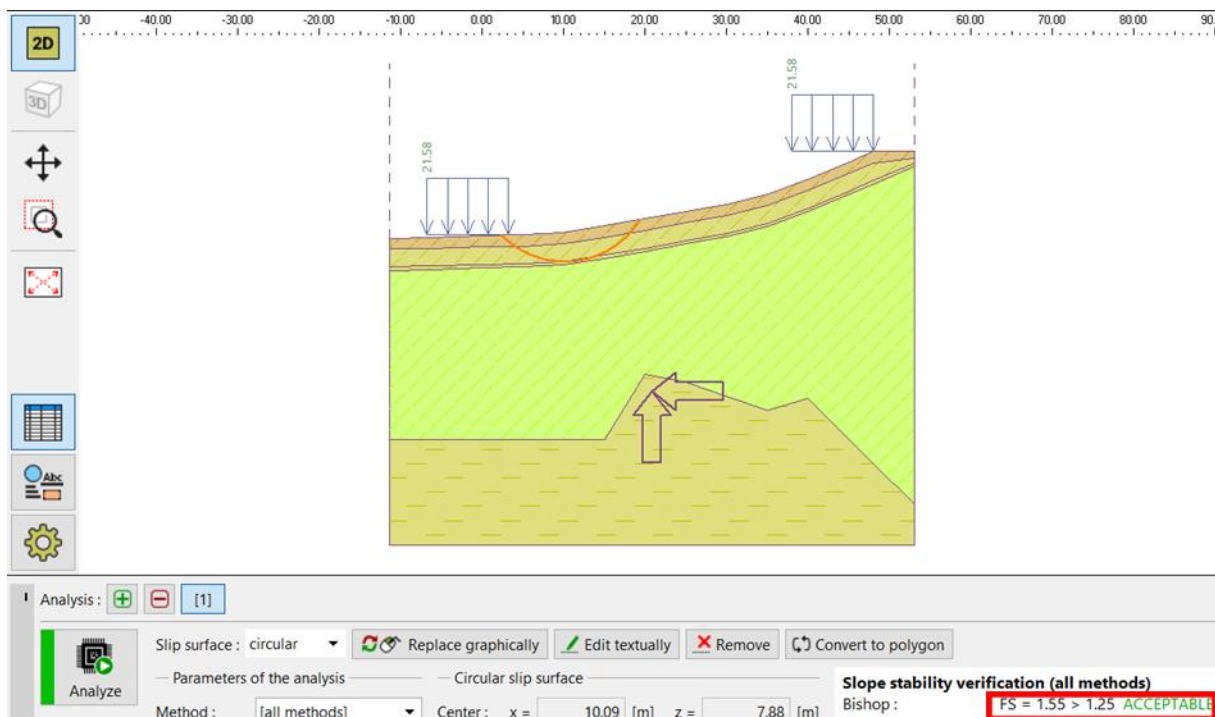
Fuente: Elaboración propia

Figura 20: Factor de seguridad (sección B-B) obtenido de la combinación 1, mediante el método de Bishop



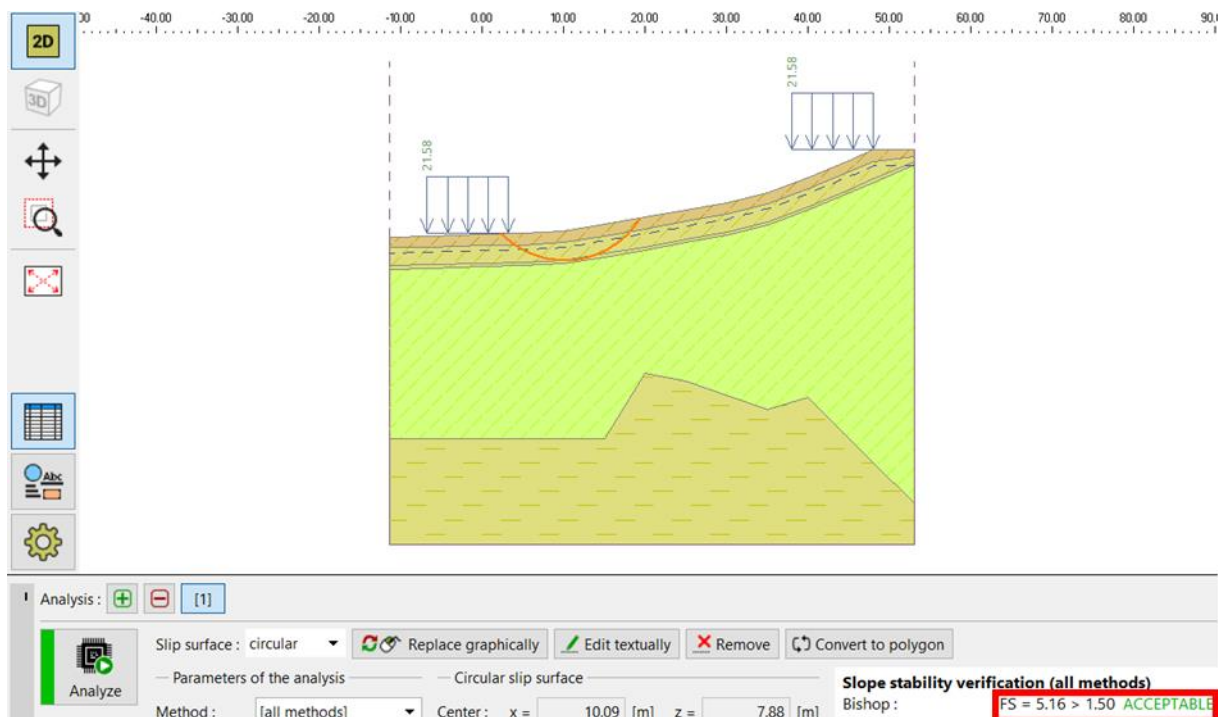
Fuente: Elaboración propia

Figura 21: Factor de seguridad (sección B-B) obtenido de la combinación 2, mediante el método de Bishop



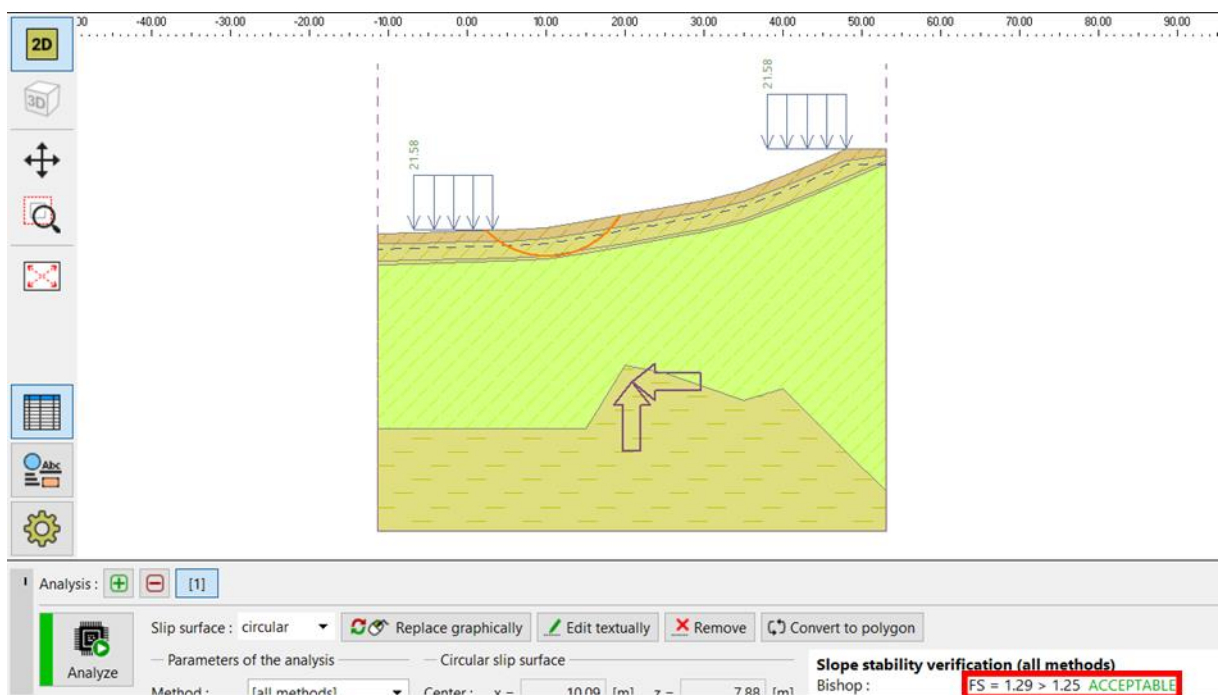
Fuente: Elaboración propia

Figura 22: Factor de seguridad (sección B-B) obtenido de la combinación 3 con nivel freático a 2 metros de profundidad, mediante el método de Bishop



Fuente: Elaboración propia

Figura 23: Factor de seguridad (sección B-B) obtenido de la combinación 4 con nivel freático a 2 metros de profundidad, mediante el método de Bishop

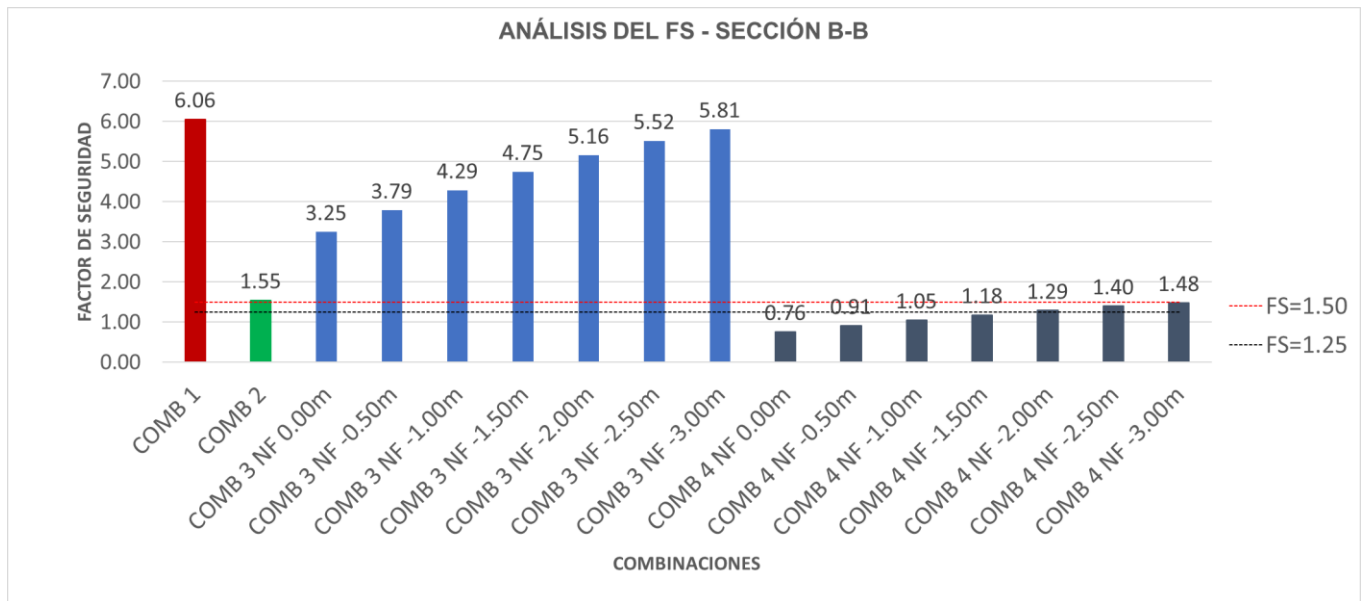


Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

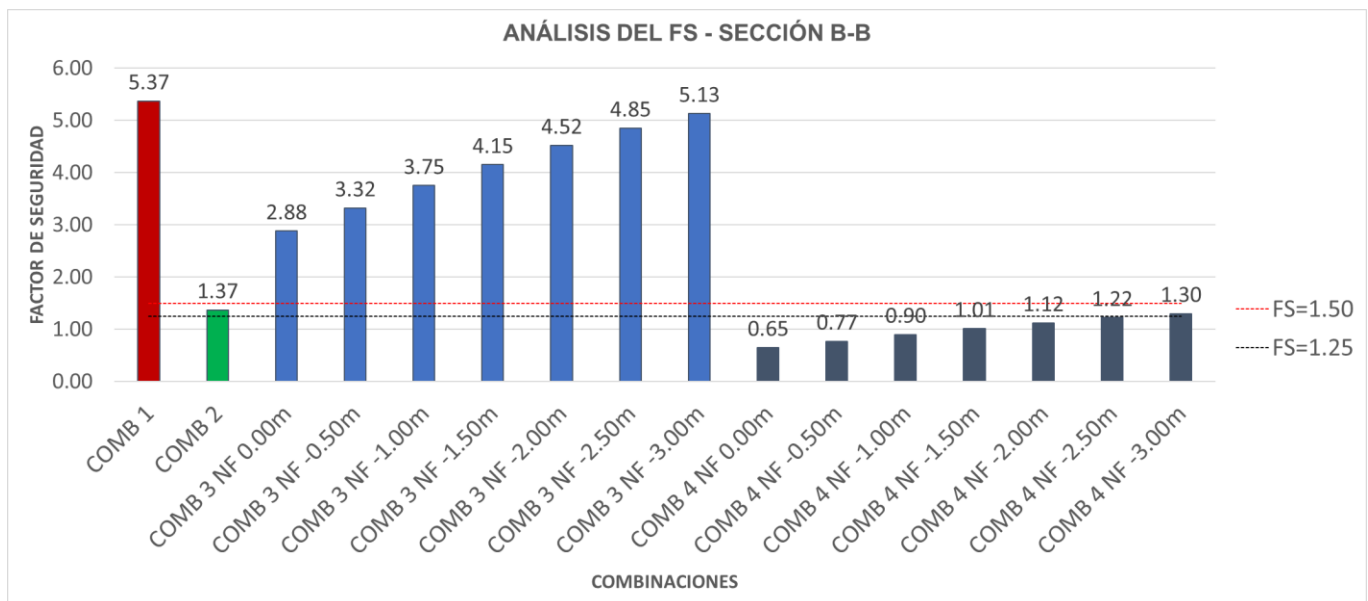
- De la tabla 8, el talud es estable en condiciones permanentes sin presencia de agua (comb 1); al igual que en las condiciones pseudoestáticas sin presencia de agua (comb 2).
- El modelamiento del talud en condiciones permanentes con presencia de agua (comb 3) indica que para esta sección el talud es estable.
- El factor de seguridad más bajo es 0.76 (Bishop) y 0.65 (Fellenius), siendo este el resultado de la condición más crítica correspondiente a condiciones pseudoestáticas con presencia de agua (comb 4).
- Del modelamiento en condiciones permanentes con presencia de agua (comb 3), se identificó un crecimiento porcentual del factor de seguridad a medida que el nivel freático se aleja de la superficie del terreno, cuando el nivel freático se encuentra a profundidad de 3m existe un aumento de 78.77% (Bishop) y 78.13% (Fellenius) del valor del factor de seguridad con respecto al valor que se tiene cuando el nivel freático está a nivel de la superficie del terreno.
- Del modelamiento en condiciones permanentes con presencia de agua (comb 4), se identificó un crecimiento porcentual del factor de seguridad a medida que el nivel freático se aleja de la superficie del terreno, cuando el nivel freático se encuentra a profundidad de 3m existe un aumento de 94.74% (Bishop) y 71.05% (Fellenius) del valor del factor de seguridad con respecto al valor que se tiene cuando el nivel freático está a nivel de la superficie del terreno.
- De la tabla 8, se obtiene que el talud es estable con 1.48 (Bishop) y 1.30 (Fellenius), cuando el nivel freático se encuentra 3m por debajo de la superficie del terreno, esto en la condición más crítica del modelamiento (comb 4).

Gráfico 3: Análisis horizontal de estabilidad del talud según Bishop, para distintos casos en la sección B-B



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4: Análisis horizontal de estabilidad del talud según Fellenius, para distintos casos en la sección B-B



Fuente: Elaboración propia

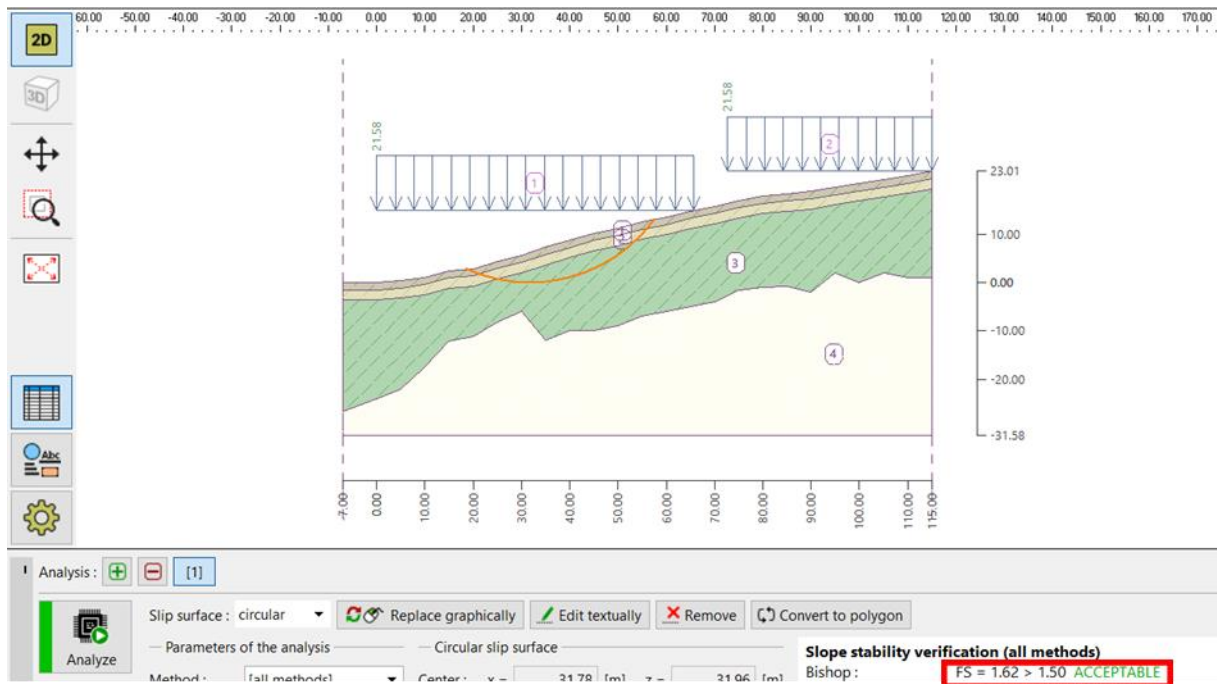
4.3.3 Resultados de la estabilidad del talud sección C-C

Tabla 9: Análisis de estabilidad del talud para distintos casos y análisis vertical en las combinaciones 3 y 4, en la sección C-C

Comb 1: Condiciones estáticas de carga sin presencia de agua		Factor de seguridad obtenido Bishop= 1.62 Fellenius= 1.49	Factor de seguridad de comparación 1.5	Estabilidad de taludes Estable Inestable
Comb 2: Condiciones pseudoestáticas de carga sin presencia de agua		Factor de seguridad obtenido Bishop= 0.79 Fellenius= 0.72	Factor de seguridad de comparación 1.25	Estabilidad de taludes Inestable Inestable
Profundidad de nivel freático	Factor de seguridad obtenido	Incremento de FS por disminución de NF	Factor de seguridad de comparación	Estabilidad de taludes
0.00m	Bishop= 0.96 Fellenius= 0.88	----- -----	1.5	Inestable Inestable
-0.50m	Bishop= 1.02 Fellenius= 0.93	6.25% 5.68%	1.5	Inestable Inestable
Comb 3: Condiciones estáticas de carga con presencia de agua	Bishop= 1.08 Fellenius= 0.99	12.50% 12.50%	1.5	Inestable Inestable
-1.00m	Bishop= 1.14 Fellenius= 1.04	18.75% 18.18%	1.5	Inestable Inestable
-1.50m	Bishop= 1.20 Fellenius= 1.10	25.00% 25.00%	1.5	Inestable Inestable
-2.00m	Bishop= 1.26 Fellenius= 1.15	31.25% 30.68%	1.5	Inestable Inestable
-2.50m	Bishop= 1.31 Fellenius= 1.20	36.46% 36.36%	1.5	Inestable Inestable
-3.00m				
Profundidad de nivel freático	Factor de seguridad obtenido	Incremento de FS por disminución de NF	Factor de seguridad de comparación	Estabilidad de taludes
0.00m	Bishop= 0.42 Fellenius= 0.36	----- -----	1.25	Inestable Inestable
-0.50m	Bishop= 0.45 Fellenius= 0.40	7.14% 11.11%	1.25	Inestable Inestable
Comb 4: Condiciones pseudoestáticas de carga con presencia de agua	Bishop= 0.49 Fellenius= 0.43	16.67% 19.44%	1.25	Inestable Inestable
-1.00m	Bishop= 0.52 Fellenius= 0.46	23.81% 27.78%	1.25	Inestable Inestable
-1.50m	Bishop= 0.55 Fellenius= 0.49	30.95% 36.11%	1.25	Inestable Inestable
-2.00m	Bishop= 0.59 Fellenius= 0.52	40.48% 44.44%	1.25	Inestable Inestable
-2.50m	Bishop= 0.62 Fellenius= 0.55	47.62% 52.78%	1.25	Inestable Inestable
-3.00m				

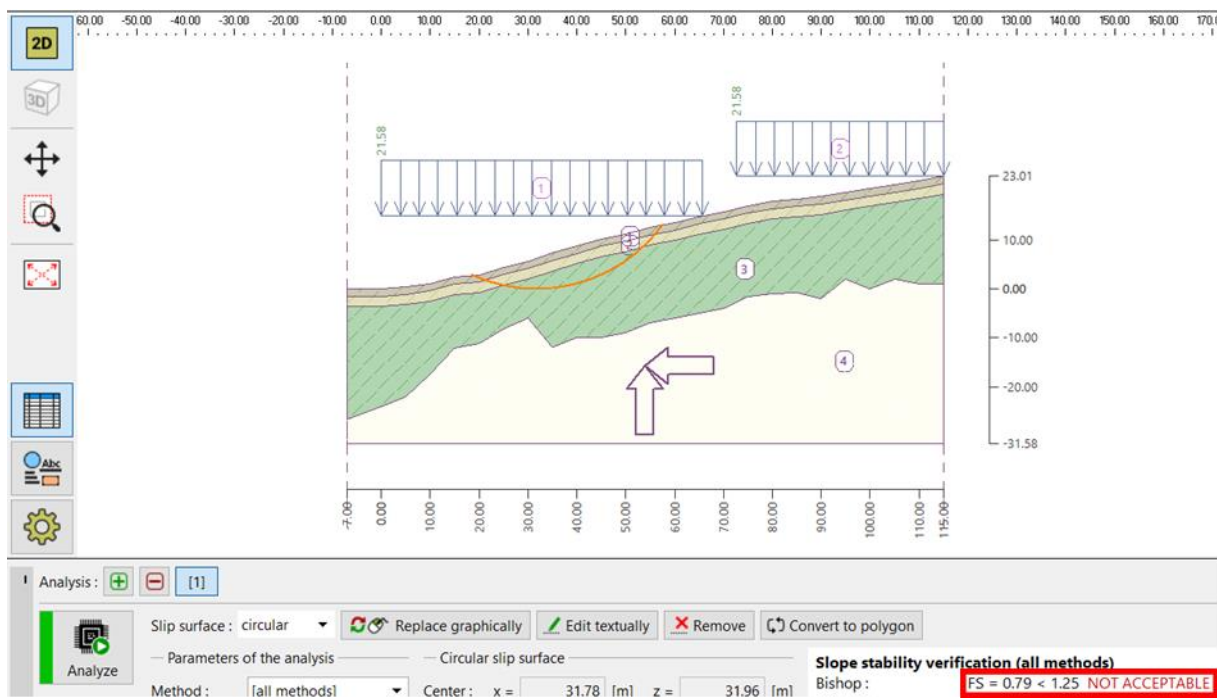
Fuente: Elaboración propia

Figura 24: Factor de seguridad (sección C-C) obtenido de la combinación 1, mediante el método de Bishop



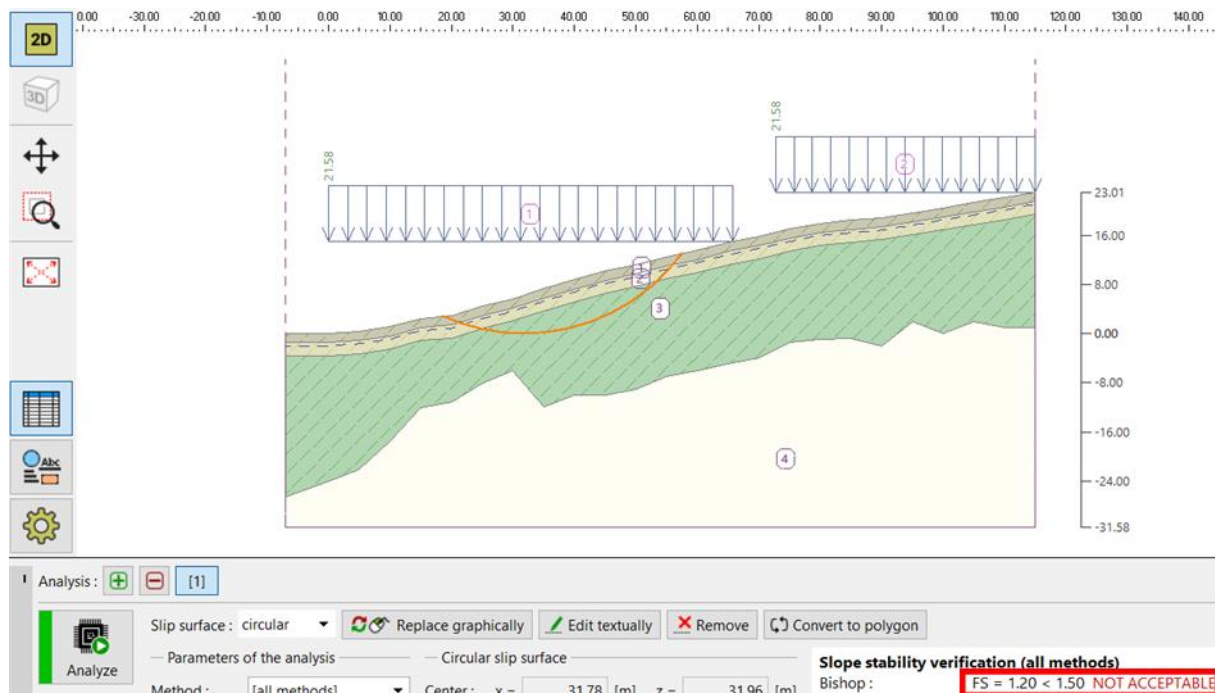
Fuente: Elaboración propia

Figura 25: Factor de seguridad (sección C-C) obtenido de la combinación 2, mediante el método de Bishop



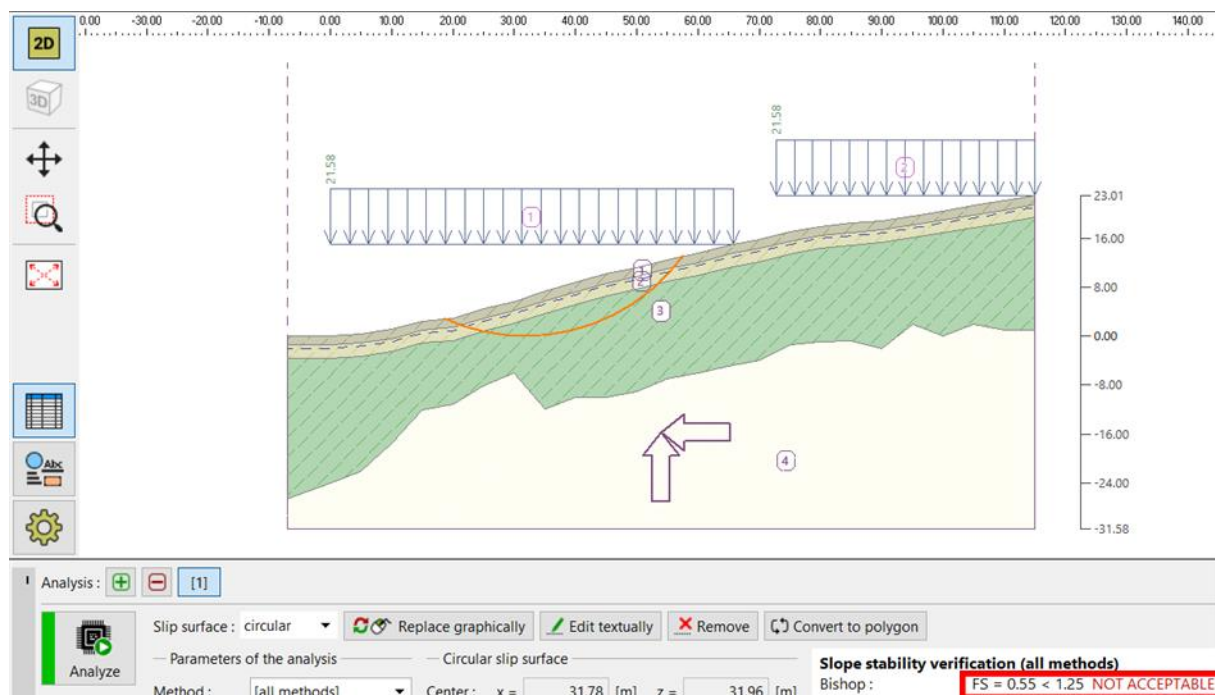
Fuente: Elaboración propia

Figura 26: Factor de seguridad (sección C-C) obtenido de la combinación 3 con nivel freático a 2 metros de profundidad, mediante el método de Bishop



Fuente: Elaboración propia

Figura 27: Factor de seguridad (sección C-C) obtenido de la combinación 4 con nivel freático a 2 metros de profundidad, mediante el método de Bishop

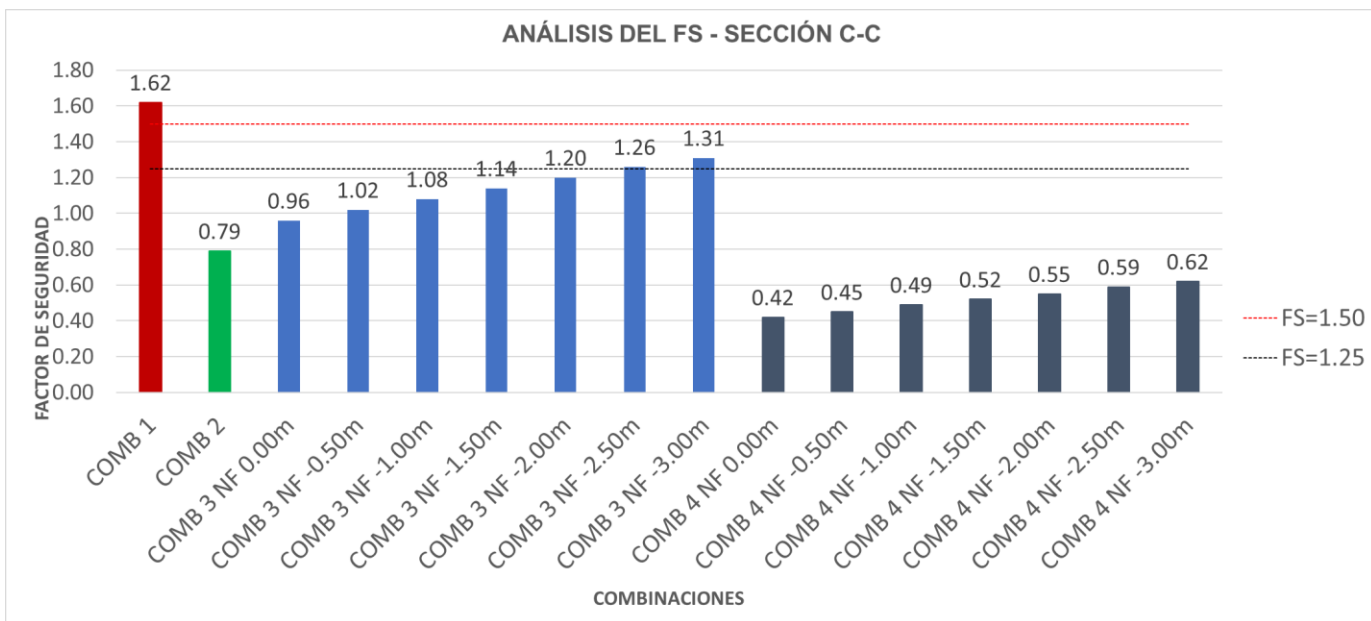


Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

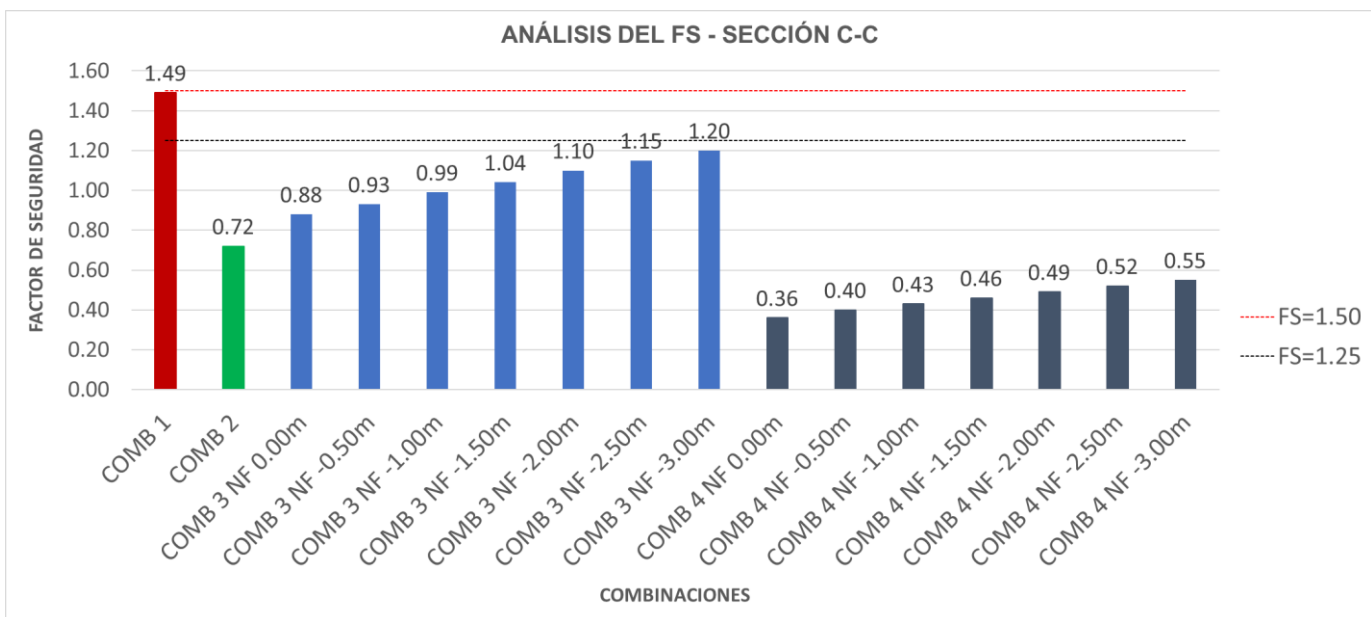
- De la tabla 9, el talud es estable en condiciones permanentes sin presencia de agua (comb 1), para el método de Bishop. Sin embargo, para en el método de Fellenius es inestable.
- El modelamiento del talud en condiciones permanentes con presencia de agua (comb 3) indica que para esta sección el talud es inestable.
- El factor de seguridad más bajo es 0.42 (Bishop) y 0.36 (Fellenius), siendo este el resultado de la condición más crítica correspondiente a condiciones pseudoestáticas con presencia de agua (comb 4).
- Del modelamiento en condiciones permanentes con presencia de agua (comb 3), se identificó un crecimiento porcentual del factor de seguridad a medida que el nivel freático se aleja de la superficie del terreno, cuando el nivel freático se encuentra a profundidad de 3m existe un aumento de 36.46% (Bishop) y 36.36% (Fellenius) del valor del factor de seguridad con respecto al valor que se tiene cuando el nivel freático está a nivel de la superficie del terreno.
- Del modelamiento en condiciones permanentes con presencia de agua (comb 4), se identificó un crecimiento porcentual del factor de seguridad a medida que el nivel freático se aleja de la superficie del terreno, cuando el nivel freático se encuentra a profundidad de 3m existe un aumento de 47.62% (Bishop) y 52.78% (Fellenius) del valor del factor de seguridad con respecto al valor que se tiene cuando el nivel freático está a nivel de la superficie del terreno.

Gráfico 5: Análisis horizontal de estabilidad del talud según Bishop, para distintos casos en la sección C-C



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6: Análisis horizontal de estabilidad del talud según Fellenius, para distintos casos en la sección C-C



Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

Dentro del análisis de la investigación se puede notar la variabilidad de resultados en un área relativamente pequeña, se puede apreciar que los valores de factores de seguridad obtenidos tanto para el método de Bishop y Fellenius cambian de estables a inestables para algunas combinaciones, tal es el caso de la primera franja de estudio denominada sección A-A que en la combinación de análisis 1, se determinó que el talud es estable, lo contrario pasa con las combinaciones 2 y 4, las cuales arrojan un factor de seguridad que indican inestabilidad; sin embargo, en la combinación 2, también se determinó que en el análisis el talud es inestable pero con tendencia a la estabilidad a medida que el nivel freático se aleja de la superficie del terreno.

Para la segunda franja de análisis denominada sección B-B, se halló que las combinaciones de análisis 1,2 y 3 muestran valores de factores de seguridad que indican estabilidad en el talud, por otro lado, para el análisis de la combinación 4, se determinó que el talud es inestable. Caso diferente existe con la franja de análisis denominada sección C-C, en la cual se obtuvieron valores de estabilidad en la combinación 1 para la metodología de Bishop aunque con cierta tendencia a la estabilidad con la metodología de Fellenius. Sin embargo, en las combinaciones 2,3 y 4 se nota claramente que el análisis indica que el talud sería inestable en dichas condiciones.

Del ensayo de mecánica de suelos se determinó que esta zona está gobernada por suelos finos, los mismos que tienen las características de ser suelos de alta plasticidad, en el modelamiento en el software Geo5 se pudo determinar que existe un cambio considerable al existir un nivel de agua que cubra el nivel de este tipo de suelos, por otro lado, se halló que el valor del factor de seguridad se incrementa cuando el nivel freático disminuye.

Del análisis del fraccionamiento en tres secciones para la zona de estudio, los resultados indican que para la primera combinación (Condiciones permanentes sin presencia de agua) es evidente que el talud es estable tanto para la sección A-A, sección B-B y para la sección C-C a excepción del resultado que arroja el método de Fellenius con un valor de factor de seguridad de 1.49, lo que indica inestabilidad en el mismo.

Por la disposición de las cargas permanentes (viviendas) se puede apreciar que la sección B-B es estable en la combinación 2 (condiciones pseudoestáticas si presencia de nivel freático) a diferencia de la sección C-C que su carga permanente es constante en toda su longitud y la sección A-A que es casi constante su carga permanente en toda su longitud de análisis.

Figura 28: Disposición de las cargas (Ubicación de las viviendas en zona de estudio)



Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos se tiene que es imprescindible mecanismos individuales adicionales o la combinación de ellos para cambiar el estado actual del talud potencialmente inestable a estable.

VI. CONCLUSIONES

- Se determino que los suelos de la zona de estudio son suelos finos como arcillas de alta plasticidad, limos de alta plasticidad y arcillas de baja plasticidad.
- Del análisis de estabilidad en condiciones estáticas de carga sin presencia de agua, para las 3 secciones, se obtuvo que la sección A-A y B-B son estables, sin embargo, en la sección C-C existe tendencia a la inestabilidad.
- Del análisis de estabilidad en condiciones pseudoestáticas de carga con niveles freáticos variables, se pudo notar que a medida que el nivel freático disminuye, el valor del factor de seguridad aumenta, volviendo estable en algunos casos a la sección del talud.
- La condición más crítica de análisis, es la combinación en condiciones pseudoestáticas con presencia de agua, asimismo la superficie de falla presenta profundidades, para la sección A-A de 2.10m; para la sección B-B de 3.69m y para la sección C-C de 7.48m.

VII. RECOMENDACIONES

- En el caso de futuras investigaciones que quieran intervenir en esta zona, es imprescindible realizar un tratamiento del talud por separado, es necesario realizar secciones geoelectricas separadas transversalmente 2m, para conocer más a detalle el suelo a diferentes profundidades.
- Antes de realizar un proyecto de inversión pública cerca de la zona de deslizamiento, es importante realizar una intervención que garantice la estabilidad del talud, para garantizar la vida útil del proyecto.
- En cuanto a las viviendas destruidas en el deslizamiento, constituidas por sistemas a base de adobe y concreto, una vez estabilizado la zona de reptación. Pueden ser sustituidas por viviendas prefabricadas de bajo costo, menor peso e instalación rápida.
- En la sección C - C se puede emplear un sistema de depresión de nivel freático como galerías drenantes o zanjas drenantes al igual que en la sección A - A y sección B - B, sin embargo, en la sección C - C se podría emplear adicionalmente un sistema de pantalla de pilotes para lograr la estabilización de esta sección más crítica.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] H. V. Mucuta Lito, M. Cartaya Pires y R. L. Watson Quesada, «Evaluación de estabilidad en taludes del yacimiento Catellano mediante el cálculo del factor de seguridad,» *Minería y Geología*, vol. 36, nº 4, pp. 441-450, 2020.
- [2] NORMA CE.020 SUELOS Y TALUDES, 2012.
- [3] P. Gomes M y L. Acquaviva, «Mitigación de desastres en sistemas de agua potable y saneamiento,» Lima, Perú, 2002.
- [4] A. Caceres Narrea, «Estudio de Seguridad Física de Sócota,» Municipalidad Distrital de Sócota, 2006.
- [5] J. C. Gómez Avalos, M. Vivanco Manrique y R. Arone Padilla, «“Informe geológico-geodinámico del distrito de Sócota, Provincia de Cutervo, Región Cajamarca”,» Lima, Perú, 2015.
- [6] «Modelo matemático para determinar el índice de inestabilidad de suelos arcillosos en laderas aprovechables para transporte carrozable – carretera de acceso a El Pinar – tramo 0+840 a 0+980, localidad de Huaraz – Áncash,» 2017.
- [7] D. F. Álvarez Ayma, F. Calderón La Torre, C. E. Flores Guzmán, C. D. Rado Covarrubias, H. Silva Reime y R. E. Vila Garrafa, «EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESLIZAMIENTO EN LA APV ALTIVA CANAS, DISTRITO DE SAN JERÓNIMO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CUSCO,» pp. 1-8, 2018.
- [8] C. Chiroque Herrera y L. León Ordáz, «Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el área urbana de Montero, sector Loja y las quebradas Juan Pablo II, La Esperanza y Marmas,» INGEMMET, Lima, 2020.
- [9] C. D. C. Solis Gayturo y M. J. Del Solar Gutiérrez, «EVALUACIÓN DEL RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA ORIGINADOS POR PRECIPITACIONES PLUVIALES PARA MITIGAR SUS EFECTOS,» Lima-Perú, 2021.
- [10] L. A. Apaza Quispe y M. Olivera Borda, «“EVALUACION DEL RIESGO GEOLOGICO ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN LA QUEBRADA SICRE, DISTRITO DE HUAYOPATA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO”,» CUSCO, PERÚ, 2021.
- [11] R. Mora y R. Granados, «ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES CONSIDERANDO LA INCERTIDUMBRE DE LOS DATOS: CASO COMUNIDAD DE MANSIONES DE MONTES DE OCA, SAN JOSÉ, COSTA RICA,» *Revista Geológica de América Central*, nº 47, pp. 133-141, 2012.
- [12] Y. Álvarez Gutierrez, S. M. Montoya Cañola, D. A. Rendón Giraldo y J. H. Caballero Acosta, «Análisis y diagnóstico de los fenómenos de inestabilidad que afectan el sector “La Bonita”, Amagá, Atioquía, Colombia,» *Boletín de Ciencias de la Tierra*, pp. 35-44, abril 2015.
- [13] E. Aristizábal, S. López, O. Sánchez, M. Vásquez, F. Rincón, D. Ruiz Vásquez, S. Restrepo y J. Sebastián Valencia, «Evaluación de la amenaza por movimientos en masa detonados por lluvias

para una región de los Andes colombianos estimando la probabilidad espacial, temporal, y magnitud,» *BOLETÍN DE GEOLOGÍA*, vol. 41, nº 3, pp. 1-21, 2019.

- [14] A. R. Benítez Estupiñan , «ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS POR MOVIMIENTOS EN MASA E INUNDACIONES EN LA ZONA URBANA DEL CANTÓN BUCAY,» Guayaquil, 2019.
- [15] F. Guarín Corredor, M. Schliz Antequera, C. Rivera Escorcía, M. Toruño Alvarez, M. Martínez, F. Vásquez y J. C. García, «Proyecto de Reducción de Riesgo: Un Análisis de Susceptibilidad, Vulnerabilidad y Gobernanza de Riesgos en el Área de Influencia del Volcán Concepción, Nicaragua,» Managua, Nicaragua, 2017.
- [16] INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL, «Plataforma Digital Única del Estado Peruano,» 23 02 2023. [En línea]. Available: <https://www.gob.pe/institucion/indeci/institucional>.
- [17] R. Valiente Sanz, S. Sobrecases Martí y A. Díaz Orrego, «Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo,» nº 7, 2015.
- [18] J. Suárez Díaz, Deslizamientos: Análisis Geotécnico, vol. I, Bucaramanga, Colombia, 2009.
- [19] MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, MANUAL DE CARRETERAS "SUELOS, GEOLOGIA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS", 2012.
- [20] I. Alcántara Ayala, «Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología,» *Investigaciones Geográficas, Boletín de Instituto de Geografía, UNAM*, nº 41, 2000.
- [21] El Peruano, NORMA E.050 Suelos y Cimentaciones, Lima, Perú: DIARIO EL PERUANO, 2006.
- [22] C. SANHUEZA PLAZA y L. RODRÍGUEZ CIFUENTES, «Análisis comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales,» *Revista de la Construcción*, vol. 12, pp. 17-29, 213.
- [23] E. A. Pérez de Ágreda, Estabilidad de Taludes, Catalunya, España: UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA, 2005.
- [24] K. M. Orozco Olarte, «ESTABILIDAD DE TALUDES EN SUELOS RESIDUALES EVALUADO EN EL CORTO Y LARGO PLAZO,» MEDELLÍN, COLOMBIA, 2013.
- [25] B. M.DAS, FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA GEOTÉCNICA, Cuarta ed., Mexico: CENGAGE Learning, 2015.
- [26] J. Rodriguez Hervas, «MODELACIÓN NUMERICA DE UN TERRAPLEN EXPERIMENTAL EN MOGRO,» Santander, 2018.
- [27] A. Karim, Z. Abdulkarim y W. Karim, «STABILITY OF SLOPES ON CLAYS OF VARIABLE STRENGTH BY LIMIT EQUILIBRIUM AND FINITE ELEMENT ANALYSIS METHODS,» *International Journal of GEOMATE*, vol. 13, 2017.
- [28] D. Nhu Son, «Reliability analysis and uncertainty quantification of clay and sand slopes stability evaluated by Fellenius and Bishop's simplified methods,» *International Journal of Geo-Engineering*, 2023.

- [29] A. Wubalem Azeze, «Comparación de métodos de equilibrio límite general para el análisis de estabilidad de taludes,» *Ethiopian Journal of Natural and Computational Sciences*, vol. 2, nº 1, pp. 271-290, 2022.
- [30] K. M. Orozco Olarte, «ESTABILIDAD DE TALUDES EN SUELOS RESIDUALES EVALUADO EN EL CORTO Y LARGO PLAZO,» Medellín, 2013.
- [31] F. Sengani y F. Mulenga, «Application of Limit Equilibrium Analysis and Numerical Modeling in a Case of Slope Instability,» *Sustainability*, vol. 12, nº 21, 2020.
- [32] J. D. Sáenz Gonzáles, «SIMULACIÓN NUMÉRICA DE OBRAS PARA LA ESTABILIZACIÓN SUPERFICIAL DE TALUDES,» Bogotá, 2013.
- [33] H. Raferi Renani y C. Derek Martin, «Factor of safety of strain-softening slopes,» *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, vol. 12, pp. 473-483, 2020.
- [34] D. Parasnis, *Principios de Geofísica Aplicada*, Madrid: Paraninfo, 1970.
- [35] K. E.N, *INTERPRETACION DE CURVAS DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES*, Madrid: Tecnología carretras MOPU, 1987.
- [36] F. J. Asumendi Esteban, «SIMULACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN SUELOS,» 1992.

IX. ANEXOS

9.1 Imágenes y fotografías

Imagen N°01: Ubicación del Departamento de Cajamarca (Perú)



Fuente: Google, 2024.

Imagen N°02: Mapa del Departamento de Cajamarca



Fuente: Google,2024.

Imagen N°02: Mapa de la Provincia de Cutervo



Fuente: Google, 2024.

Imagen N°02: Delimitación de parte urbana de Sócola



Fuente: Google,2024.

Imagen N°05: Relieve de la Villa de Sócota



Fuente: Google,2024.

Imagen N°06: Área crítica de deslizamiento



Fuente: Google,2024.

Imagen N°07: Vista aérea de zona crítica



Fuente: Propia.

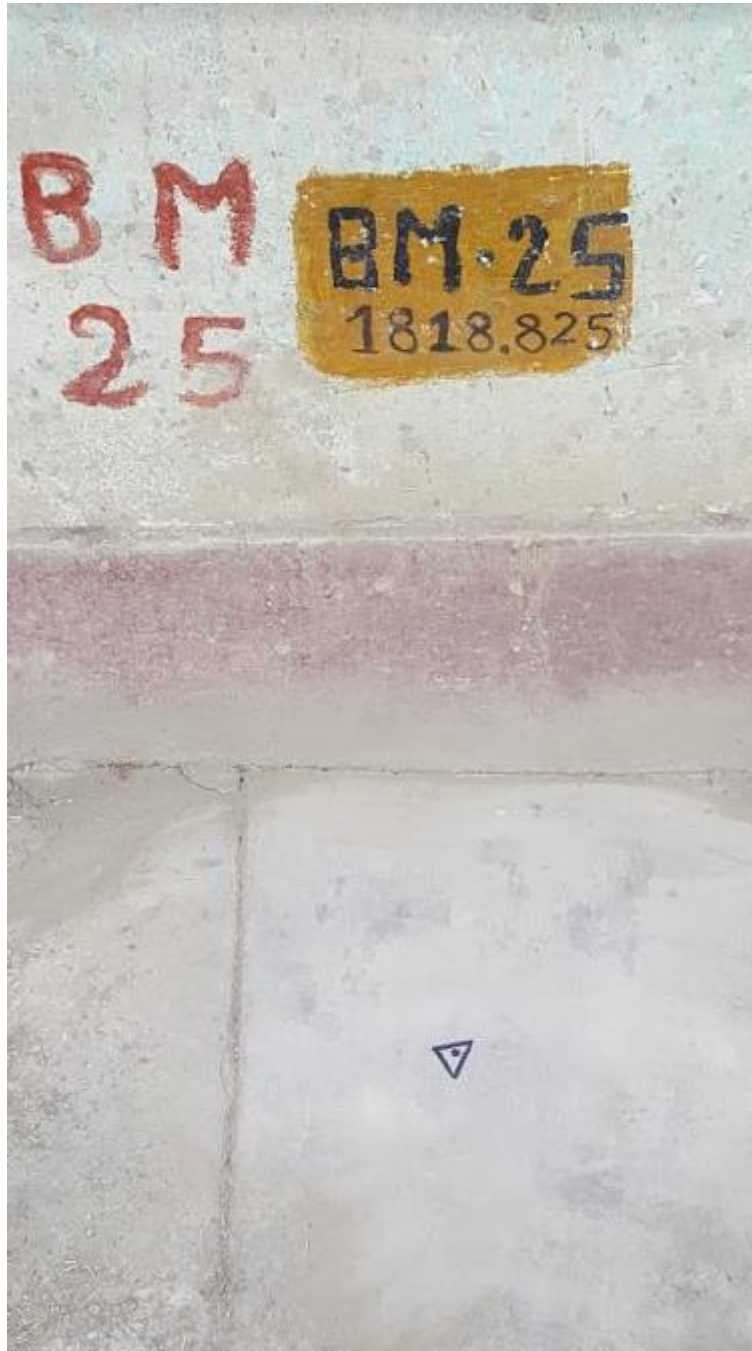
Imagen N°08: Parte central de zona crítica de deslizamiento



Fuente: Propia.

9.2 Levantamiento topográfico

Imagen N°01: BM de referencia A



Fuente: Propia.

Imagen N°02: BM de referencia B



Fuente: Propia.

Imagen N°03: Levantamiento con estación / Calle Carlos Fisher



Fuente: Propia

Imagen N°04: Levantamiento con estación / Calle Carlos Fisher



Fuente: Propia

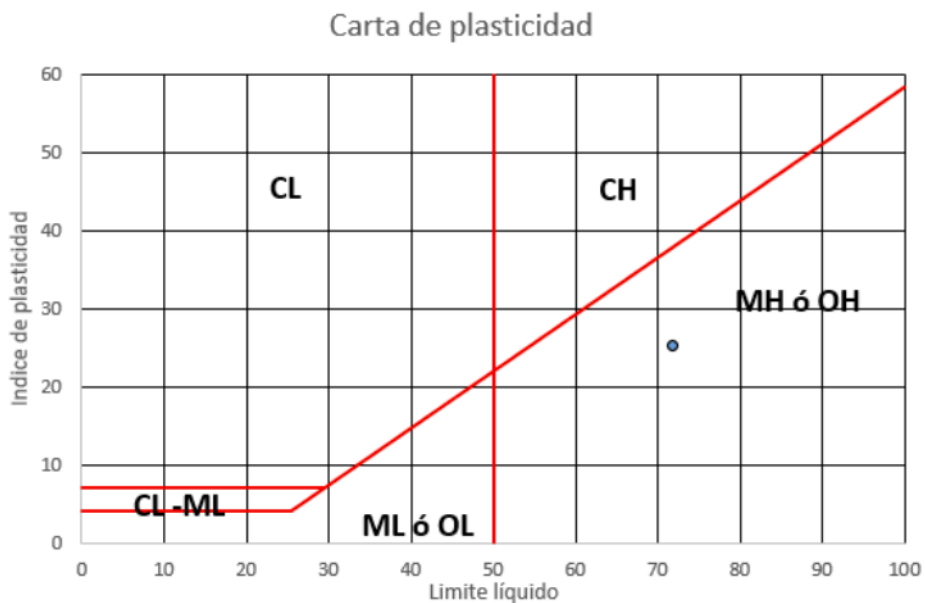
Imagen N°04: Levantamiento con estación / Calle Carlos Fisher

	A	B	C	D
1	1,9301209,754692,1819.97,			
2	2,9301222.934,754605.5076,1823.368,			
3	3,9301248.112,754580.2774,1823.5458,			
4	4,9301222.934,754605.5076,1823.3701,E1			
5	5,9301223.711,754602.9587,1823.4782,R1			
6	6,9301248.112,754580.2774,1823.5485,E2			
7	7,9301275.193,754469.5149,1825.5523,E4			
8	8,9301277.59,754463.8396,1825.8337,R4			
9	9,9301275.193,754469.5149,1825.5534,			
10	10,9301271.312,754462.3832,1820.8425,ESCALERA			
11	11,9301270.852,754463.5979,1821.2079,ESCALERA			
12	12,9301269.02,754465.3118,1820.9672,EC			
13	13,9301266.873,754468.0501,1821.4283,EC			
14	14,9301264.668,754458.9154,1819.3497,LC			
15	15,9301261.438,754464.8781,1819.733,LC			
16	16,9301262.433,754462.2485,1819.5934,EC			
17	17,9301258.076,754456.4495,1818.3678,LC			
18	18,9301257.945,754456.1478,1817.8989,LC			
19	19,9301256.643,754458.5328,1818.3255,EC			
20	20,9301255.442,754460.3344,1818.4956,LC			
21	21,9301255.987,754455.742,1818.0375,LC			

Fuente: Propia

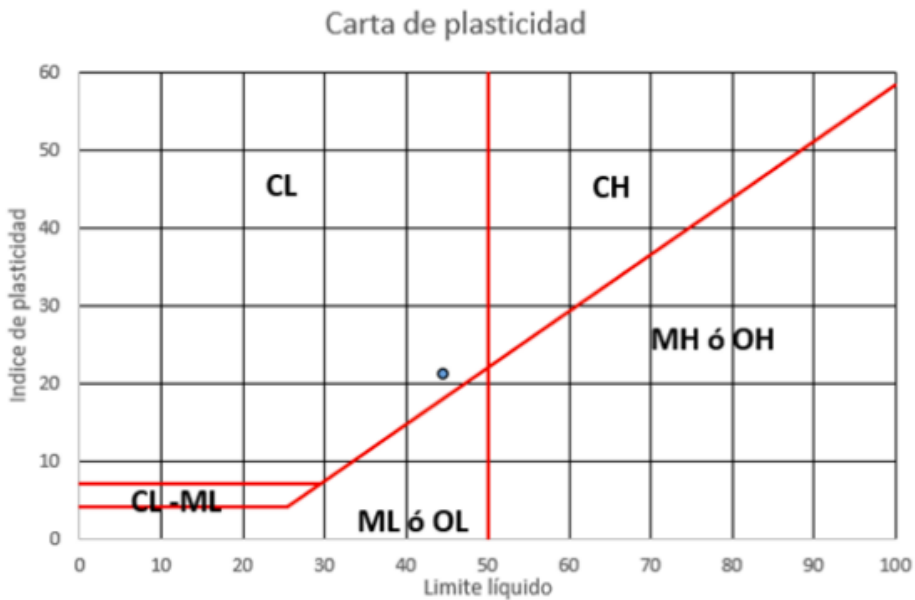
9.3 Estudio de mecánica de suelos

Gráfico 7: Clasificación de suelo C1-M1



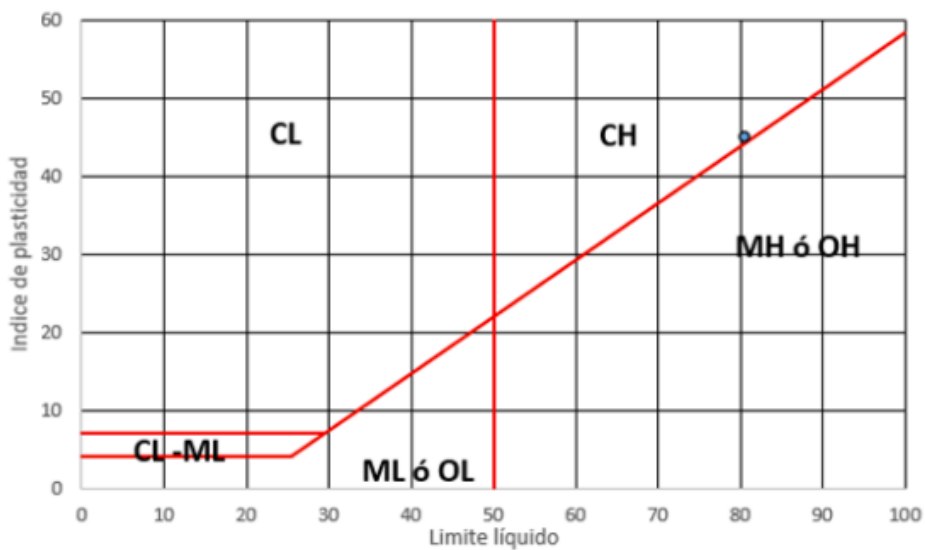
Fuente: Propia

Gráfico 8: Clasificación de suelo C1-M2



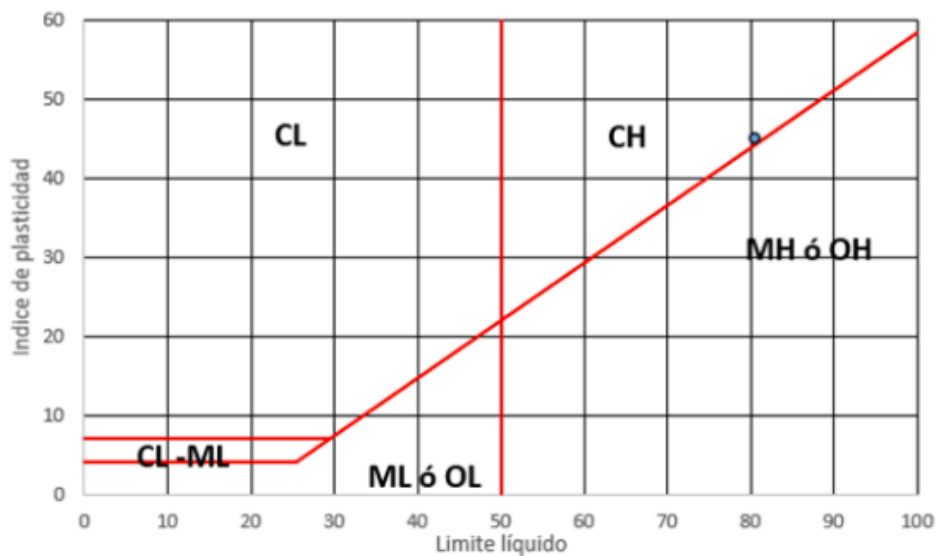
Fuente: Propia

Gráfico 9: Clasificación de suelo C2-M1



Fuente: Propia

Gráfico 10: Clasificación de suelo C2-M2



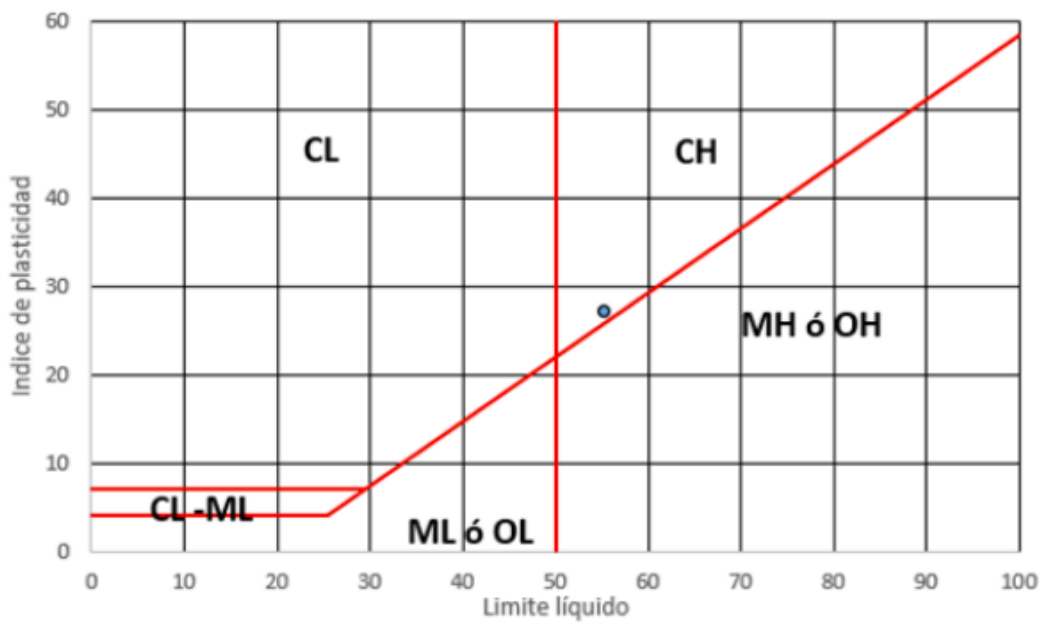
Fuente: Propia

Gráfico 11: Clasificación de suelo C2-M3



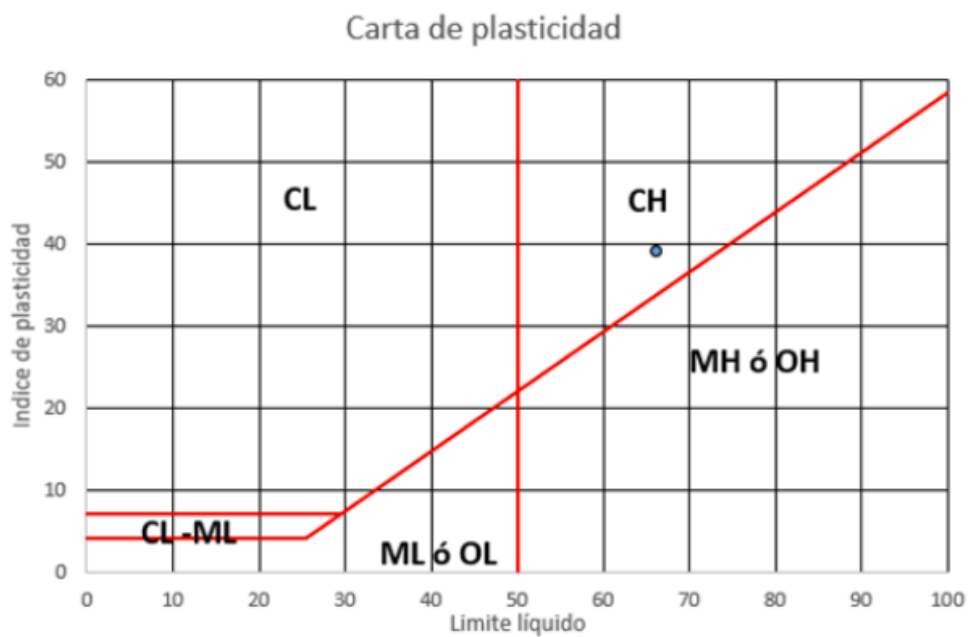
Fuente: Propia

Gráfico 12: Clasificación de suelo C3-M1



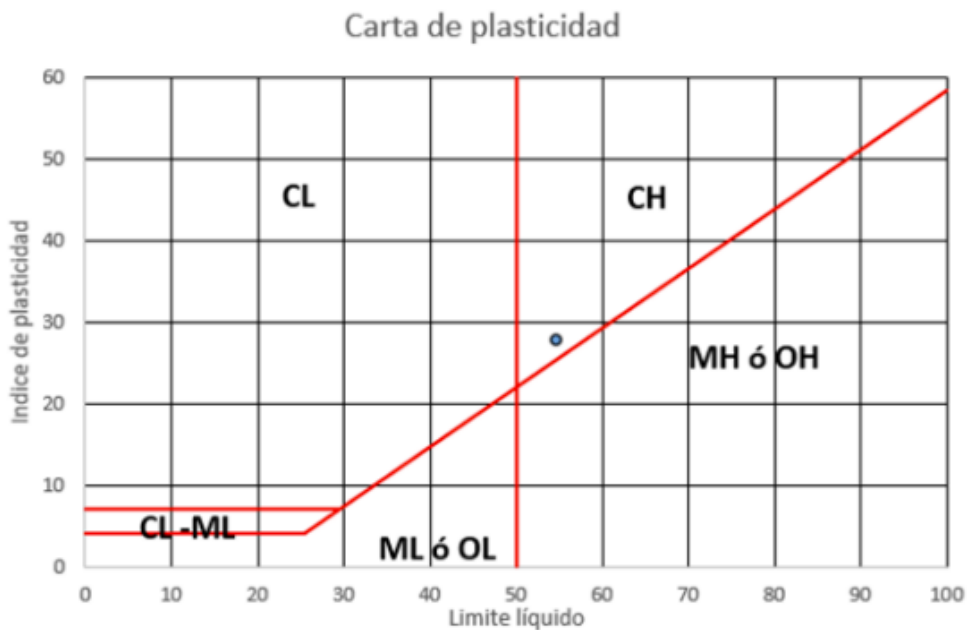
Fuente: Propia

Gráfico 13: Clasificación de suelo C3-M2



Fuente: Propia

Gráfico 14: Clasificación de suelo C3-M3



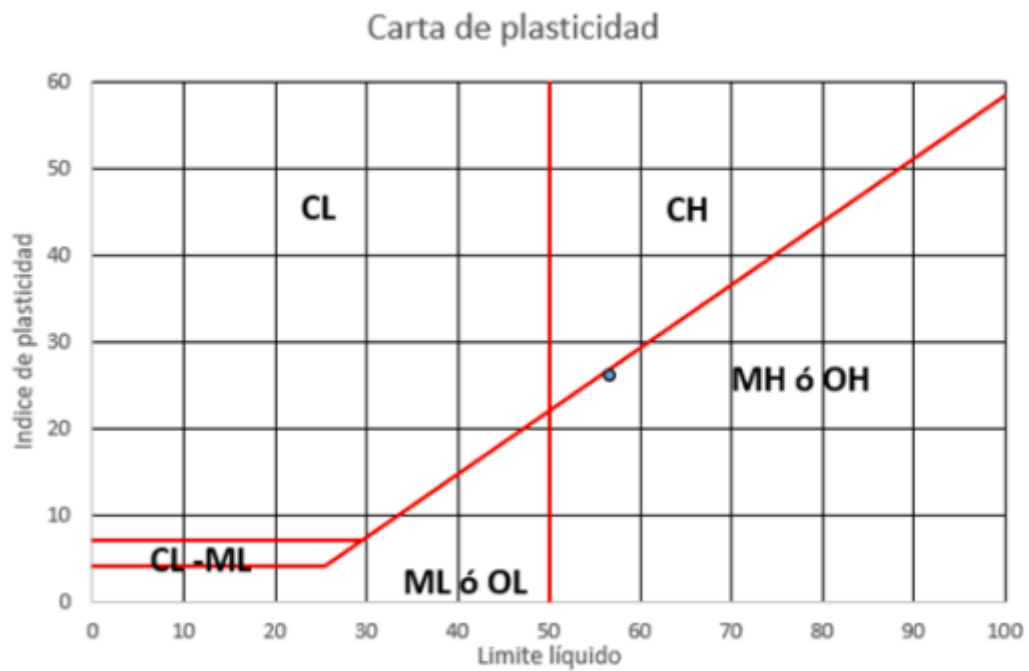
Fuente: Propia

Gráfico 15: Clasificación de suelo C4-M1



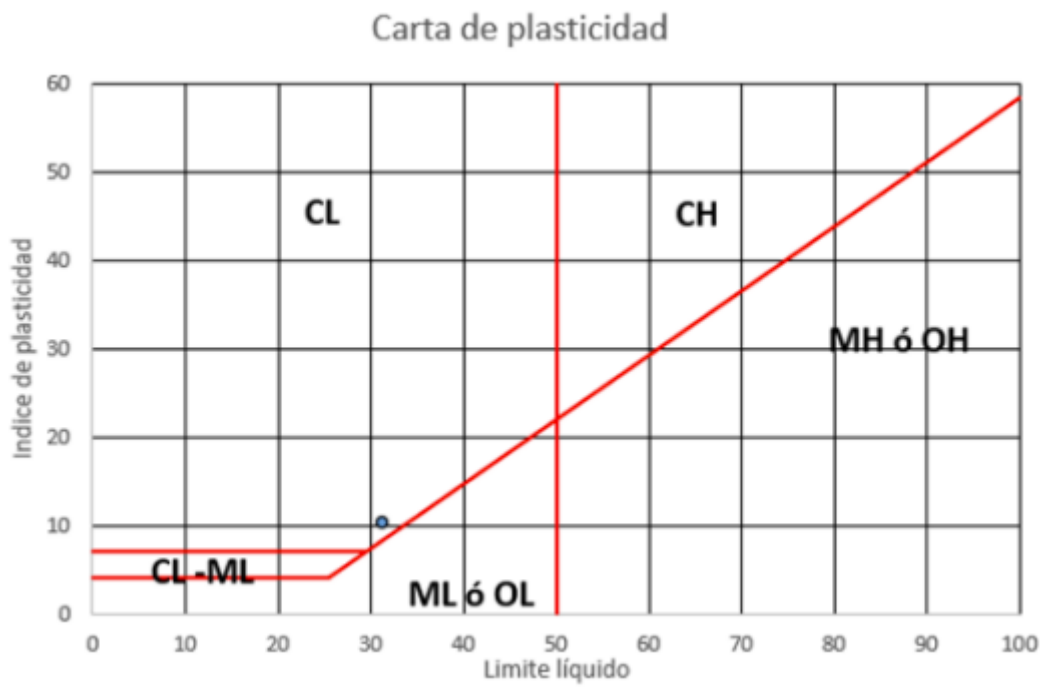
Fuente: Propia

Gráfico 16: Clasificación de suelo C4-M2



Fuente: Propia

Gráfico 17: Clasificación de suelo C4-M3



Fuente: Propia

Cohesión y ángulo de fricción interna del suelo C1, M1



ENSAYO DE CORTE DIRECTO
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

TESISTA: ANDY DELGADO DELGADO

TESIS: ANÁLISIS DE LA REPTACIÓN DE UNA MASA DE TIERRA DE UN TALUD

FECHA: 19/05/2022

UBICACIÓN: PARTE URBANA DE LA VILLA DE SÓCOTA - SÓCOTA - CUTERVO - CAJAMARCA

LABORATORIO: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

CALICATA N°: C1M1

CAJA DE CORTE N° T1-T2-T3
 ANCHO 6 cm
 LONG 6 cm
 AREA 36 cm²
 ALTURA 1.86 cm
 VOLUMEN 66.96 cm³
 VELOCIDAD 0.25 mm/min

Datos carta de calibración: A0= 0.321454545 A1= 0.400000

ENSAYO 01				ENSAYO 02				ENSAYO 03			
Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)	Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)	Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)
0.00	0.000	0.400	0.011	0.00	0.000	0.400	0.011	0.00	0.000	0.400	0.011
0.05	2.000	1.043	0.029	0.05	1.000	0.721	0.020	0.05	4.000	1.686	0.047
0.10	2.000	1.043	0.029	0.10	2.000	1.043	0.029	0.10	6.000	2.329	0.065
0.20	3.000	1.364	0.038	0.20	3.000	1.364	0.038	0.20	7.000	2.650	0.074
0.35	5.000	2.007	0.056	0.35	4.000	1.686	0.047	0.35	8.000	2.972	0.083
0.50	7.000	2.650	0.074	0.50	5.000	2.007	0.056	0.50	8.000	2.972	0.083
0.75	8.000	2.972	0.083	0.75	6.000	2.329	0.065	0.75	10.000	3.615	0.100
1.00	10.000	3.615	0.100	1.00	6.000	2.329	0.065	1.00	10.000	3.615	0.100
1.25	11.000	3.936	0.109	1.25	7.000	2.650	0.074	1.25	11.000	3.936	0.109
1.50	11.000	3.936	0.109	1.50	8.000	2.972	0.083	1.50	11.000	3.936	0.109
1.75	12.000	4.257	0.118	1.75	8.000	2.972	0.083	1.75	12.000	4.257	0.118
2.00	12.000	4.257	0.118	2.00	8.000	2.972	0.083	2.00	12.000	4.257	0.118
2.50	12.000	4.257	0.118	2.50	9.000	3.224	0.089	2.50	12.000	4.257	0.118
3.00	12.000	4.257	0.118	3.00	10.000	3.615	0.100	3.00	13.000	4.579	0.127
3.50	12.000	4.257	0.118	3.50	12.000	4.257	0.118	3.50	14.000	4.900	0.136
4.00	12.000	4.257	0.118	4.00	17.000	5.865	0.163	4.00	14.000	4.900	0.136
4.50	12.000	4.257	0.118	4.50	18.000	6.186	0.172	4.50	15.000	5.222	0.145
5.00	12.000	4.257	0.118	5.00	19.000	6.508	0.181	5.00	15.000	5.222	0.145
6.00	12.000	4.257	0.118	6.00	19.000	6.508	0.181	6.00	15.000	5.222	0.145
7.00	12.000	4.257	0.118	7.00	19.000	6.508	0.181	7.00	15.000	5.222	0.145
8.00	12.000	4.257	0.118	8.00	19.000	6.508	0.181	8.00	15.000	5.222	0.145
9.00	12.000	4.257	0.118	9.00	19.000	6.508	0.181	9.00	15.000	5.222	0.145
10.00	12.000	4.257	0.118	10.00	19.000	6.508	0.181	10.00	15.000	5.222	0.145
11.00	12.000	4.257	0.118	11.00	19.000	6.508	0.181	11.00	15.000	5.222	0.145
12.00	12.000	4.257	0.118	12.00	19.000	6.508	0.181	12.00	15.000	5.222	0.145
Esfuerzo de corte:			0.118	Esfuerzo de corte:			0.181	Esfuerzo de corte:			0.145
Esfuerzo Normal:			0.2725	Esfuerzo Normal:			0.545	Esfuerzo Normal:			1.09

T _{cortante}	0.118	0.181	0.145
σ _{normal}	0.273	0.545	1.090

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - PASO 2



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

TESISTA: ANDY DELGADO DELGADO

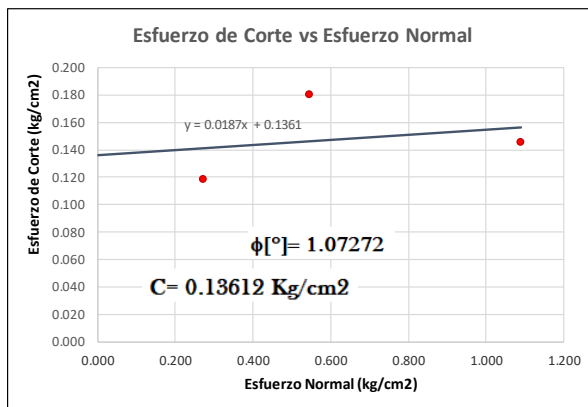
TESIS: ANÁLISIS DE LA REPTACIÓN DE UNA MASA DE TIERRA DE UN TALUD

FECHA: 19/05/2022

UBICACIÓN: PARTE URBANA DE LA VILLA DE SÓCOTA - SÓCOTA - CUTERVO - CAJAMARCA

LABORATORIO: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

CALICATA N°: C1M1



Cohesión y ángulo de fricción interna del suelo C1, M2

ENSAYO DE CORTE DIRECTO -PASO 1



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

TESISTA: ANDY DELGADO DELGADO

TESIS: ANÁLISIS DE LA REPTACIÓN DE UNA MASA DE TIERRA DE UN TALUD

FECHA: 19/05/2022

UBICACIÓN: PARTE URBANA DE LA VILLA DE SÓCOTA - SÓCOTA - CUTERVO - CAJAMARCA

LABORATORIO: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

CALICATA N°: C1M2

CAJA DE CORTE N° T1-T2-T3
 ANCHO 6.02 cm
 LONG 6.02 cm
 AREA 36.2404 cm²
 ALTURA 1.85 cm
 VOLUMEN 67.04474 cm³
 VELOCIDAD 0.25 mm/min

Datos carta de calibración: A0= 0.321454545 A1= 0.400000

ENSAYO 01				ENSAYO 02				ENSAYO 03			
Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)	Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)	Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)
0.00	0.000	0.400	0.011	0.00	0.000	0.400	0.011	0.00	0.000	0.400	0.011
0.05	4.000	1.686	0.047	0.05	2.000	1.043	0.029	0.05	10.000	3.615	0.100
0.10	5.000	2.007	0.055	0.10	5.000	2.007	0.055	0.10	17.000	5.865	0.162
0.20	7.000	2.650	0.073	0.20	8.000	2.972	0.082	0.20	23.000	7.793	0.215
0.35	8.000	2.972	0.082	0.35	13.000	4.579	0.126	0.35	30.000	10.044	0.277
0.50	9.000	3.293	0.091	0.50	16.000	5.543	0.153	0.50	33.000	11.008	0.304
0.75	10.000	3.615	0.100	0.75	21.000	7.151	0.197	0.75	38.000	12.615	0.348
1.00	11.000	3.936	0.109	1.00	23.000	7.793	0.215	1.00	41.000	13.580	0.375
1.25	12.000	4.257	0.117	1.25	24.000	8.115	0.224	1.25	42.000	13.901	0.384
1.50	13.000	4.579	0.126	1.50	26.000	8.758	0.242	1.50	44.000	14.544	0.401
1.75	14.000	4.900	0.135	1.75	26.000	8.758	0.242	1.75	45.000	14.865	0.410
2.00	14.000	4.900	0.135	2.00	27.000	9.079	0.251	2.00	45.000	14.865	0.410
2.50	14.000	4.900	0.135	2.50	29.000	9.722	0.268	2.50	47.000	15.508	0.428
3.00	15.000	5.222	0.144	3.00	30.000	10.044	0.277	3.00	49.000	16.151	0.446
3.50	16.000	5.543	0.153	3.50	31.000	10.365	0.286	3.50	50.000	16.473	0.455
4.00	17.000	5.865	0.162	4.00	32.000	10.687	0.295	4.00	51.000	16.794	0.463
4.50	18.000	6.186	0.171	4.50	32.000	10.687	0.295	4.50	52.000	17.116	0.472
5.00	19.000	6.508	0.180	5.00	33.000	11.008	0.304	5.00	52.000	17.116	0.472
6.00	19.000	6.508	0.180	6.00	34.000	11.329	0.313	6.00	52.000	17.116	0.472
7.00	19.000	6.508	0.180	7.00	35.000	11.651	0.321	7.00	55.000	18.080	0.499
8.00	19.000	6.508	0.180	8.00	36.000	11.972	0.330	8.00	56.000	18.401	0.508
9.00	19.000	6.508	0.180	9.00	38.000	12.615	0.348	9.00	56.000	18.401	0.508
10.00	19.000	6.508	0.180	10.00	38.000	12.615	0.348	10.00	56.000	18.401	0.508
11.00	19.000	6.508	0.180	11.00	38.000	12.615	0.348	11.00	56.000	18.401	0.508
12.00	19.000	6.508	0.180	12.00	38.000	12.615	0.348	12.00	56.000	18.401	0.508
Esfuerzo de corte:			0.180	Esfuerzo de corte:			0.348	Esfuerzo de corte:			0.508
Esfuerzo Normal:			0.270692376	Esfuerzo Normal:			0.54138475	Esfuerzo Normal:			1.08276951

T _{cortante}	0.180	0.348	0.508
σ _{normal}	0.271	0.541	1.083

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - PASO 2



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

TESISTA: ANDY DELGADO DELGADO

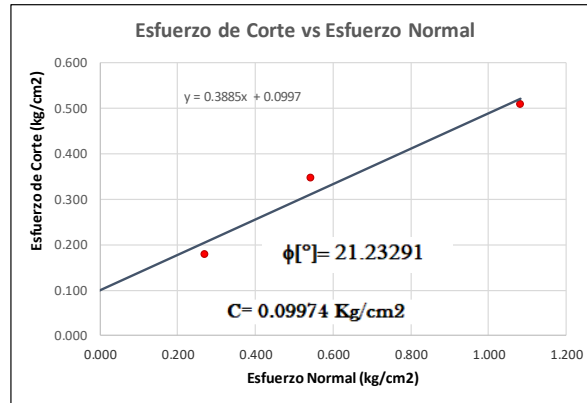
TESIS: ANÁLISIS DE LA REPTACIÓN DE UNA MASA DE TIERRA DE UN TALUD

FECHA: 19/05/2022

UBICACIÓN: PARTE URBANA DE LA VILLA DE SÓCOTA - SÓCOTA - CUTERVO - CAJAMARCA

LABORATORIO: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

CALICATA N°: C1M2



Cohesión y ángulo de fricción interna del suelo C2, M1

ENSAYO DE CORTE DIRECTO -PASO 1



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

TESISTA: ANDY DELGADO DELGADO

TESIS: ANÁLISIS DE LA REPTACIÓN DE UNA MASA DE TIERRA DE UN TALUD

FECHA: 19/05/2022

UBICACIÓN: PARTE URBANA DE LA VILLA DE SÓCOTA - SÓCOTA - CUTERVO - CAJAMARCA

LABORATORIO: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

CALICATA N°: C2M1

CAJA DE CORTE N° T1-T2-T3
 ANCHO 6.02 cm
 LONG 5.98 cm
 AREA 35.9996 cm²
 ALTURA 1.85 cm
 VOLUMEN 66.59926 cm³
 VELOCIDAD 0.25 mm/min

Datos carta de calibración: A0= 0.321454545 A1= 0.400000

ENSAYO 01				ENSAYO 02				ENSAYO 03			
Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)	Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)	Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)
0.00	0.000	0.400	0.011	0.00	0.000	0.400	0.011	0.00	0.000	0.400	0.011
0.05	3.000	1.364	0.038	0.05	8.000	2.972	0.083	0.05	2.000	1.043	0.029
0.10	4.000	1.686	0.047	0.10	9.000	3.293	0.091	0.10	2.000	1.043	0.029
0.20	6.000	2.329	0.065	0.20	10.000	3.615	0.100	0.20	11.000	3.936	0.109
0.35	7.000	2.650	0.074	0.35	12.000	4.257	0.118	0.35	26.000	8.758	0.243
0.50	8.000	2.972	0.083	0.50	13.000	4.579	0.127	0.50	30.000	10.044	0.279
0.75	9.000	3.293	0.091	0.75	14.000	4.900	0.136	0.75	32.000	10.687	0.297
1.00	10.000	3.615	0.100	1.00	15.000	5.222	0.145	1.00	33.000	11.008	0.306
1.25	10.000	3.615	0.100	1.25	17.000	5.865	0.163	1.25	35.000	11.651	0.324
1.50	11.000	3.936	0.109	1.50	17.000	5.865	0.163	1.50	36.000	11.972	0.333
1.75	11.000	3.936	0.109	1.75	18.000	6.186	0.172	1.75	36.000	11.972	0.333
2.00	11.000	3.936	0.109	2.00	18.000	6.186	0.172	2.00	36.000	11.972	0.333
2.50	11.000	3.936	0.109	2.50	19.000	6.508	0.181	2.50	37.000	12.294	0.341
3.00	11.000	3.936	0.109	3.00	20.000	6.829	0.190	3.00	37.000	12.294	0.341
3.50	11.000	3.936	0.109	3.50	20.000	6.829	0.190	3.50	37.000	12.294	0.341
4.00	11.000	3.936	0.109	4.00	21.000	7.151	0.199	4.00	38.000	12.615	0.350
4.50	11.000	3.936	0.109	4.50	21.000	7.151	0.199	4.50	38.000	12.615	0.350
5.00	11.000	3.936	0.109	5.00	21.000	7.151	0.199	5.00	38.000	12.615	0.350
6.00	11.000	3.936	0.109	6.00	21.000	7.151	0.199	6.00	38.000	12.615	0.350
7.00	11.000	3.936	0.109	7.00	21.000	7.151	0.199	7.00	38.000	12.615	0.350
8.00	11.000	3.936	0.109	8.00	21.000	7.151	0.199	8.00	38.000	12.615	0.350
9.00	11.000	3.936	0.109	9.00	21.000	7.151	0.199	9.00	38.000	12.615	0.350
10.00	11.000	3.936	0.109	10.00	21.000	7.151	0.199	10.00	38.000	12.615	0.350
11.00	11.000	3.936	0.109	11.00	21.000	7.151	0.199	11.00	38.000	12.615	0.350
12.00	11.000	3.936	0.109	12.00	21.000	7.151	0.199	12.00	38.000	12.615	0.350
Esfuerzo de corte:			0.109	Esfuerzo de corte:			0.199	Esfuerzo de corte:			0.350
Esfuerzo Normal:			0.272503028	Esfuerzo Normal:			0.54500606	Esfuerzo Normal:			1.09001211

T _{cortante}	0.109	0.199	0.350
σ _{normal}	0.273	0.545	1.090

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - PASO 2



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

TESISTA: ANDY DELGADO DELGADO

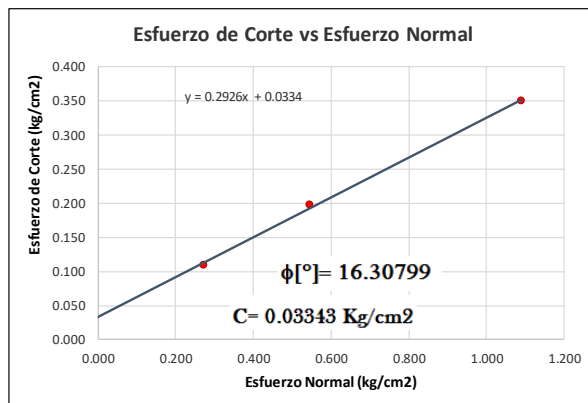
TESIS: ANÁLISIS DE LA REPTACIÓN DE UNA MASA DE TIERRA DE UN TALUD

FECHA: 19/05/2022

UBICACIÓN: PARTE URBANA DE LA VILLA DE SÓCOTA - SÓCOTA - CUTERVO - CAJAMARCA

LABORATORIO: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

CALICATA N°: C2M1



Cohesión y ángulo de fricción interna del suelo C2, M2

ENSAYO DE CORTE DIRECTO -PASO 1



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

TESISTA: ANDY DELGADO DELGADO

TESIS: ANÁLISIS DE LA REPTACIÓN DE UNA MASA DE TIERRA DE UN TALUD

FECHA: 19/05/2022

UBICACIÓN: PARTE URBANA DE LA VILLA DE SÓCOTA - SÓCOTA - CUTERVO - CAJAMARCA

LABORATORIO: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

CALICATA N°: C2M2

CAJA DE CORTE N° T1-T2-T3
 ANCHO 6 cm
 LONG 6 cm
 AREA 36 cm²
 ALTURA 1.86 cm
 VOLUMEN 66.96 cm³
 VELOCIDAD 0.25 mm/min

Datos carta de calibración: A0= 0.321454545 A1= 0.400000

ENSAYO 01				ENSAYO 02				ENSAYO 03					
Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)	Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)	Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)		
0.00	0.000	0.400	0.011	0.00	0.000	0.400	0.011	0.00	0.000	0.400	0.011		
0.05	2.000	1.043	0.029	0.05	1.000	0.721	0.020	0.05	4.000	1.686	0.047		
0.10	2.000	1.043	0.029	0.10	2.000	1.043	0.029	0.10	6.000	2.329	0.065		
0.20	3.000	1.364	0.038	0.20	3.000	1.364	0.038	0.20	7.000	2.650	0.074		
0.35	5.000	2.007	0.056	0.35	4.000	1.686	0.047	0.35	8.000	2.972	0.083		
0.50	7.000	2.650	0.074	0.50	5.000	2.007	0.056	0.50	8.000	2.972	0.083		
0.75	8.000	2.972	0.083	0.75	6.000	2.329	0.065	0.75	10.000	3.615	0.100		
1.00	10.000	3.615	0.100	1.00	6.000	2.329	0.065	1.00	10.000	3.615	0.100		
1.25	11.000	3.936	0.109	1.25	7.000	2.650	0.074	1.25	11.000	3.936	0.109		
1.50	11.000	3.936	0.109	1.50	8.000	2.972	0.083	1.50	11.000	3.936	0.109		
1.75	12.000	4.257	0.118	1.75	8.000	2.972	0.083	1.75	12.000	4.257	0.118		
2.00	12.000	4.257	0.118	2.00	8.000	2.972	0.083	2.00	12.000	4.257	0.118		
2.50	12.000	4.257	0.118	2.50	9.000	3.224	0.089	2.50	12.000	4.257	0.118		
3.00	12.000	4.257	0.118	3.00	10.000	3.615	0.100	3.00	13.000	4.579	0.127		
3.50	12.000	4.257	0.118	3.50	12.000	4.257	0.118	3.50	14.000	4.900	0.136		
4.00	12.000	4.257	0.118	4.00	17.000	5.865	0.163	4.00	14.000	4.900	0.136		
4.50	12.000	4.257	0.118	4.50	18.000	6.186	0.172	4.50	15.000	5.222	0.145		
5.00	12.000	4.257	0.118	5.00	19.000	6.508	0.181	5.00	15.000	5.222	0.145		
6.00	12.000	4.257	0.118	6.00	19.000	6.508	0.181	6.00	15.000	5.222	0.145		
7.00	12.000	4.257	0.118	7.00	19.000	6.508	0.181	7.00	15.000	5.222	0.145		
8.00	12.000	4.257	0.118	8.00	19.000	6.508	0.181	8.00	15.000	5.222	0.145		
9.00	12.000	4.257	0.118	9.00	19.000	6.508	0.181	9.00	15.000	5.222	0.145		
10.00	12.000	4.257	0.118	10.00	19.000	6.508	0.181	10.00	15.000	5.222	0.145		
11.00	12.000	4.257	0.118	11.00	19.000	6.508	0.181	11.00	15.000	5.222	0.145		
12.00	12.000	4.257	0.118	12.00	19.000	6.508	0.181	12.00	15.000	5.222	0.145		
Esfuerzo de corte:			0.118	Kg/cm ²	Esfuerzo de corte:			0.181	Kg/cm ²	Esfuerzo de corte:			0.145
Esfuerzo Normal:			0.2725	Kg/cm ²	Esfuerzo Normal:			0.545	Kg/cm ²	Esfuerzo Normal:			1.09

T _{cortante}	0.118	0.181	0.145
σ _{normal}	0.273	0.545	1.090

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - PASO 2



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

TESISTA: ANDY DELGADO DELGADO

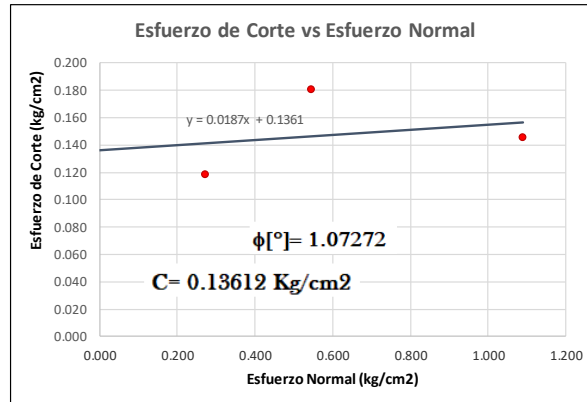
TESIS: ANÁLISIS DE LA REPTACIÓN DE UNA MASA DE TIERRA DE UN TALUD

FECHA: 19/05/2022

UBICACIÓN: PARTE URBANA DE LA VILLA DE SÓCOTA - SÓCOTA - CUTERVO - CAJAMARCA

LABORATORIO: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

CALICATA N°: C2M2



Cohesión y ángulo de fricción interna del suelo C2, M3

ENSAYO DE CORTE DIRECTO -PASO 1



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

TESISTA: ANDY DELGADO DELGADO

TESIS: ANÁLISIS DE LA REPTACIÓN DE UNA MASA DE TIERRA DE UN TALUD

FECHA: 19/05/2022

UBICACIÓN: PARTE URBANA DE LA VILLA DE SÓCOTA - SÓCOTA - CUTERVO - CAJAMARCA

LABORATORIO: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

CALICATA N°: C2M3

CAJA DE CORTE N° T1-T2-T3
 ANCHO 6.02 cm
 LONG 6.01 cm
 AREA 36.1802 cm²
 ALTURA 1.85 cm
 VOLUMEN 66.93337 cm³
 VELOCIDAD 0.25 mm/min

Datos carta de calibración: A0= 0.321454545 A1= 0.400000

ENSAYO 01				ENSAYO 02				ENSAYO 03			
Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)	Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)	Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)
0.00	0.000	0.400	0.011	0.00	0.000	0.400	0.011	0.00	0.000	0.400	0.011
0.05	3.000	1.364	0.038	0.05	4.000	1.686	0.047	0.05	3.000	1.364	0.038
0.10	5.000	2.007	0.055	0.10	5.000	2.007	0.055	0.10	8.000	2.972	0.082
0.20	7.000	2.650	0.073	0.20	10.000	3.615	0.100	0.20	15.000	5.222	0.144
0.35	8.000	2.972	0.082	0.35	14.000	4.900	0.135	0.35	22.000	7.472	0.207
0.50	10.000	3.615	0.100	0.50	16.000	5.543	0.153	0.50	26.000	8.758	0.242
0.75	11.000	3.936	0.109	0.75	19.000	6.508	0.180	0.75	31.000	10.365	0.286
1.00	12.000	4.257	0.118	1.00	22.000	7.472	0.207	1.00	33.000	11.008	0.304
1.25	13.000	4.579	0.127	1.25	24.000	8.115	0.224	1.25	35.000	11.651	0.322
1.50	14.000	4.900	0.135	1.50	25.000	8.436	0.233	1.50	37.000	12.294	0.340
1.75	14.000	4.900	0.135	1.75	26.000	8.758	0.242	1.75	38.000	12.615	0.349
2.00	15.000	5.222	0.144	2.00	27.000	9.079	0.251	2.00	39.000	12.937	0.358
2.50	16.000	5.543	0.153	2.50	28.000	9.401	0.260	2.50	40.000	13.258	0.366
3.00	16.000	5.543	0.153	3.00	30.000	10.044	0.278	3.00	41.000	13.580	0.375
3.50	16.000	5.543	0.153	3.50	31.000	10.365	0.286	3.50	42.000	13.901	0.384
4.00	16.000	5.543	0.153	4.00	31.000	10.365	0.286	4.00	42.000	13.901	0.384
4.50	16.000	5.543	0.153	4.50	32.000	10.687	0.295	4.50	43.000	14.223	0.393
5.00	16.000	5.543	0.153	5.00	32.000	10.687	0.295	5.00	44.000	14.544	0.402
6.00	16.000	5.543	0.153	6.00	33.000	11.008	0.304	6.00	44.000	14.544	0.402
7.00	16.000	5.543	0.153	7.00	33.000	11.008	0.304	7.00	45.000	14.865	0.411
8.00	16.000	5.543	0.153	8.00	33.000	11.008	0.304	8.00	45.000	14.865	0.411
9.00	16.000	5.543	0.153	9.00	33.000	11.008	0.304	9.00	45.000	14.865	0.411
10.00	16.000	5.543	0.153	10.00	33.000	11.008	0.304	10.00	45.000	14.865	0.411
11.00	16.000	5.543	0.153	11.00	33.000	11.008	0.304	11.00	45.000	14.865	0.411
12.00	16.000	5.543	0.153	12.00	33.000	11.008	0.304	12.00	45.000	14.865	0.411
Esfuerzo de corte:			0.153	Esfuerzo de corte:			0.304	Esfuerzo de corte:			0.411
Esfuerzo Normal:			0.27114278	Esfuerzo Normal:			0.54228556	Esfuerzo Normal:			1.08457112

T _{cortante}	0.153	0.304	0.411
σ _{normal}	0.271	0.542	1.085

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - PASO 2



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

TESISTA: ANDY DELGADO DELGADO

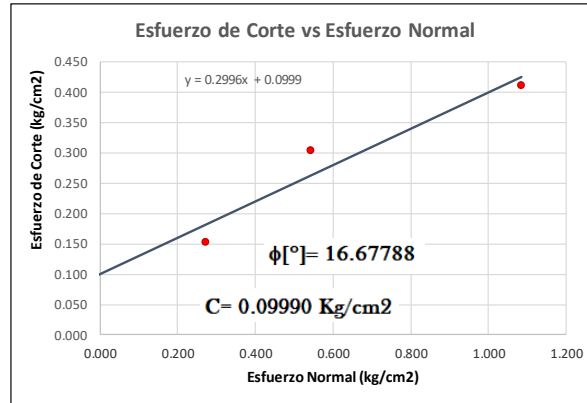
TESIS: ANÁLISIS DE LA REPTACIÓN DE UNA MASA DE TIERRA DE UN TALUD

FECHA: 19/05/2022

UBICACIÓN: PARTE URBANA DE LA VILLA DE SÓCOTA - SÓCOTA - CUTERVO - CAJAMARCA

LABORATORIO: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

CALICATA N°: C2M3



Cohesión y ángulo de fricción interna del suelo C3, M1

ENSAYO DE CORTE DIRECTO -PASO 1



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

TESISTA: ANDY DELGADO DELGADO

TESIS: ANÁLISIS DE LA REPTACIÓN DE UNA MASA DE TIERRA DE UN TALUD

FECHA: 19/05/2022

UBICACIÓN: PARTE URBANA DE LA VILLA DE SÓCOTA - SÓCOTA - CUTERVO - CAJAMARCA

LABORATORIO: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

CALICATA N°: C3M1

CAJA DE CORTE N° T1-T2-T3
 ANCHO 6.02 cm
 LONG 5.98 cm
 AREA 35.9996 cm²
 ALTURA 1.85 cm
 VOLUMEN 66.59926 cm³
 VELOCIDAD 0.25 mm/min

Datos carta de calibración: A0= 0.321454545 A1= 0.400000

ENSAYO 01				ENSAYO 02				ENSAYO 03			
Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)	Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)	Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)
0.00	0.000	0.400	0.011	0.00	0.000	0.400	0.011	0.00	0.000	0.400	0.011
0.05	3.000	1.364	0.038	0.05	8.000	2.972	0.083	0.05	2.000	1.043	0.029
0.10	4.000	1.686	0.047	0.10	9.000	3.293	0.091	0.10	2.000	1.043	0.029
0.20	7.000	2.650	0.074	0.20	10.000	3.615	0.100	0.20	11.000	3.936	0.109
0.35	7.000	2.650	0.074	0.35	12.000	4.257	0.118	0.35	26.000	8.758	0.243
0.50	8.000	2.972	0.083	0.50	13.000	4.579	0.127	0.50	30.000	10.044	0.279
0.75	8.000	2.972	0.083	0.75	14.000	4.900	0.136	0.75	32.000	10.687	0.297
1.00	10.000	3.615	0.100	1.00	15.000	5.222	0.145	1.00	33.000	11.008	0.306
1.25	10.000	3.615	0.100	1.25	17.000	5.865	0.163	1.25	35.000	11.651	0.324
1.50	10.000	3.615	0.100	1.50	17.000	5.865	0.163	1.50	36.000	11.972	0.333
1.75	10.000	3.615	0.100	1.75	18.000	6.186	0.172	1.75	36.000	11.972	0.333
2.00	11.000	3.936	0.109	2.00	18.000	6.186	0.172	2.00	36.000	11.972	0.333
2.50	11.000	3.936	0.109	2.50	19.000	6.508	0.181	2.50	37.000	12.294	0.341
3.00	11.000	3.936	0.109	3.00	20.000	6.829	0.190	3.00	37.000	12.294	0.341
3.50	11.000	3.936	0.109	3.50	20.000	6.829	0.190	3.50	37.000	12.294	0.341
4.00	11.000	3.936	0.109	4.00	21.000	7.151	0.199	4.00	38.000	12.615	0.350
4.50	11.000	3.936	0.109	4.50	21.000	7.151	0.199	4.50	38.000	12.615	0.350
5.00	11.000	3.936	0.109	5.00	21.000	7.151	0.199	5.00	38.000	12.615	0.350
6.00	11.000	3.936	0.109	6.00	21.000	7.151	0.199	6.00	38.000	12.615	0.350
7.00	12.000	4.257	0.118	7.00	21.000	7.151	0.199	7.00	39.000	12.937	0.359
8.00	12.000	4.257	0.118	8.00	21.000	7.151	0.199	8.00	39.000	12.937	0.359
9.00	12.000	4.257	0.118	9.00	21.000	7.151	0.199	9.00	39.000	12.937	0.359
10.00	13.000	4.579	0.127	10.00	22.000	7.472	0.208	10.00	40.000	13.258	0.368
11.00	13.000	4.579	0.127	11.00	22.000	7.472	0.208	11.00	40.000	13.258	0.368
12.00	13.000	4.579	0.127	12.00	22.000	7.472	0.208	12.00	40.000	13.258	0.368
Esfuerzo de corte:			0.127	Esfuerzo de corte:			0.208	Esfuerzo de corte:			0.368
Esfuerzo Normal:			0.272503028	Esfuerzo Normal:			0.54500606	Esfuerzo Normal:			1.09001211

T _{cortante}	0.127	0.208	0.368
σ _{normal}	0.273	0.545	1.090

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - PASO 2



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

TESISTA: ANDY DELGADO DELGADO

TESIS: ANÁLISIS DE LA REPTACIÓN DE UNA MASA DE TIERRA DE UN TALUD

FECHA: 19/05/2022

UBICACIÓN: PARTE URBANA DE LA VILLA DE SÓCOTA - SÓCOTA - CUTERVO - CAJAMARCA

LABORATORIO: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

CALICATA N°: C3M1



Cohesión y ángulo de fricción interna del suelo C3, M2

ENSAYO DE CORTE DIRECTO -PASO 1



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

TESISTA: ANDY DELGADO DELGADO

TESIS: ANÁLISIS DE LA REPTACIÓN DE UNA MASA DE TIERRA DE UN TALUD

FECHA: 19/05/2022

UBICACIÓN: PARTE URBANA DE LA VILLA DE SÓCOTA - SÓCOTA - CUTERVO - CAJAMARCA

LABORATORIO: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

CALICATA N°: C3M2

CAJA DE CORTE N° T1-T2-T3
 ANCHO 6.02 cm
 LONG 5.98 cm
 AREA 35.9996 cm²
 ALTURA 1.85 cm
 VOLUMEN 66.59926 cm³
 VELOCIDAD 0.25 mm/min

Datos carta de calibración: A0= 0.321454545 A1= 0.400000

ENSAYO 01				ENSAYO 02				ENSAYO 03			
Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)	Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)	Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)
0.00	0.000	0.400	0.011	0.00	0.000	0.400	0.011	0.00	0.000	0.400	0.011
0.05	3.000	1.364	0.038	0.05	8.000	2.972	0.083	0.05	2.000	1.043	0.029
0.10	4.000	1.686	0.047	0.10	9.000	3.293	0.091	0.10	2.000	1.043	0.029
0.20	6.000	2.329	0.065	0.20	10.000	3.615	0.100	0.20	11.000	3.936	0.109
0.35	7.000	2.650	0.074	0.35	12.000	4.257	0.118	0.35	26.000	8.758	0.243
0.50	8.000	2.972	0.083	0.50	13.000	4.579	0.127	0.50	30.000	10.044	0.279
0.75	9.000	3.293	0.091	0.75	14.000	4.900	0.136	0.75	32.000	10.687	0.297
1.00	10.000	3.615	0.100	1.00	15.000	5.222	0.145	1.00	33.000	11.008	0.306
1.25	10.000	3.615	0.100	1.25	17.000	5.865	0.163	1.25	35.000	11.651	0.324
1.50	11.000	3.936	0.109	1.50	17.000	5.865	0.163	1.50	36.000	11.972	0.333
1.75	11.000	3.936	0.109	1.75	18.000	6.186	0.172	1.75	36.000	11.972	0.333
2.00	11.000	3.936	0.109	2.00	18.000	6.186	0.172	2.00	36.000	11.972	0.333
2.50	11.000	3.936	0.109	2.50	19.000	6.508	0.181	2.50	37.000	12.294	0.341
3.00	11.000	3.936	0.109	3.00	20.000	6.829	0.190	3.00	37.000	12.294	0.341
3.50	11.000	3.936	0.109	3.50	20.000	6.829	0.190	3.50	37.000	12.294	0.341
4.00	11.000	3.936	0.109	4.00	21.000	7.151	0.199	4.00	38.000	12.615	0.350
4.50	11.000	3.936	0.109	4.50	21.000	7.151	0.199	4.50	38.000	12.615	0.350
5.00	11.000	3.936	0.109	5.00	21.000	7.151	0.199	5.00	38.000	12.615	0.350
6.00	11.000	3.936	0.109	6.00	21.000	7.151	0.199	6.00	38.000	12.615	0.350
7.00	11.000	3.936	0.109	7.00	21.000	7.151	0.199	7.00	38.000	12.615	0.350
8.00	11.000	3.936	0.109	8.00	21.000	7.151	0.199	8.00	38.000	12.615	0.350
9.00	11.000	3.936	0.109	9.00	21.000	7.151	0.199	9.00	38.000	12.615	0.350
10.00	11.000	3.936	0.109	10.00	21.000	7.151	0.199	10.00	38.000	12.615	0.350
11.00	11.000	3.936	0.109	11.00	21.000	7.151	0.199	11.00	38.000	12.615	0.350
12.00	11.000	3.936	0.109	12.00	21.000	7.151	0.199	12.00	38.000	12.615	0.350
Esfuerzo de corte:			0.109	Esfuerzo de corte:			0.199	Esfuerzo de corte:			0.350
Esfuerzo Normal:			0.272503028	Esfuerzo Normal:			0.54500606	Esfuerzo Normal:			1.09001211

T _{cortante}	0.109	0.199	0.350
σ _{normal}	0.273	0.545	1.090

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - PASO 2



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

TESISTA: ANDY DELGADO DELGADO

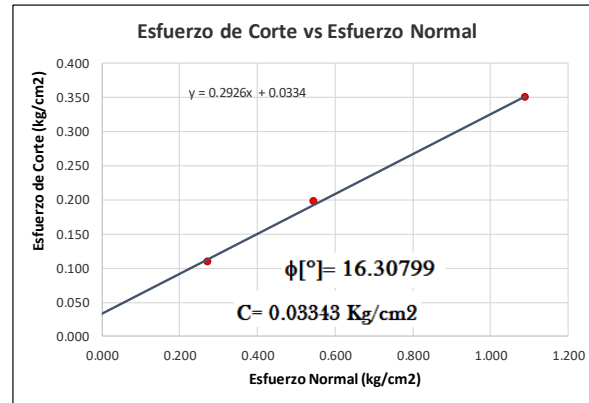
TESIS: ANÁLISIS DE LA REPTACIÓN DE UNA MASA DE TIERRA DE UN TALUD

FECHA: 19/05/2022

UBICACIÓN: PARTE URBANA DE LA VILLA DE SÓCOTA - SÓCOTA - CUTERVO - CAJAMARCA

LABORATORIO: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

CALICATA N°: C3M2



Cohesión y ángulo de fricción interna del suelo C3, M3

ENSAYO DE CORTE DIRECTO -PASO 1



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

TESISTA: ANDY DELGADO DELGADO

TESIS: ANÁLISIS DE LA REPTACIÓN DE UNA MASA DE TIERRA DE UN TALUD

FECHA: 19/05/2022

UBICACIÓN: PARTE URBANA DE LA VILLA DE SÓCOTA - SÓCOTA - CUTERVO - CAJAMARCA

LABORATORIO: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

CALICATA N°: C3M3

CAJA DE CORTE N° T1-T2-T3
 ANCHO 6.04 cm
 LONG 5.99 cm
 AREA 36.1796 cm²
 ALTURA 1.85 cm
 VOLUMEN 66.93226 cm³
 VELOCIDAD 0.25 mm/min

Datos carta de calibración: A0= 0.321454545 A1= 0.400000

ENSAYO 01				ENSAYO 02				ENSAYO 03			
Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)	Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)	Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)
0.00	0.000	0.400	0.011	0.00	0.000	0.400	0.011	0.00	0.000	0.400	0.011
0.05	10.000	3.615	0.100	0.05	5.000	2.007	0.055	0.05	4.000	1.686	0.047
0.10	11.000	3.936	0.109	0.10	7.000	2.650	0.073	0.10	7.000	2.650	0.073
0.20	12.000	4.257	0.118	0.20	10.000	3.615	0.100	0.20	10.000	3.615	0.100
0.35	13.000	4.579	0.127	0.35	13.000	4.579	0.127	0.35	12.000	4.257	0.118
0.50	13.000	4.579	0.127	0.50	15.000	5.222	0.144	0.50	20.000	6.829	0.189
0.75	14.000	4.900	0.135	0.75	17.000	5.865	0.162	0.75	25.000	8.436	0.233
1.00	14.000	4.900	0.135	1.00	18.000	6.186	0.171	1.00	30.000	10.044	0.278
1.25	14.000	4.900	0.135	1.25	20.000	6.829	0.189	1.25	32.000	10.687	0.295
1.50	15.000	5.222	0.144	1.50	21.000	7.151	0.198	1.50	35.000	11.651	0.322
1.75	15.000	5.222	0.144	1.75	22.000	7.472	0.207	1.75	38.000	12.615	0.349
2.00	15.000	5.222	0.144	2.00	23.000	7.793	0.215	2.00	40.000	13.258	0.366
2.50	15.000	5.222	0.144	2.50	24.000	8.115	0.224	2.50	43.000	14.223	0.393
3.00	15.000	5.222	0.144	3.00	25.000	8.436	0.233	3.00	46.000	15.187	0.420
3.50	15.000	5.222	0.144	3.50	26.000	8.758	0.242	3.50	48.000	15.830	0.438
4.00	15.000	5.222	0.144	4.00	27.000	9.079	0.251	4.00	49.000	16.151	0.446
4.50	15.000	5.222	0.144	4.50	27.000	9.079	0.251	4.50	50.000	16.473	0.455
5.00	15.000	5.222	0.144	5.00	27.000	9.079	0.251	5.00	51.000	16.794	0.464
6.00	15.000	5.222	0.144	6.00	27.000	9.079	0.251	6.00	51.000	16.794	0.464
7.00	15.000	5.222	0.144	7.00	27.000	9.079	0.251	7.00	51.000	16.794	0.464
8.00	15.000	5.222	0.144	8.00	27.000	9.079	0.251	8.00	51.000	16.794	0.464
9.00	15.000	5.222	0.144	9.00	27.000	9.079	0.251	9.00	51.000	16.794	0.464
10.00	15.000	5.222	0.144	10.00	27.000	9.079	0.251	10.00	51.000	16.794	0.464
11.00	15.000	5.222	0.144	11.00	27.000	9.079	0.251	11.00	51.000	16.794	0.464
12.00	15.000	5.222	0.144	12.00	27.000	9.079	0.251	12.00	51.000	16.794	0.464
Esfuerzo de corte:			0.144	Esfuerzo de corte:			0.251	Esfuerzo de corte:			0.464
Esfuerzo Normal:			0.271147276	Esfuerzo Normal:			0.54229455	Esfuerzo Normal:			1.08458911

T _{cortante}	0.144	0.251	0.464
σ _{normal}	0.271	0.542	1.085

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - PASO 2



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

TESISTA: ANDY DELGADO DELGADO

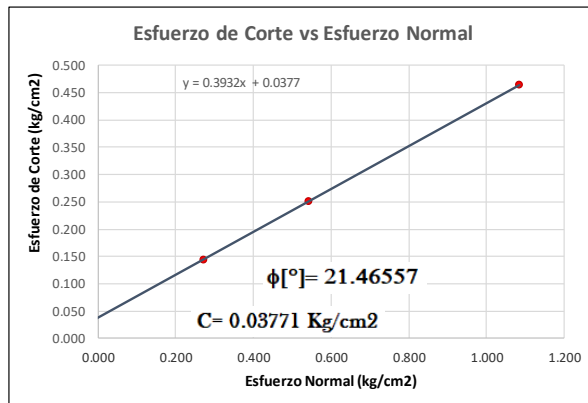
TESIS: ANÁLISIS DE LA REPTACIÓN DE UNA MASA DE TIERRA DE UN TALUD

FECHA: 19/05/2022

UBICACIÓN: PARTE URBANA DE LA VILLA DE SÓCOTA - SÓCOTA - CUTERVO - CAJAMARCA

LABORATORIO: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

CALICATA N°: C3M3



Cohesión y ángulo de fricción interna del suelo C4, M1

ENSAYO DE CORTE DIRECTO -PASO 1

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú



TESISTA: ANDY DELGADO DELGADO

TESIS: ANÁLISIS DE LA REPTACIÓN DE UNA MASA DE TIERRA DE UN TALUD

FECHA: 19/05/2022

UBICACIÓN: PARTE URBANA DE LA VILLA DE SÓCOTA - SÓCOTA - CUTERVO - CAJAMARCA

LABORATORIO: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

CALICATA N°: C4M1

CAJA DE CORTE N° T1-T2-T3
 ANCHO 6.02 cm
 LONG 6.02 cm
 AREA 36.2404 cm²
 ALTURA 1.85 cm
 VOLUMEN 67.04474 cm³
 VELOCIDAD 0.25 mm/min

Datos carta de calibración: A0= 0.321454545 A1= 0.400000

ENSAYO 01				ENSAYO 02				ENSAYO 03					
Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)	Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)	Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)		
0.00	0.000	0.400	0.011	0.00	0.000	0.400	0.011	0.00	0.000	0.400	0.011		
0.05	4.000	1.686	0.047	0.05	4.000	1.686	0.047	0.05	5.000	2.007	0.055		
0.10	7.000	2.650	0.073	0.10	8.000	2.972	0.082	0.10	9.000	3.293	0.091		
0.20	9.000	3.293	0.091	0.20	12.000	4.257	0.117	0.20	21.000	7.151	0.197		
0.35	11.000	3.936	0.109	0.35	16.000	5.543	0.153	0.35	28.000	9.401	0.259		
0.50	12.000	4.257	0.117	0.50	17.000	5.865	0.162	0.50	35.000	11.651	0.321		
0.75	13.000	4.579	0.126	0.75	19.000	6.508	0.180	0.75	39.000	12.937	0.357		
1.00	14.000	4.900	0.135	1.00	21.000	7.151	0.197	1.00	42.000	13.901	0.384		
1.25	14.000	4.900	0.135	1.25	22.000	7.472	0.206	1.25	45.000	14.865	0.410		
1.50	14.000	4.900	0.135	1.50	22.000	7.472	0.206	1.50	46.000	15.187	0.419		
1.75	15.000	5.222	0.144	1.75	23.000	7.793	0.215	1.75	48.000	15.830	0.437		
2.00	15.000	5.222	0.144	2.00	24.000	8.115	0.224	2.00	49.000	16.151	0.446		
2.50	16.000	5.543	0.153	2.50	25.000	8.436	0.233	2.50	50.000	16.473	0.455		
3.00	16.000	5.543	0.153	3.00	26.000	8.758	0.242	3.00	51.000	16.794	0.463		
3.50	16.000	5.543	0.153	3.50	27.000	9.079	0.251	3.50	52.000	17.116	0.472		
4.00	17.000	5.865	0.162	4.00	27.000	9.079	0.251	4.00	52.000	17.116	0.472		
4.50	17.000	5.865	0.162	4.50	28.000	9.401	0.259	4.50	52.000	17.116	0.472		
5.00	17.000	5.865	0.162	5.00	28.000	9.401	0.259	5.00	52.000	17.116	0.472		
6.00	17.000	5.865	0.162	6.00	28.000	9.401	0.259	6.00	52.000	17.116	0.472		
7.00	17.000	5.865	0.162	7.00	28.000	9.401	0.259	7.00	52.000	17.116	0.472		
8.00	18.000	6.186	0.171	8.00	29.000	9.722	0.268	8.00	53.000	17.437	0.481		
9.00	18.000	6.186	0.171	9.00	29.000	9.722	0.268	9.00	53.000	17.437	0.481		
10.00	18.000	6.186	0.171	10.00	29.000	9.722	0.268	10.00	53.000	17.437	0.481		
11.00	18.000	6.186	0.171	11.00	29.000	9.722	0.268	11.00	53.000	17.437	0.481		
12.00	18.000	6.186	0.171	12.00	29.000	9.722	0.268	12.00	53.000	17.437	0.481		
Esfuerzo de corte:			0.171	Kg/cm ²	Esfuerzo de corte:			0.268	Kg/cm ²	Esfuerzo de corte:			0.481
Esfuerzo Normal:			0.270692376	Kg/cm ²	Esfuerzo Normal:			0.54138475	Kg/cm ²	Esfuerzo Normal:			1.08276951

T _{cortante}	0.171	0.268	0.481
σ _{normal}	0.271	0.541	1.083

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - PASO 2



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

TESISTA: ANDY DELGADO DELGADO

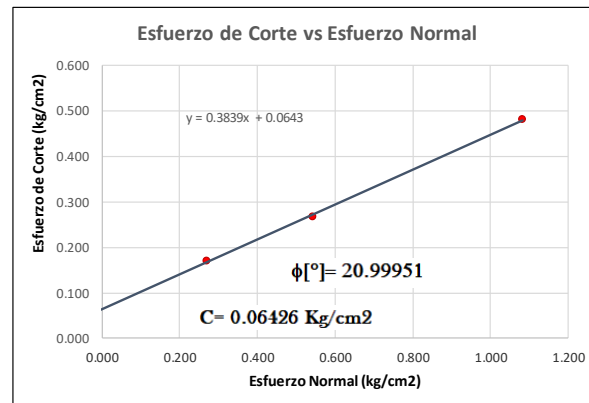
TESIS: ANÁLISIS DE LA REPTACIÓN DE UNA MASA DE TIERRA DE UN TALUD

FECHA: 19/05/2022

UBICACIÓN: PARTE URBANA DE LA VILLA DE SÓCOTA - SÓCOTA - CUTERVO - CAJAMARCA

LABORATORIO: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

CALICATA N°: C4M1



Cohesión y ángulo de fricción interna del suelo C4, M2

ENSAYO DE CORTE DIRECTO -PASO 1



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

TESISTA: ANDY DELGADO DELGADO

TESIS: ANÁLISIS DE LA REPTACIÓN DE UNA MASA DE TIERRA DE UN TALUD

FECHA: 19/05/2022

UBICACIÓN: PARTE URBANA DE LA VILLA DE SÓCOTA - SÓCOTA - CUTERVO - CAJAMARCA

LABORATORIO: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

CALICATA N°: C4M2

CAJA DE CORTE N° T1-T2-T3
 ANCHO 5.99 cm
 LONG 6.03 cm
 AREA 36.1197 cm²
 ALTURA 1.86 cm
 VOLUMEN 67.182642 cm³
 VELOCIDAD 0.25 mm/min

Datos carta de calibración: A0= 0.321454545 A1= 0.400000

ENSAYO 01				ENSAYO 02				ENSAYO 03			
Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)	Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)	Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)
0.00	0.000	0.400	0.011	0.00	0.000	0.400	0.011	0.00	4.000	1.686	0.047
0.05	4.000	1.686	0.047	0.05	4.000	1.686	0.047	0.05	6.000	2.329	0.064
0.10	8.000	2.972	0.082	0.10	6.000	2.329	0.064	0.10	10.000	3.615	0.100
0.20	9.000	3.293	0.091	0.20	8.000	2.972	0.082	0.20	13.000	4.579	0.127
0.35	10.000	3.615	0.100	0.35	9.000	3.293	0.091	0.35	16.000	5.543	0.153
0.50	12.000	4.257	0.118	0.50	10.000	3.615	0.100	0.50	18.000	6.186	0.171
0.75	12.000	4.257	0.118	0.75	11.000	3.936	0.109	0.75	20.000	6.829	0.189
1.00	14.000	4.900	0.136	1.00	11.000	3.936	0.109	1.00	21.000	7.151	0.198
1.25	14.000	4.900	0.136	1.25	12.000	4.257	0.118	1.25	21.000	7.151	0.198
1.50	15.000	5.222	0.145	1.50	12.000	4.257	0.118	1.50	22.000	7.472	0.207
1.75	15.000	5.222	0.145	1.75	12.000	4.257	0.118	1.75	22.000	7.472	0.207
2.00	15.000	5.222	0.145	2.00	12.000	4.257	0.118	2.00	22.000	7.472	0.207
2.50	16.000	5.543	0.153	2.50	12.000	4.257	0.118	2.50	22.000	7.472	0.207
3.00	16.000	5.543	0.153	3.00	12.000	4.257	0.118	3.00	22.000	7.472	0.207
3.50	16.000	5.543	0.153	3.50	12.000	4.257	0.118	3.50	22.000	7.472	0.207
4.00	16.000	5.543	0.153	4.00	12.000	4.257	0.118	4.00	22.000	7.472	0.207
4.50	16.000	5.543	0.153	4.50	12.000	4.257	0.118	4.50	22.000	7.472	0.207
5.00	16.000	5.543	0.153	5.00	12.000	4.257	0.118	5.00	22.000	7.472	0.207
6.00	16.000	5.543	0.153	6.00	12.000	4.257	0.118	6.00	22.000	7.472	0.207
7.00	16.000	5.543	0.153	7.00	12.000	4.257	0.118	7.00	22.000	7.472	0.207
8.00	16.000	5.543	0.153	8.00	12.000	4.257	0.118	8.00	22.000	7.472	0.207
9.00	16.000	5.543	0.153	9.00	12.000	4.257	0.118	9.00	22.000	7.472	0.207
10.00	16.000	5.543	0.153	10.00	12.000	4.257	0.118	10.00	22.000	7.472	0.207
11.00	16.000	5.543	0.153	11.00	12.000	4.257	0.118	11.00	22.000	7.472	0.207
12.00	16.000	5.543	0.153	12.00	12.000	4.257	0.118	12.00	22.000	7.472	0.207
Esfuerzo de corte:			0.153	Esfuerzo de corte:			0.118	Esfuerzo de corte:			0.207
Esfuerzo Normal:			0.27159694	Esfuerzo Normal:			0.54319388	Esfuerzo Normal:			1.08638776

T _{cortante}	0.153	0.118	0.207
σ _{normal}	0.272	0.543	1.086

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - PASO 2



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

TESISTA: ANDRÉS DELGADO DELGADO

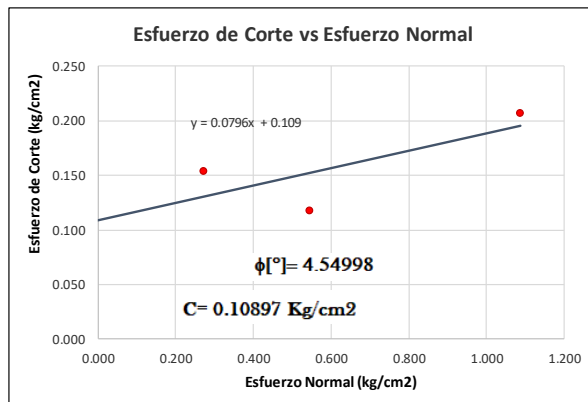
TESIS: ANÁLISIS DE LA REPTACIÓN DE UNA MASA DE TIERRA DE UN TALUD

FECHA: 19/05/2022

UBICACIÓN: PARTE URBANA DE LA VILLA DE SÓCOTA - SÓCOTA - CUTERVO - CAJAMARCA

LABORATORIO: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

CALICATA N°: C4M2



Cohesión y ángulo de fricción interna del suelo C4, M3

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - PASO 1

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú



TESISTA: ANDY DELGADO DELGADO

TESIS: ANÁLISIS DE LA REPTACIÓN DE UNA MASA DE TIERRA DE UN TALUD

FECHA: 19/05/2022

UBICACIÓN: PARTE URBANA DE LA VILLA DE SÓCOTA - SÓCOTA - CUTERVO - CAJAMARCA

LABORATORIO: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

CALICATA N°: C4M3

CAJA DE CORTE N° T1-T2-T3
 ANCHO 6.02 cm
 LONG 6.02 cm
 AREA 36.2404 cm²
 ALTURA 1.85 cm
 VOLUMEN 67.04474 cm³
 VELOCIDAD 0.25 mm/min

Datos de calibración:
 de A0= 0.321454545 A1= 0.400000

ENSAYO 01				ENSAYO 02				ENSAYO 03			
Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)	Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)	Dial de Forma (mm)	Dial de Corte (mm)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²)
0.00	0.000	0.400	0.011	0.00	0.000	0.400	0.011	0.00	0.000	0.400	0.011
0.05	4.000	1.686	0.047	0.05	4.000	1.686	0.047	0.05	5.000	2.007	0.055
0.10	7.000	2.650	0.073	0.10	8.000	2.972	0.082	0.10	9.000	3.293	0.091
0.20	9.000	3.293	0.091	0.20	12.000	4.257	0.117	0.20	21.000	7.151	0.197
0.35	11.000	3.936	0.109	0.35	16.000	5.543	0.153	0.35	28.000	9.401	0.259
0.50	12.000	4.257	0.117	0.50	17.000	5.865	0.162	0.50	35.000	11.651	0.321
0.75	13.000	4.579	0.126	0.75	19.000	6.508	0.180	0.75	39.000	12.937	0.357
1.00	14.000	4.900	0.135	1.00	21.000	7.151	0.197	1.00	42.000	13.901	0.384
1.25	14.000	4.900	0.135	1.25	22.000	7.472	0.206	1.25	45.000	14.865	0.410
1.50	14.000	4.900	0.135	1.50	22.000	7.472	0.206	1.50	46.000	15.187	0.419
1.75	15.000	5.222	0.144	1.75	23.000	7.793	0.215	1.75	48.000	15.830	0.437
2.00	15.000	5.222	0.144	2.00	24.000	8.115	0.224	2.00	49.000	16.151	0.446
2.50	16.000	5.543	0.153	2.50	25.000	8.436	0.233	2.50	50.000	16.473	0.455
3.00	16.000	5.543	0.153	3.00	26.000	8.758	0.242	3.00	51.000	16.794	0.463
3.50	16.000	5.543	0.153	3.50	27.000	9.079	0.251	3.50	52.000	17.116	0.472
4.00	17.000	5.865	0.162	4.00	27.000	9.079	0.251	4.00	52.000	17.116	0.472
4.50	17.000	5.865	0.162	4.50	28.000	9.401	0.259	4.50	52.000	17.116	0.472
5.00	17.000	5.865	0.162	5.00	28.000	9.401	0.259	5.00	52.000	17.116	0.472
6.00	17.000	5.865	0.162	6.00	28.000	9.401	0.259	6.00	52.000	17.116	0.472
7.00	17.000	5.865	0.162	7.00	28.000	9.401	0.259	7.00	52.000	17.116	0.472
8.00	17.000	5.865	0.162	8.00	28.000	9.401	0.259	8.00	52.000	17.116	0.472
9.00	17.000	5.865	0.162	9.00	28.000	9.401	0.259	9.00	52.000	17.116	0.472
10.00	17.000	5.865	0.162	10.00	28.000	9.401	0.259	10.00	52.000	17.116	0.472
11.00	17.000	5.865	0.162	11.00	28.000	9.401	0.259	11.00	52.000	17.116	0.472
12.00	17.000	5.865	0.162	12.00	28.000	9.401	0.259	12.00	52.000	17.116	0.472
Esfuerzo de corte:			0.162	Esfuerzo de corte:			0.259	Esfuerzo de corte:			0.472
Esfuerzo Normal:			0.270692376	Esfuerzo Normal:			0.54138475	Esfuerzo Normal:			1.08276951

T _{cortante}	0.162	0.259	0.472
σ _{normal}	0.271	0.541	1.083

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - PASO 2



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

TESISTA: ANDY DELGADO DELGADO

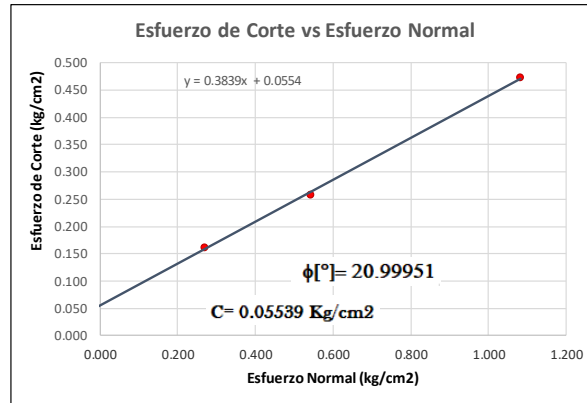
TESIS: ANÁLISIS DE LA REPTACIÓN DE UNA MASA DE TIERRA DE UN TALUD

FECHA: 19/05/2022

UBICACIÓN: PARTE URBANA DE LA VILLA DE SÓCOTA - SÓCOTA - CUTERVO - CAJAMARCA

LABORATORIO: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

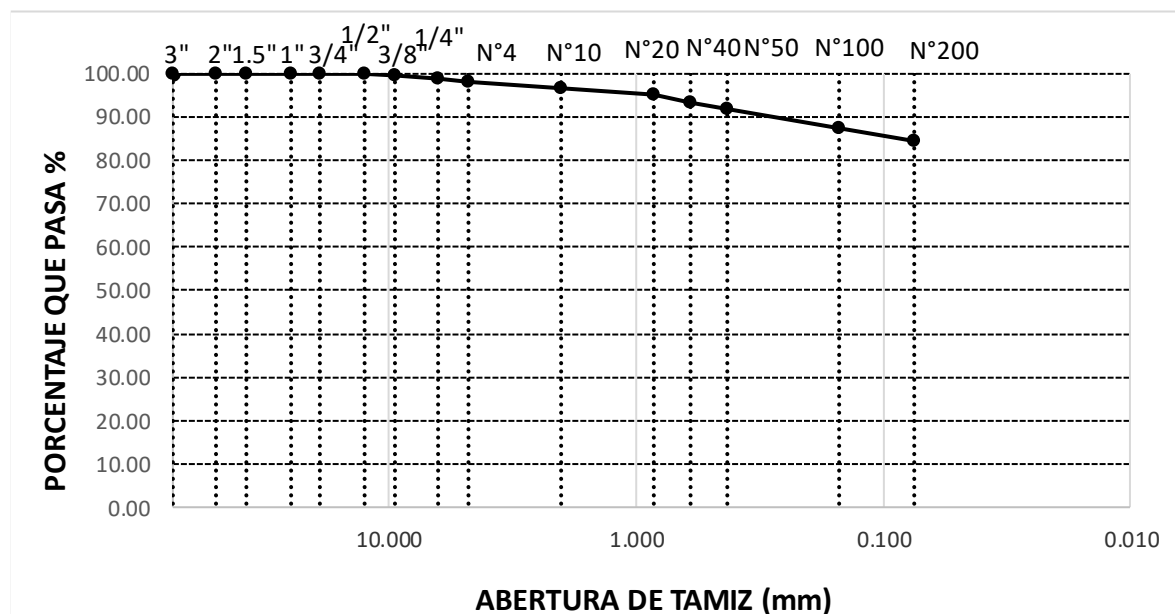
CALICATA N°: C4M3



ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO C1M1

TAMICES		PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO PARCIAL	% PESO RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
(Pul)	(mm)				
3"	75.000		0.00	0.00	100.00
2"	50.000		0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500		0.00	0.00	100.00
1"	25.000		0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000		0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500		0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.77	0.42	0.42	99.58
1/4"	6.300	1.83	1.00	1.41	98.59
Nº4	4.750	0.99	0.54	1.95	98.05
Nº10	2.000	2.55	1.39	3.34	96.66
Nº20	0.850	2.93	1.59	4.94	95.06
Nº40	0.600	3.19	1.74	6.67	93.33
Nº50	0.425	2.93	1.59	8.27	91.73
Nº100	0.150	8.26	4.49	12.76	87.24
Nº200	0.075	5.45	2.97	15.73	84.27
< Nº 200	FONDO	154.87	84.27	100.00	0.00
TOTAL	Σ	183.77			

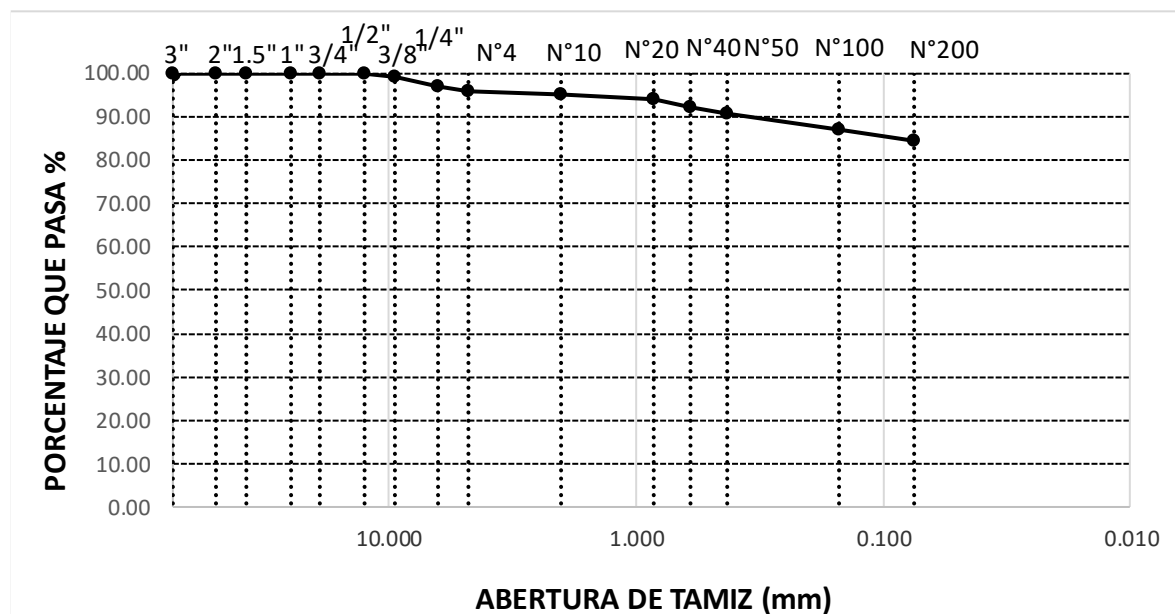
% DE GRAVAS	1.95
% FINOS	84.27
% ARENAS	13.77



ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO C1M2

TAMICES		PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO PARCIAL	% PESO RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
(Pul)	(mm)				
3"	75.000		0.00	0.00	100.00
2"	50.000		0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500		0.00	0.00	100.00
1"	25.000		0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000		0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500		0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	1.39	0.94	0.94	99.06
1/4"	6.300	3.47	2.34	3.28	96.72
Nº4	4.750	1.12	0.76	4.04	95.96
Nº10	2.000	1.61	1.09	5.12	94.88
Nº20	0.850	1.48	1.00	6.12	93.88
Nº40	0.600	2.63	1.77	7.90	92.10
Nº50	0.425	2.13	1.44	9.33	90.67
Nº100	0.150	5.34	3.60	12.94	87.06
Nº200	0.075	4.22	2.85	15.79	84.21
< Nº 200	FONDO	124.78	84.21	100.00	0.00
TOTAL	Σ	148.17			

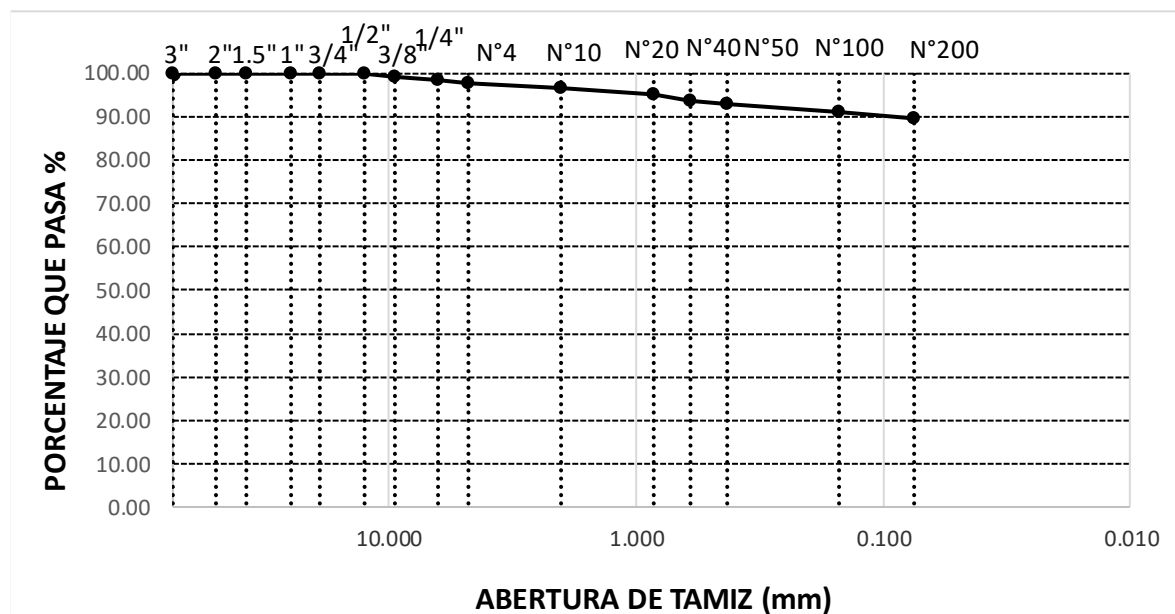
% DE GRAVAS	4.04
% FINOS	84.21
% ARENAS	11.75



ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO C1M2

TAMICES		PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO PARCIAL	% PESO RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
(Pul)	(mm)				
3"	75.000		0.00	0.00	100.00
2"	50.000		0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500		0.00	0.00	100.00
1"	25.000		0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000		0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500		0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	1.34	0.91	0.91	99.09
1/4"	6.300	1.31	0.89	1.80	98.20
Nº4	4.750	0.60	0.41	2.21	97.79
Nº10	2.000	2.09	1.42	3.63	96.37
Nº20	0.850	2.21	1.50	5.14	94.86
Nº40	0.600	1.63	1.11	6.24	93.76
Nº50	0.425	1.09	0.74	6.99	93.01
Nº100	0.150	2.91	1.98	8.97	91.03
Nº200	0.075	2.11	1.44	10.40	89.60
< Nº 200	FONDO	131.72	89.60	100.00	0.00
TOTAL	Σ	147.01			

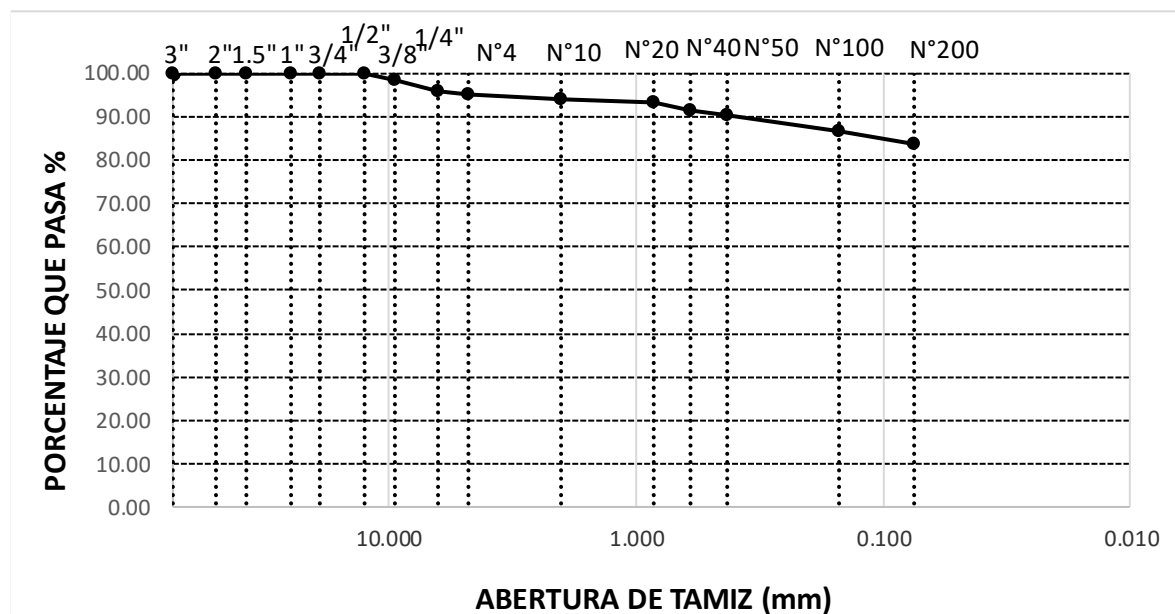
% DE GRAVAS	2.21
% FINOS	89.60
% ARENAS	8.19



ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO C2M2

TAMICES		PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO PARCIAL	% PESO RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
(Pul)	(mm)				
3"	75.000		0.00	0.00	100.00
2"	50.000		0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500		0.00	0.00	100.00
1"	25.000		0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000		0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500		0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	2.62	1.62	1.62	98.38
1/4"	6.300	4.52	2.79	4.40	95.60
Nº4	4.750	1.05	0.65	5.05	94.95
Nº10	2.000	1.61	0.99	6.04	93.96
Nº20	0.850	1.48	0.91	6.95	93.05
Nº40	0.600	2.63	1.62	8.58	91.42
Nº50	0.425	2.02	1.25	9.82	90.18
Nº100	0.150	6.05	3.73	13.55	86.45
Nº200	0.075	4.82	2.97	16.52	83.48
< Nº 200	FONDO	135.40	83.48	100.00	0.00
TOTAL	Σ	162.20			

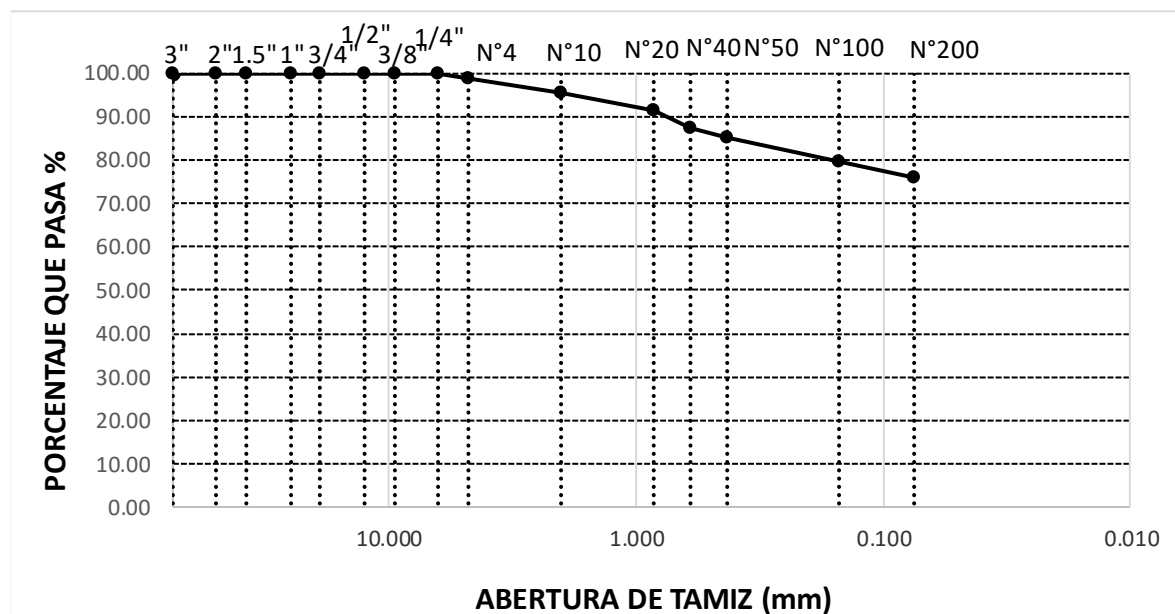
% DE GRAVAS	5.05
% FINOS	83.48
% ARENAS	11.47



ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO C2M3

TAMICES		PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO PARCIAL	% PESO RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
(Pul)	(mm)				
3"	75.000		0.00	0.00	100.00
2"	50.000		0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500		0.00	0.00	100.00
1"	25.000		0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000		0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500		0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500		0.00	0.00	100.00
1/4"	6.300	0.30	0.26	0.26	99.74
Nº4	4.750	0.98	0.86	1.12	98.88
Nº10	2.000	3.78	3.32	4.44	95.56
Nº20	0.850	4.83	4.24	8.68	91.32
Nº40	0.600	4.53	3.97	12.65	87.35
Nº50	0.425	2.73	2.40	15.05	84.95
Nº100	0.150	6.10	5.35	20.40	79.60
Nº200	0.075	4.30	3.77	24.17	75.83
< Nº 200	FONDO	86.42	75.83	100.00	0.00
TOTAL	Σ	113.97			

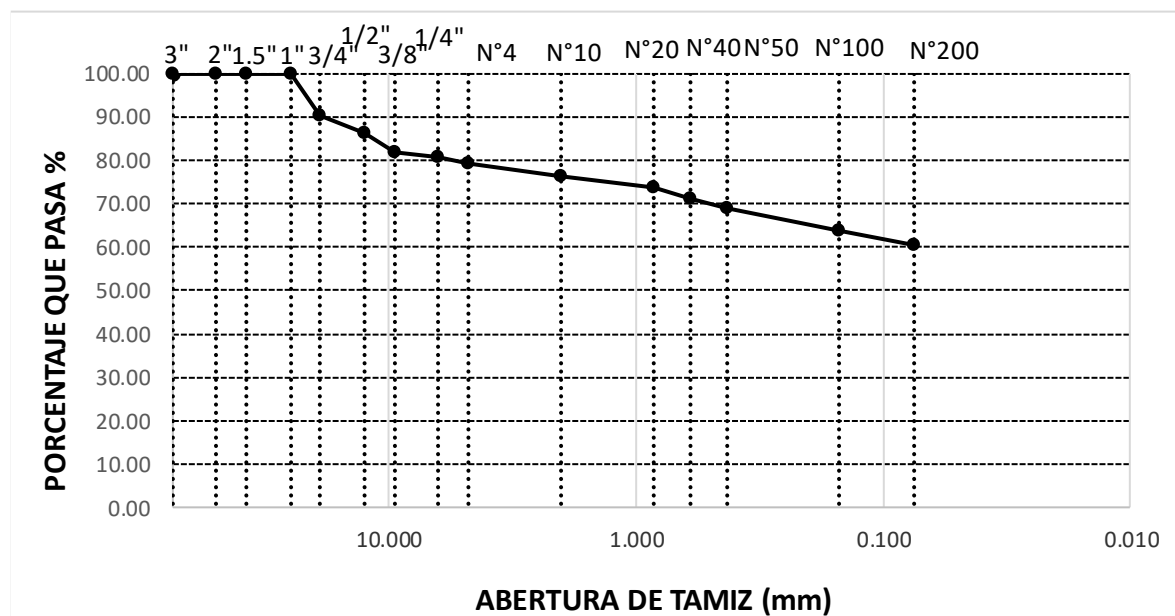
% DE GRAVAS	1.12
% FINOS	75.83
% ARENAS	23.05



ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO C3M1

TAMICES		PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO PARCIAL	% PESO RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
(Pul)	(mm)				
3"	75.000		0.00	0.00	100.00
2"	50.000		0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500		0.00	0.00	100.00
1"	25.000		0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	15.39	9.68	9.68	90.32
1/2"	12.500	6.64	4.17	13.85	86.15
3/8"	9.500	7.21	4.53	18.38	81.62
1/4"	6.300	1.50	0.94	19.33	80.67
Nº4	4.750	2.04	1.28	20.61	79.39
Nº10	2.000	4.80	3.02	23.63	76.37
Nº20	0.850	4.49	2.82	26.45	73.55
Nº40	0.600	4.11	2.58	29.03	70.97
Nº50	0.425	3.17	1.99	31.03	68.97
Nº100	0.150	8.06	5.07	36.09	63.91
Nº200	0.075	5.50	3.46	39.55	60.45
< Nº 200	FONDO	96.15	60.45	100.00	0.00
TOTAL	Σ	159.06			

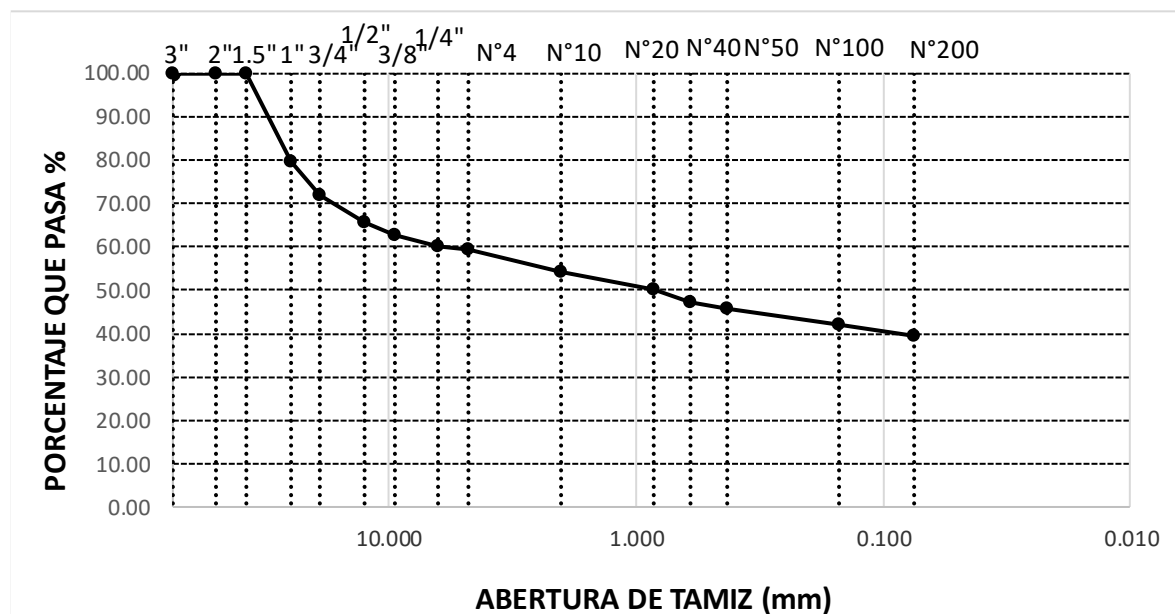
% DE GRAVAS	20.61
% FINOS	60.45
% ARENAS	18.94



ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO C3M2

TAMICES		PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO PARCIAL	% PESO RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
(Pul)	(mm)				
3"	75.000		0.00	0.00	100.00
2"	50.000		0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500		0.00	0.00	100.00
1"	25.000	31.72	20.25	20.25	79.75
3/4"	19.000	12.55	8.01	28.26	71.74
1/2"	12.500	9.69	6.18	34.44	65.56
3/8"	9.500	4.73	3.02	37.46	62.54
1/4"	6.300	3.57	2.28	39.74	60.26
Nº4	4.750	1.37	0.87	40.61	59.39
Nº10	2.000	8.00	5.11	45.72	54.28
Nº20	0.850	6.54	4.17	49.89	50.11
Nº40	0.600	4.55	2.90	52.80	47.20
Nº50	0.425	2.50	1.60	54.39	45.61
Nº100	0.150	5.85	3.73	58.12	41.88
Nº200	0.075	3.49	2.23	60.35	39.65
< Nº 200	FONDO	62.12	39.65	100.00	0.00
TOTAL	Σ	156.68			

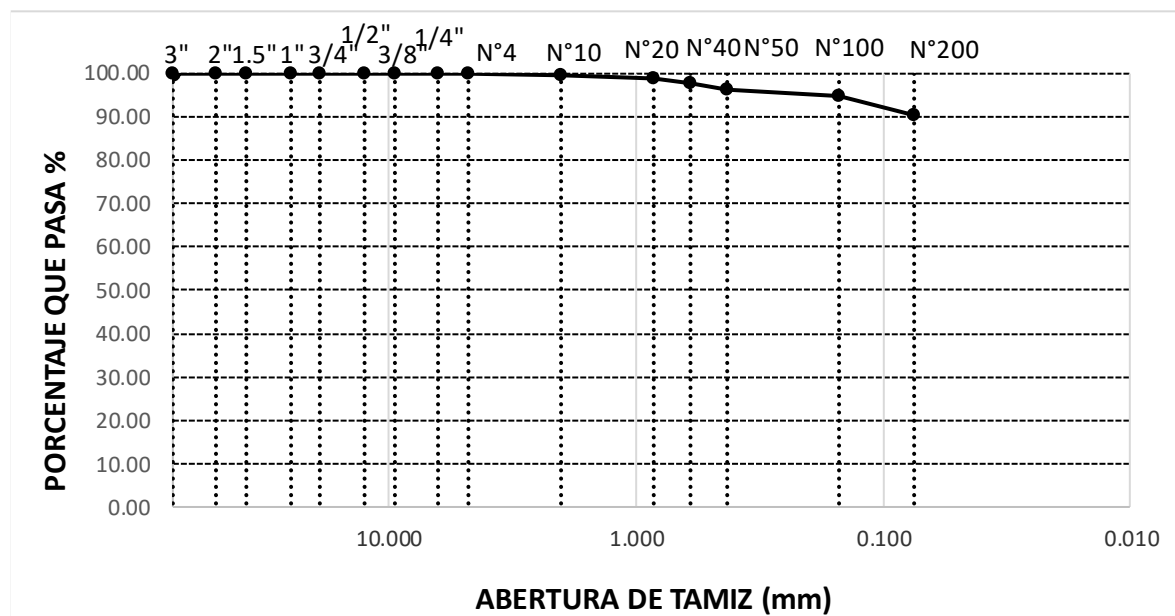
% DE GRAVAS	40.61
% FINOS	39.65
% ARENAS	19.74



ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO C3M3

TAMICES		PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO PARCIAL	% PESO RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
(Pul)	(mm)				
3"	75.000		0.00	0.00	100.00
2"	50.000		0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500		0.00	0.00	100.00
1"	25.000		0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000		0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500		0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500		0.00	0.00	100.00
1/4"	6.300		0.00	0.00	100.00
Nº4	4.750		0.00	0.00	100.00
Nº10	2.000	0.88	0.50	0.50	99.50
Nº20	0.850	1.37	0.77	1.27	98.73
Nº40	0.600	1.96	1.11	2.38	97.62
Nº50	0.425	2.60	1.47	3.84	96.16
Nº100	0.150	2.58	1.46	5.30	94.70
Nº200	0.075	7.81	4.41	9.71	90.29
< Nº 200	FONDO	159.97	90.29	100.00	0.00
TOTAL	Σ	177.17			

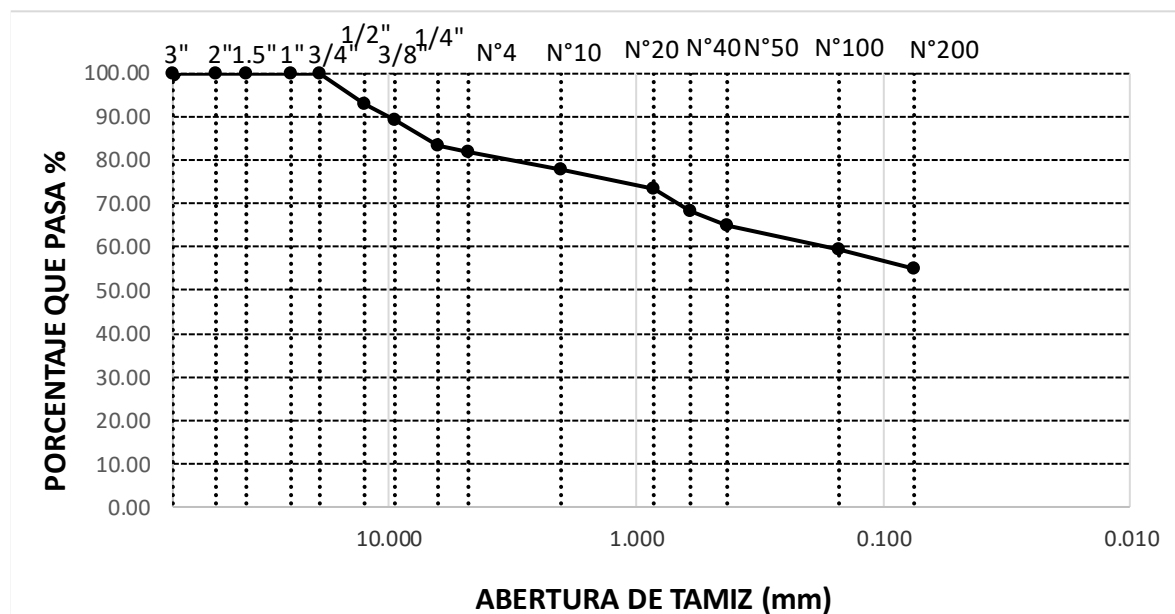
% DE GRAVAS	0.00
% FINOS	90.29
% ARENAS	9.71



ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO C4M1

TAMICES		PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO PARCIAL	% PESO RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
(Pul)	(mm)				
3"	75.000		0.00	0.00	100.00
2"	50.000		0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500		0.00	0.00	100.00
1"	25.000		0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000		0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	13.87	7.33	7.33	92.67
3/8"	9.500	6.45	3.41	10.74	89.26
1/4"	6.300	11.11	5.87	16.61	83.39
Nº4	4.750	2.72	1.44	18.04	81.96
Nº10	2.000	7.81	4.13	22.17	77.83
Nº20	0.850	8.67	4.58	26.75	73.25
Nº40	0.600	9.40	4.97	31.72	68.28
Nº50	0.425	6.21	3.28	35.00	65.00
Nº100	0.150	10.61	5.61	40.61	59.39
Nº200	0.075	8.50	4.49	45.10	54.90
< Nº 200	FONDO	103.90	54.90	100.00	0.00
TOTAL	Σ	189.25			

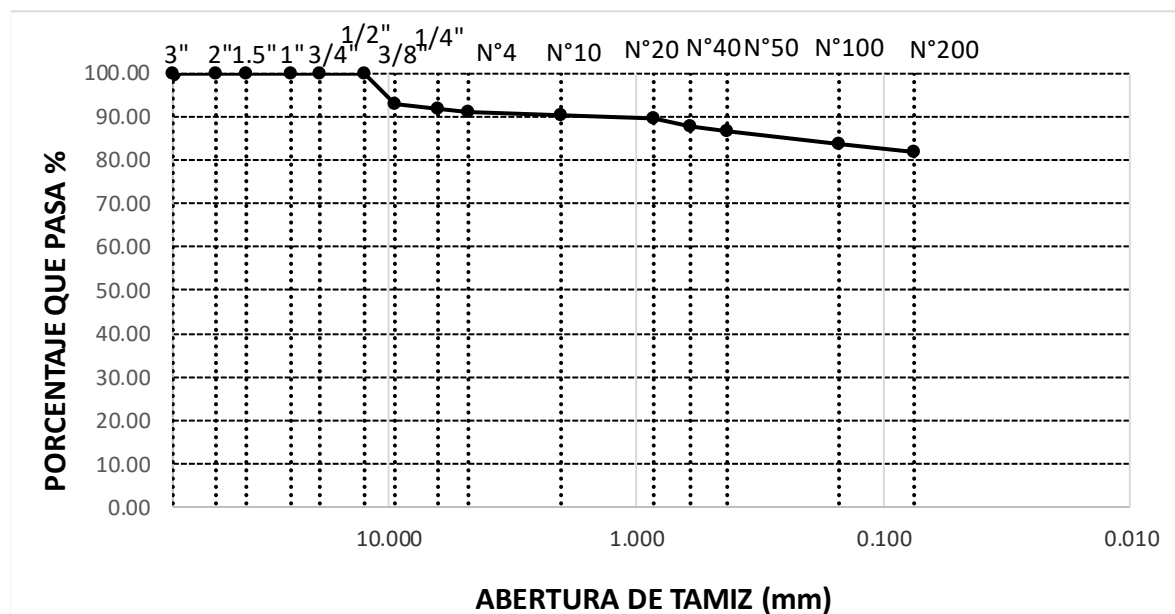
% DE GRAVAS	18.04
% FINOS	54.90
% ARENAS	27.05



ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO C4M2

TAMICES		PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO PARCIAL	% PESO RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
(Pul)	(mm)				
3"	75.000		0.00	0.00	100.00
2"	50.000		0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500		0.00	0.00	100.00
1"	25.000		0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000		0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500		0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	9.28	6.98	6.98	93.02
1/4"	6.300	1.92	1.44	8.43	91.57
Nº4	4.750	0.82	0.62	9.04	90.96
Nº10	2.000	0.95	0.71	9.76	90.24
Nº20	0.850	1.12	0.84	10.60	89.40
Nº40	0.600	2.05	1.54	12.14	87.86
Nº50	0.425	1.77	1.33	13.48	86.52
Nº100	0.150	4.06	3.05	16.53	83.47
Nº200	0.075	2.29	1.72	18.25	81.75
< Nº 200	FONDO	108.64	81.75	100.00	0.00
TOTAL	Σ	132.90			

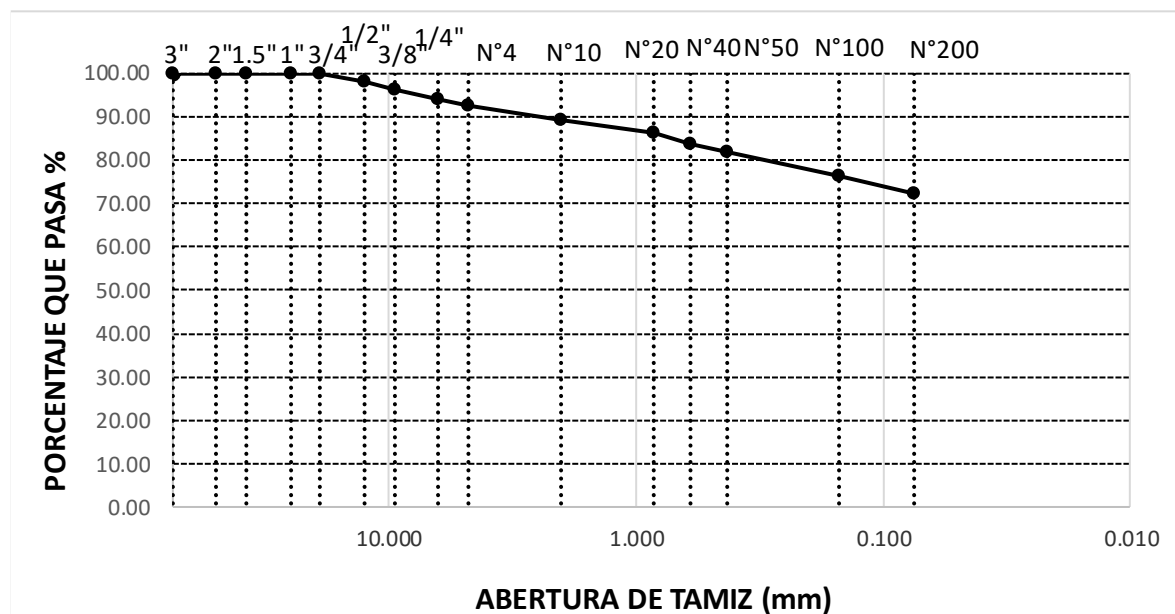
% DE GRAVAS	9.04
% FINOS	81.75
% ARENAS	9.21




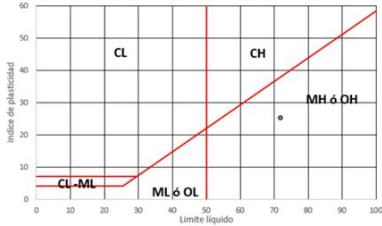
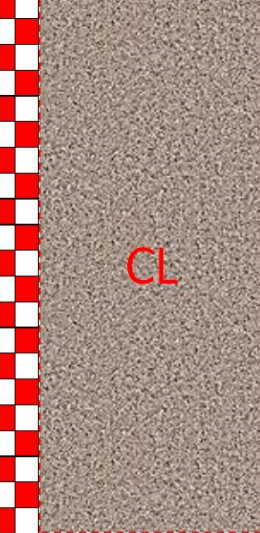

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO C4M3

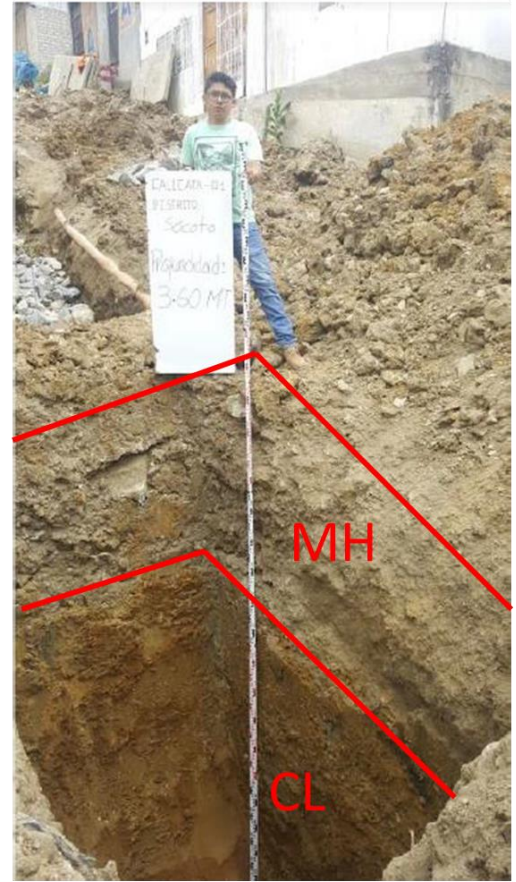
TAMICES		PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO PARCIAL	% PESO RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
(Pul)	(mm)				
3"	75.000		0.00	0.00	100.00
2"	50.000		0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500		0.00	0.00	100.00
1"	25.000		0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000		0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	4.15	1.98	1.98	98.02
3/8"	9.500	4.09	1.95	3.93	96.07
1/4"	6.300	4.65	2.22	6.14	93.86
Nº4	4.750	2.79	1.33	7.47	92.53
Nº10	2.000	7.06	3.36	10.83	89.17
Nº20	0.850	6.21	2.96	13.79	86.21
Nº40	0.600	5.62	2.68	16.47	83.53
Nº50	0.425	3.99	1.90	18.37	81.63
Nº100	0.150	10.91	5.20	23.56	76.44
Nº200	0.075	8.53	4.06	27.63	72.37
< Nº 200	FONDO	151.93	72.37	100.00	0.00
TOTAL	Σ	209.93			

% DE GRAVAS	7.47
% FINOS	72.37
% ARENAS	20.16


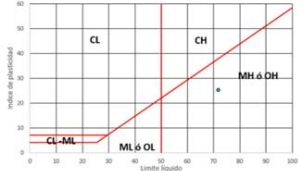
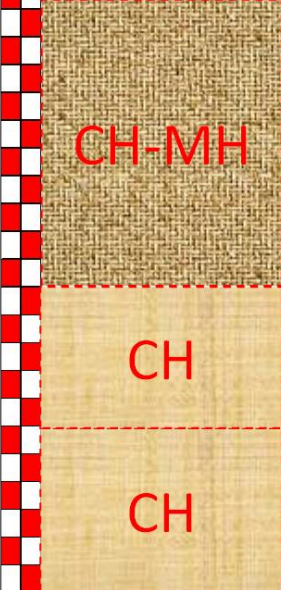
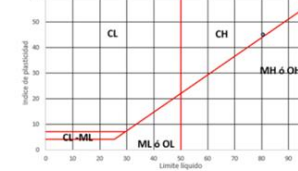
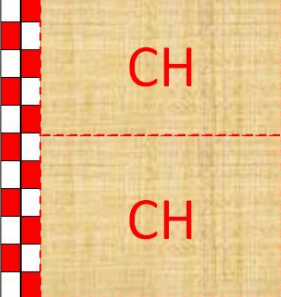
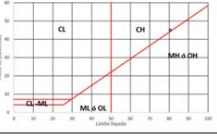


ESTRATOS EN CALICATA N°01

PROFUNDIDAD	CALICATA N °01	DESCRIPCIÓN	
-0.10 m	 <p style="text-align: center; color: red; font-size: 2em;">MH</p>	<p>*Limo de alta plasticidad. %Humedad= 32.45%</p> <p style="text-align: center;">Carta de plasticidad</p> 	
-0.20 m		 <p style="text-align: center; color: red; font-size: 2em;">CL</p>	<p>*Arcilla de baja plasticidad. %Humedad= 38.81%</p> <p style="text-align: center;">Carta de plasticidad</p> 
-0.30 m			
-0.40 m			
-0.50 m			
-0.60 m			
-0.70 m			
-0.80 m			
-0.90 m			
-1.00 m			
-1.10 m			
-1.20 m			
-1.30 m			
-1.40 m			
-1.50 m			
-1.60 m			
-1.70 m			
-1.80 m			
-1.90 m			
-2.00 m			
-2.10 m			
-2.20 m			
-2.30 m			
-2.40 m			
-2.50 m			
-2.60 m			
-2.70 m			
-2.80 m			
-2.90 m			
-3.00 m			
-3.10 m			
-3.20 m			
-3.30 m			
-3.40 m			
-3.50 m			
-3.60 m			

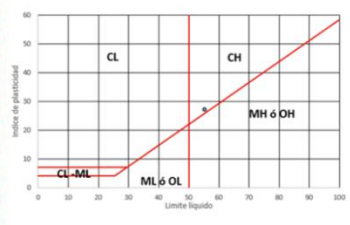
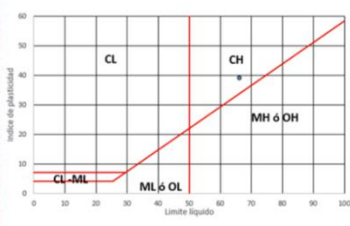
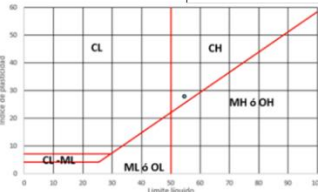


ESTRATOS EN CALICATA N°02

PROFUNDIDAD	CALICATA N °02	DESCRIPCIÓN	
-0.10 m		*Suelo organico de alta plasticidad. %Humedad= 31.55%	
-0.20 m			
-0.30 m			
-0.40 m			
-0.50 m			
-0.60 m			
-0.70 m			
-0.80 m			
-0.90 m			
-1.00 m			
-1.10 m		*Arcilla limosa de de alta plasticidad. %Humedad= 41.08%	
-1.20 m			
-1.30 m			
-1.40 m			
-1.50 m			
-1.60 m			
-1.70 m			
-1.80 m			
-1.90 m			
-2.00 m			
-2.10 m		*Arcilla de alta plasticidad. %Humedad= 34.86%	
-2.20 m			
-2.30 m			
-2.40 m			
-2.50 m			
-2.60 m			
-2.70 m			
-2.80 m			
-2.90 m			
-3.00 m			
-3.10 m			






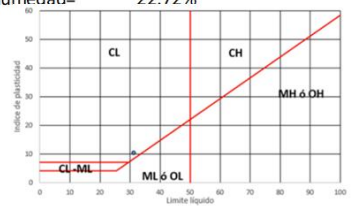
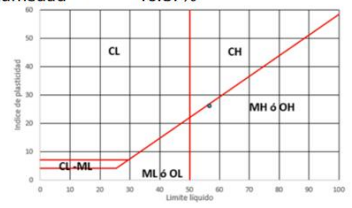
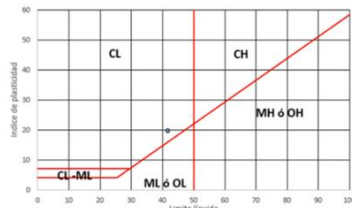
ESTRATOS EN CALICATA N°03

PROFUNDIDAD	CALICATA N°03	DESCRIPCIÓN
-0.10 m	CH	*Arcilla de alta plasticidad. %Humedad= 41.52% 
-0.20 m		
-0.30 m		
-0.40 m		
-0.50 m		
-0.60 m		
-0.70 m		
-0.80 m		
-0.90 m		
-1.00 m		
-1.10 m		
-1.20 m		
-1.30 m		
-1.40 m		
-1.50 m	CH	*Arcilla de alta plasticidad. %Humedad= 37.13% 
-1.60 m		
-1.70 m		
-1.80 m		
-1.90 m		
-2.00 m		
-2.10 m		
-2.20 m		
-2.30 m		
-2.40 m		
-2.50 m		
-2.60 m		
-2.70 m		
-2.80 m		
-2.90 m	CH	*Arcilla de alta plasticidad. %Humedad= 34.67% 
-3.00 m		
-3.10 m		
-3.20 m		
-3.30 m		
-3.40 m		
-3.50 m		
-3.60 m		
-3.70 m		
-3.80 m		
-3.90 m		
-4.00 m		



ESTRATOS EN CALICATA N°04

PROFUNDIDAD	CALICATA N °04	DESCRIPCIÓN
-0.10 m	 <p style="text-align: center; color: red; font-size: 2em;">CL</p>	*Arcilla de baja plasticidad. %Humedad= 23.59%
-0.20 m		
-0.30 m		
-0.40 m		
-0.50 m		
-0.60 m		
-0.70 m		
-0.80 m		
-0.90 m		
-1.00 m		
-1.10 m	 <p style="text-align: center; color: red; font-size: 2em;">MH</p>	*Limo de alta plasticidad. %Humedad= 46.87%
-1.20 m		
-1.30 m		
-1.40 m		
-1.50 m		
-1.60 m		
-1.70 m		
-1.80 m		
-1.90 m		
-2.00 m		
-2.10 m	 <p style="text-align: center; color: red; font-size: 2em;">CL</p>	*Arcilla de baja plasticidad. %Humedad= 22.72%
-2.20 m		
-2.30 m		
-2.40 m		
-2.50 m		
-2.60 m		
-2.70 m		
-2.80 m		
-2.90 m		
-3.00 m		
-3.10 m		
-3.20 m		
-3.30 m		
-3.40 m		



Fotografía 01: Excavación de calicata N°01



Fuente: Propia

Fotografía 02: Obtención de muestras alteradas de calicata N°01



Fuente: Propia

Fotografía 03: Obtención de muestras inalteradas de calicata N°01



Fuente: Propia

Fotografía 04: Obtención de muestra inalteradas de calicata N°02



Fuente: Propia

Fotografía 05: Excavación de calicata N°03



Fuente: Propia

Fotografía 06: Medición de calicata N°03



Fuente: Propia

Fotografía 07: Excavación de calicata N°04



Fuente: Propia

Fotografía 08: Protección para traslado de muestras inalteradas



Fuente: Propia

Fotografía 09: Muestras inalteradas protegidas para conservar humedad



Fuente: Propia

Fotografía 10: Muestras húmedas de suelo en laboratorio



Fuente: Propia

Fotografía 11: Suelo lavado por tamiz #200



Fuente: Propia

Fotografía 12: Muestras en el horno secados por 24 horas



Fuente: Propia

Fotografía 13: Tamices para ensayo de granulometría



Fuente: Propia

Fotografía 14: Proceso de pesado de suelos



Fuente: Propia

Fotografía 14: Ensayo de gravedad específica



Fuente: Propia

Fotografía 15: Material puestos en talladores previo a inserción en caja de corte



Fuente: Propia

Fotografía 16: Maquina para elaboración de corte directo



Fuente: Propia

Fotografía 17: Suelo recubierto con parafina



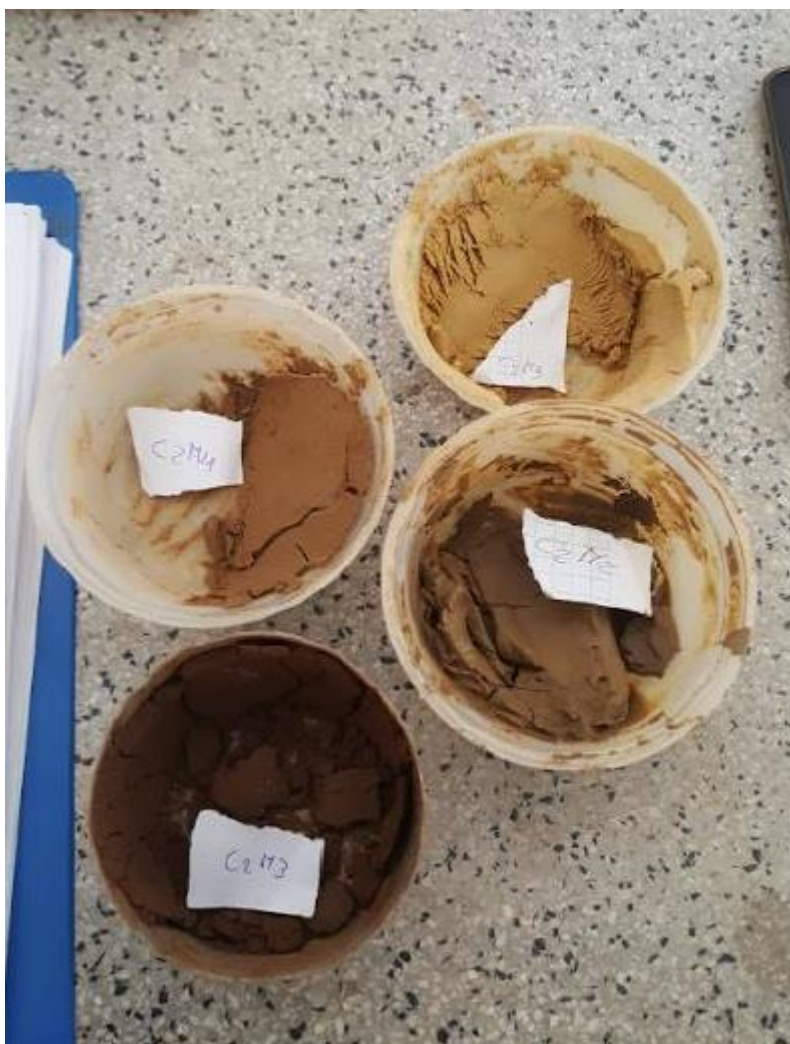
Fuente: Propia

Fotografía 18: Medición del volumen del suelo



Fuente: Propia

Fotografía 19: Suelo para obtención de límite líquido



Fuente: Propia

Fotografía 20: Muestras secadas al horno



Fuente: Propia

Fotografía 21: Proceso de pesado ensayo de Limites de Atterberg



Fuente: Propia

9.4 Estudio de prospección geofísica

9.4.1 Prospección geofísica mediante tomografía geoelectrica

001



D&G
D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C.



ESTUDIO DE PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

COMISIÓN DE EVALUACIÓN DE CALIDAD
Miguel Ángel Guevara Guerrero
C.I. 142575

Miguel Ángel Guevara Guerrero
INGENIERO CIVIL
C.I. 142575

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
VENEZUELA
C.I. 142575

MIGUEL ANGEL GUEVARA GUERRERO
Gerente General
1-4-2021

2021

**"PROSPECCIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE TOMOGRAFÍA GEOELÉCTRICA
PARA DETERMINAR LA RESISTIVIDAD DEL SUBSUELO EN EL DISTRITO
DE SÓCOTA, PROVINCIA DE CUTERVO, DEPARTAMENTO DE
CAJAMARCA"**

CONTENIDO



1. GENERALIDADES

- 1.1. Introducción
- 1.2. Planteamiento del estudio y Objetivos Específicos
- 1.3. Ubicación y Acceso
- 1.4. Condiciones Generales de la Zona de Estudio

2. METODO DE PROSPECCIÓN

3. INSTRUMENTAL EMPLEADO

4. ANALISIS DE RESULTADOS

- 4.1. Valoración Cuantitativa
- 4.2. Valoración Cualitativa
- 4.3. Clave de Lectura

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6. DECLARACIÓN DE LÍMITES DE RESPONSABILIDAD

7. ANEXOS

- 7.1. Anexo N°1 SECCIÓN GEOELÉCTRICA "A"
- 7.2. Anexo N°2 SECCIÓN GEOELÉCTRICA "B"
- 7.3. Anexo N°3 SECCIÓN GEOELÉCTRICA "C"
- 7.4. Anexo N°4: Fotos de Trabajo en Campo





D&G
D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C.
 RUC. N° 20601819326

003

1. GENERALIDADES

1.1. Introducción:

Por requerimiento del Sr. Andy Delgado Delgado, se ejecutó un estudio de prospección geofísica mediante TOMOGRAFIA GEOELECTRICA, que permitirá ubicar las zonas de filtración, los niveles en que se encuentra, y las características geo-eléctricas de los estratos que conforman la sección a estudiar. Este estudio es fundamental para realizar la investigación proyectada, y es determinante para la toma de decisiones y diseño de las estructuras de los proyectos. Además, permitirá realizar un tratamiento adecuado a los suelos garantizándonos la consistencia y solides de los proyectos previstos para su construcción en el corto y mediano plazo.

1.2. Planteamiento de Estudio y Objetivos Específicos:

Las constantes y fuertes lluvias a la que está expuesta la localidad donde se encuentra ubicado la zona de estudio, originan riesgos en la que están expuestos las estructuras en la zona de estudio, debido a las aguas que discurren en el trayecto de la zona, tanto en la parte inferior como en la parte superior, originando filtraciones provenientes de este, más aún en épocas de alta precipitación pluvial. Asimismo, existen zonas de desplazamiento geológico, es por ello que es de interés contar con un estudio de prospección geofísica que determine las zonas de filtraciones y tipos de suelos. Para el efecto se ha programado la ejecución del presente estudio, siendo sus objetivos específicos los siguientes:

- Detectar cambios en la estructura somera del suelo
- Detectar filtraciones y acuíferos
- Determinar el basamento rocoso si es que hubiera y tipos de suelos

D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C.

 Miguel Ángel Quevedo Calderero
 GERENTE GENERAL


 Yender Willyers Morales Caipo
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 142675



 Yender Willyers Morales Caipo
 INGENIERO AGRICOLA
 CIP. N° 28044



D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C.
RUC. N° 20601819326

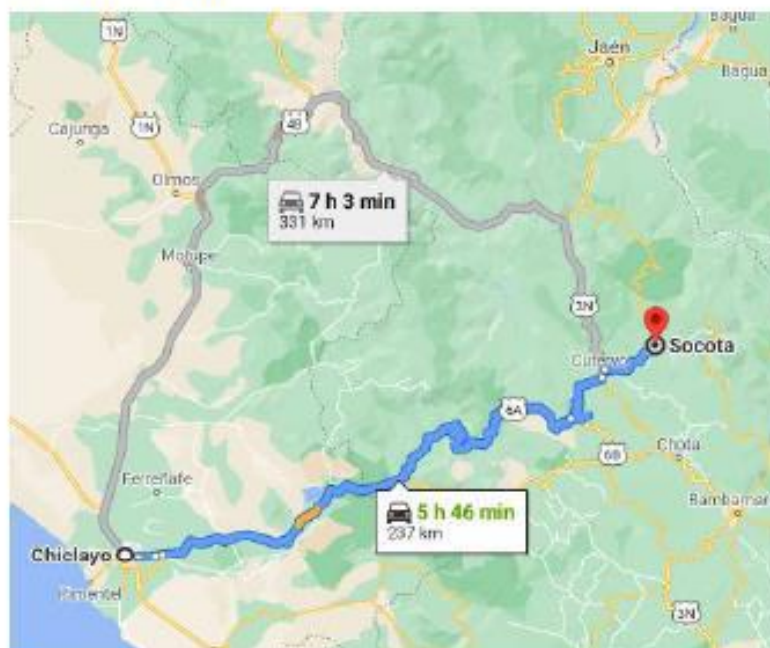
004

1.3. Ubicación y Acceso:

La zona de estudio está ubicada a 237 km de distancia del centro de la ciudad de Chiclayo (5 horas y 46 min), por carretera 6A. Pasado por la ciudad de Cutervo.

El trabajo se desarrolló el 12 Agosto del 2020, habiéndose realizado 3 secciones Geoeléctricas, cuya localización en planta se muestra en MAPA N°2.

- Mapa de Acceso y Ubicación de la zona de estudios de Prospección Geofísica. MAPA N°1



D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C.
[Signature]
Rigoberto Ángel Guevara Calderero
DIRECCIÓN GENERAL

[Signature]
Yender Willyers Morales Cuzco
INGENIERO CIVIL
CIP: 142675

[Signature]
A.S. J. Alberto A. Inca Chiriqui
INGENIERO AGRICOLA
CIP: N° 28044



D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C.

RUC. N° 20801819326

005

- Mapa de Acceso y Ubicación de la zona de estudios de Prospección Geofísica. MAPA N°2



[Signature]
Yonder Villaverde Torres
INGENIERO CIVIL
CIP: 142875

CEO BEST WATER MANAGEMENT S.A.C.
[Signature]
Miguel Ángel González Calderero
INGENIERO CIVIL

[Signature]
INGENIERO CIVIL
CIP: 142875

El estudio solicitado forma parte de las medidas orientadas a la investigación de las condiciones hidrogeológicas del subsuelo en el territorio de interés, siendo el objetivo genérico: Identificar las zonas de filtraciones.

1.4. Condiciones Generales de la Zona:

La zona en estudio se ubica en la Región Hidrográfica del Amazonas, intercuenca Alto Marañón III, en donde se puede apreciar montañas, cerros, valles y pampas aluviales.

La presencia de materiales permeables dentro de la composición estratigráfica del subsuelo condiciona la existencia, en la zona estudiada, de afloramientos de aguas a través de estratos capaces de transmitir el agua de un lugar a otro, pero no tienen la capacidad de retenerla. según las condiciones climáticas estos cuerpos hacen aflorar agua, formar quebradas, lagunas etc.



D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C.

RUC. N° 20801819326

006

La temperatura ambiente en que se realizó el trabajo de campo fue entre 16 a 20°C.

2. METODO DE PROSPECCIÓN

La metodología que se utilizó en la tomografía geoelectrica, consiste en introducir corriente continua al terreno mediante un par de electrodos llamados de emisión o de corriente A y B, cuya respuesta o sea la diferencia de potencial producido por el campo eléctrico se mide en otro par de electrodos denominados de recepción o de potencial M y N.

Es posible calcular la resistividad del medio según:

$$\rho = K \cdot \Delta V / I$$

Dónde:

ρ = Resistividad del medio, en Ohm-m.

ΔV = Diferencia de potencial, en mV, medida en los electrodos M y N.

I = Intensidad de corriente en mA, medida en los electrodos A y B.

K = Constante geométrica que depende de la distribución de los electrodos.

El método geoelectrico empleado en la exploración de la estructura del subsuelo, es el denominado "Método de Resistividades", configuración Schlumberger, que es el que se utilizó en el presente trabajo, los electrodos están alineados y conservan simetría con respecto al punto central, debiendo cumplirse que el MN sea menor que 1/3 AB.

Al aumentar la distancia entre los electrodos de emisión de corriente, aumenta su profundidad de penetración y también va cambiando las resistividades aparentes.

Estos valores son ploteados inicialmente en papel bilogarítmico obteniéndose como resultado una curva, a partir de la cual, mediante diversas técnicas, es posible determinar las resistividades verdaderas y


Yander M. Morales Cajo
INGENIERO CIVIL
CIP: 142875


D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.S.
Miguel Ángel Guzmán Guerrero
GERENTE GENERAL


C.E. Esteban
INGENIERO AGRICOLA
CIP: N° 28044



D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C.

RUC. N° 20601819326

007

los espesores de las diferentes capas bajo el punto de investigación. De esta manera, se llega a conocer el corte geoelectrico del subsuelo.

En el SEV con configuración Schlumberger, los electrodos M y N permanecen fijos mientras A y B se aleja, hasta que el valor del DV sea tan pequeño que obligue a aumentar MN.

Estos cambios de M y N resultan en un salto de resistividad aparente para la misma distancia AB, cuando se presentan heterogeneidades laterales.

Estos saltos se corrigen para la interpretación, así como también, a veces hay necesidad de suavizar la curva de resistividades aparentes obtenida en campo.

El método ha sido ideado para estructuras constituidas por capas homogéneas paralelas con extensión lateral muy grande, lo cual no se cumple en la realidad, presentándose adelgazamientos o desapariciones de las capas, así como también se presenta variaciones laterales de resistividad.

Por ello y debido a otras limitaciones del método los resultados obtenidos presentan un margen de error que podría llegar normalmente más menos + o - 10% del valor determinado en la interpretación.

Si la estructura es compleja este error aumenta y podría ser tan grande que se aleja mucho de lo real. Por ello, se obtiene múltiples SEV de separaciones cortas, para luego realizar una Tomografía Geoelectrica para evitar que el margen de error aumente.

Algunas circunstancias desfavorables para la aplicación son las irregularidades del relieve tanto superficial como del subsuelo, la presencia de una capa superficial de muy alta resistividad que dificulta la penetración de la corriente eléctrica, el relativo pequeño espesor de las capas de profundidad, heterogeneidades laterales marcadas y otras.

Las resistividades de las capas pueden ser relacionadas con la naturaleza de las mismas, particularmente, en lo que corresponde al contenido de agua en sus poros o fracturas, y al tamaño de los granos de los depósitos, en caso que se trate de sedimentos no consolidados.



 Miguel Ángel Cuevas Calderero
 INGENIERO AGRICOLA
 GIP. N° 28044

D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C.

 Miguel Ángel Cuevas Calderero
 GERENTE GENERAL


 Yender Willyers Morales Caipo
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 142675



D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C.

RUC. N° 20601819826

008

- El Cuadro N° 02 muestra las resistividades eléctricas de algunos medios.

CUADRO N° 02

RESISTIVIDADES DEL AGUA Y ROCAS

Tipo de agua y roca	Resistividad (Ohm-m)
Agua del mar	0,2
Agua de acuíferos aluviales	10 – 30
Agua de fuentes	50-100
Arenas y gravas secas	1.000 - 10.000
Arenas y gravas con agua dulce	50 – 500
Arenas y gravas con agua salada	0,5 – 5
Arcillas	2 – 20
Margas	20 -100
Calizas	300 - 10,000
Areniscas arcillosas	50 – 300
Areniscas cuarcíticas	300 - 10,000
Cineritas, tobas volcánicas	50 – 300
Lavas	300 - 10,000
Esquistos grafitosos	0,5 – 5
Esquistos arcillosos o alterados	100 – 300
Esquistos sanos	300 - 3,000
Gneis, granito alterados	100 - 1,000
Gneis, granitos sanos	1,000 - 10,000

*Parasnís: Principios de Geofísica Aplicada

La interpretación cuantitativa o numérica de las resistividades aparentes obtenidas en el campo se procesó mediante el software especializado DIPROWin para Obtener las Tomografías Geoelectricas.


Yander Mujeres Morales Caipo
INGENIERO CIVIL
CIP. 142675


MIGUEL ÁNGEL GUERRERO
INGENIERO GENERAL
CIP. 142675


FERNANDO A. GARCÍA
INGENIERO AGRICOLA
CIP. N° 28044



D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C.
RUC. N° 20601819826

009

3. INSTRUMENTAL Y EQUIPOS EMPLEADOS


Yender Williams Morales Caipo
INGENIERO CIVIL
CIP. 142675

- MTD Kw20 earth Resistivity meter
- 4 rollos de cable de corriente y de potencia
- 25 electrodos
- 02 Combas
- Celular Smartphone
- GPS
- Laptop Core I5 TOSHIBA
- Nivel Topográfico Profesional BOSCH GOL32D + Tripode y Mira
- Bateria BOSCH


D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C.
Miguel Alpe Cienfuegos Gallego
GERENTE GENERAL


Miguel Alpe Cienfuegos Gallego
INGENIERO AGRICOLA
CIP. N° 28044

La información de campo fue obtenida mediante el instrumento MTD Kw20 earth resistivity meter. El instrumento se utiliza para la medir la resistividad, Voltaje y Resistividad Aparente, y se utiliza en aplicaciones tales como aguas subterráneas y minerales para exploración, geotécnicas investigaciones, perforación horizontal, la cartografía de plumas de contaminación, detección de cavidades, arqueológico y el trabajo del medio ambiente, etc.

El equipo utilizado en la ejecución del estudio está conformado por un transmisor de corriente continua:

Rango de medición 0.01 Ω a 20k Ω m (resistencia).

Escala de medición Tensión 0-200 V.



D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C.

RUC. N° 20601819326

010

4. ANALISIS DE RESULTADO

4.1. Valoración Cuantitativa:

El procesamiento e interpretación numérica de los datos de campo, permite establecer los siguientes parámetros para la Tomografía ejecutada:

- a) Estrato con Filtración de agua;
- b) Estrato con escasa Humedad;
- c) Estrato seco;
- d) Estrato seco compactado;
- e) Roca;
- f) Delimitación de estratos encontrados;
- g) Cambios en la estructura somera del Suelo
- h) Tipos de Suelos.


Yonder Wilvers Morales Caspo
INGENIERO CIVIL
CIP. 142675


D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C.
Angel Guerrero Calderero
INGENIERO GENERAL


Juan Carlos Aguilera
INGENIERO AGRICOLA
CIP. N° 28344

- En el presente caso, los resultados del procesamiento mediante software DIPROfWin se muestran en los (Anexo N°1,2 y 3).



D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C.

RUC. N° 20801819326

011

4.2. Valoración Cualitativa:

Del análisis de los resultados (Anexo N°1,2 y 3), se aprecia la existencia de estructuras cuyas descripciones generalizadas con su respectiva atribución litológica e hidrogeológica se presenta a continuación:


Yender Salazar Morales Caipo
INGENIERO CIVIL
CIP. 142876

a) Estrato con Filtración de agua;

En este estrato se aprecian resistividades de 32 hasta 37 Ohm.m.; los espesores son variables y reducidos.

Su composición litológica lo constituyen depósitos aluviales tales como arenas gruesas, con presencia de limos, con inclusión de gravas y cantos rodados. Se encuentra totalmente húmedo.

El color de su atribución de este estrato en el (Anexo N°1,2 y3) es Azul.


D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C.
Miguel Angel Quiroz Castano
AGENTE GENERAL

b) Estrato con escasa Humedad;

En este estrato se aprecian resistividades de 37 hasta 56 Ohm.m. se encuentran con escasa humedad, en zonas de resistividad de 45 a 56 Ohm.m se encuentra casi seco. El color de su atribución de este estrato en el (Anexo N°1,2 y3) es verde caña, está compuesto por sedimentos gruesos (arenas) y finos en menor proporción, con inclusión de grava y cantos rodados, presentando buena permeabilidad y según las condiciones climáticas en épocas de lluvias este estrato se satura de agua en algunas zonas.


Roberto Alvarado
INGENIERO AGRICOLA
CIP. N° 28044

c) Estrato seco;

En este estrato se aprecian resistividades de 56 hasta 70 Ohm.m. se encuentra en estado seco, está compuesto por sedimentos



D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C.

RUC. N° 20801819326

012

gruesos (arenas) y finos en menor proporción, con inclusión de grava y cantos rodados.

El color de su atribución de este estrato en el (Anexo N°1,2 y3) es amarillo.


Yender Villaverde
INGENIERO CIVIL
CIP: 142875

d) Estrato seco compactado;

En este estrato se aprecian resistividades de 70 hasta 100 Ohm.m. se encuentra en estado seco, está compuesto por sedimentos gruesos (arenas) y finos compactados, con inclusión de grava y cantos rodados.

El color de su atribución de este estrato en el (Anexo N°1,2 y3) es rojo.


MIGUEL ANGE GUZMAN
GERENTE GENERAL

e) Roca;

En este estrato se aprecian resistividades de 100 hasta 110 Ohm.m. se encuentra en estado seco, está compuesto por rocas fracturada, con inclusión de grava y cantos rodados.

El color de su atribución de este estrato en el (Anexo N°1,2 y3) es violeta.


CECILIA
INGENIERA AGRICOLA
CIP: N° 28044

4.3. Clave de Lectura.

En relación con los valores de las resistividades que se muestran en la valoración Cualitativa, se presenta el rango de los valores mínimos y máximos presentados en cada estrato.

Para analizar la Tomografía Geoeléctrica específicamente y en detalle, debe recurrirse: al (Anexo N°1,2 y3). Mediante el Cuadro N°2 se puede dar la atribución litológica y analizar la presencia de agua, teniendo en cuenta los factores que pueden influenciar los resultados.



D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C.

RUC. N° 20601819326

013

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES


Yender Williams Morales Caipo
INGENIERO CIVIL
CIP. 142875


D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.S.
Miguel Ángel Guerrero Calderero
CLIENTE GENERAL


Carlos Alberto
INGENIERO AGRICOLA
CIP. N° 28044

El análisis de los resultados del estudio practicado ver (Anexo N°1,2 y3) permite formular las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- a) El lugar de estudio, en su mayor parte, presenta una estructura geoelectrica conformada por estratos permeables, que presentan cierta continuidad horizontal, cuyas filtraciones en su mayoría se encuentran influenciadas por lluvias.
- b) El tipo de suelo en su mayoría por su composición litológica es un suelo inestable, susceptible al desplazamiento.
- c) Su composición litológica en su mayoría está compuesta por suelos sedimentarios y rocas meteorizadas.
- d) Los estratos en la zona estudiada en su mayoría presentan estratos capaces de transmitir el agua de un lugar a otro, pero no tienen la capacidad de retenerla, la cual cumplen la función de transmisores de agua, según las condiciones hidrológicas, estas pueden generar brotes de agua a la superficie y corrientes subterráneas de agua, perjudicando estructuras cimentadas en dichos estratos. Cabe recalcar que en este estudio se ha encontrado filtraciones considerables en condiciones hidrológicas con precipitaciones.
- e) Se recomienda proteger todas las Estructuras futuras de la zona estudiada ya que estas filtraciones son variables, y pueden dañar las estructuras, que es influenciada por la cuenca misma a través de estratos capaces de transmitir el agua de un lugar a otro, que no tienen la capacidad de retenerla.

6. DECLARACIONES DE LIMITES DE RESPONSABILIDAD

Es necesario tomar en consideración que los resultados que se consignan en el presente informe corresponden a la descripción de las condiciones geoelectricas locales a partir del método de investigación empleado, que es un método de análisis basado en la analogía de las características del flujo hídrico con el flujo de electrones en la corriente eléctrica, a través de los diferentes estratos del subsuelo, relacionada a la textura de los



D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C.

RUC. N° 20601819326

014

depósitos y su capacidad de conducir la corriente eléctrica y de ser permeable o no al agua.

Estos resultados, no permiten visualizar el dimensionamiento de las reservas, dado que estos parámetros solo pueden determinar a partir de un estudio hidrogeológico detallado, a mayor escala, que comprenda todo el ámbito de influencia del valle y de sus áreas circundantes, así como de las subcuencas que constituyan fuentes de probable recarga.

Chiclayo, 12 de Agosto del 2020

D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C.

Miguel Angel Guevara Galarrero
GERENTE GENERAL


Yender Willyens Morales Caipo
INGENIERO CIVIL
CIP. 142675



Yender Willyens Morales Caipo
INGENIERO AGRICOLA
CIP. N° 28044



D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C.
RUC. N° 20601819826

015

7. ANEXOS:

- 7.1. Anexo N°1: SECCIÓN GEOELÉCTRICA "A"
- 7.2. Anexo N°2: SECCIÓN GEOELÉCTRICA "B"
- 7.3. Anexo N°3: SECCIÓN GEOELÉCTRICA "C"
- 7.4. Anexo N°4: Fotos de Trabajo en Campo

D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C.

Miguel Angel Quevedo Gallego
GERENTE GENERAL


Yender Willyers Morales Caipo
INGENIERO CIVIL
CIP. 142675

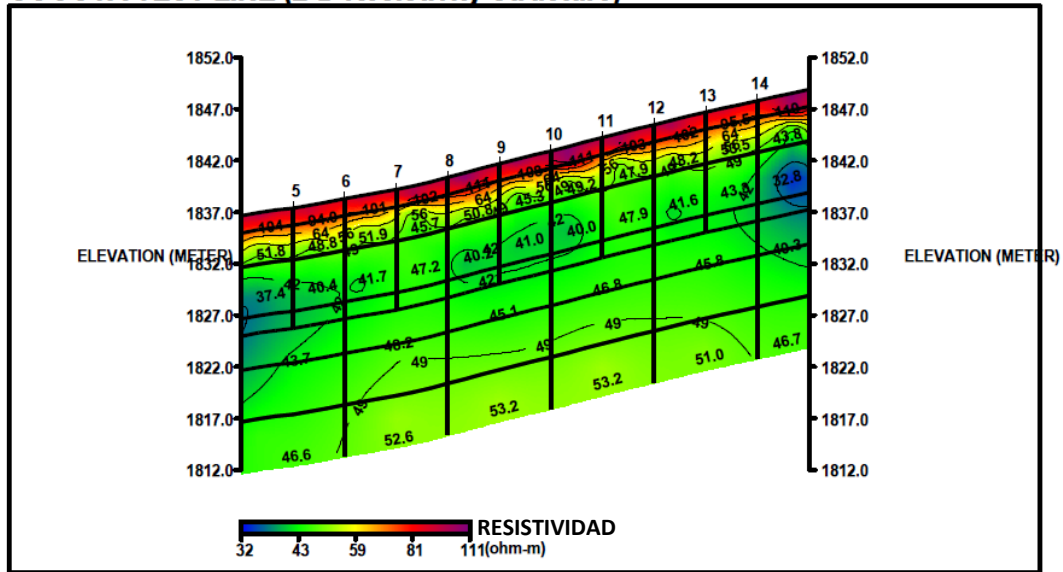


Yender Willyers Morales Caipo
INGENIERO AGRICOLA
CIP. N° 20044

(Anexo N°1)
SECCIÓN GEOELÉCTRICA "A"

016

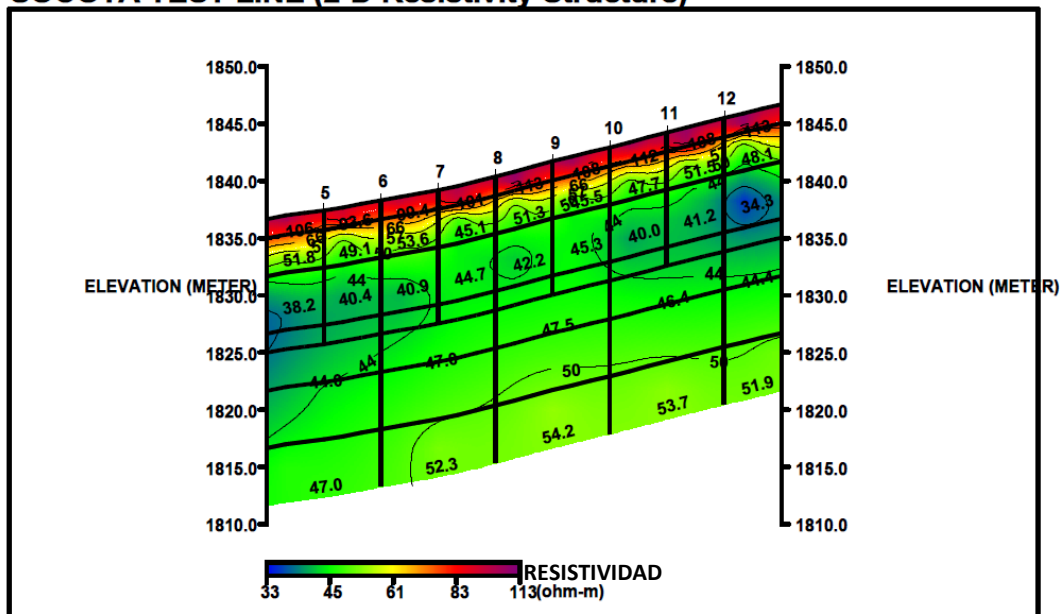
SÓCOTA TEST LINE (2-D Resistivity Structure)



(Anexo N°2)
SECCIÓN GEOELÉCTRICA "B"

017

SÓCOTA TEST LINE (2-D Resistivity Structure)

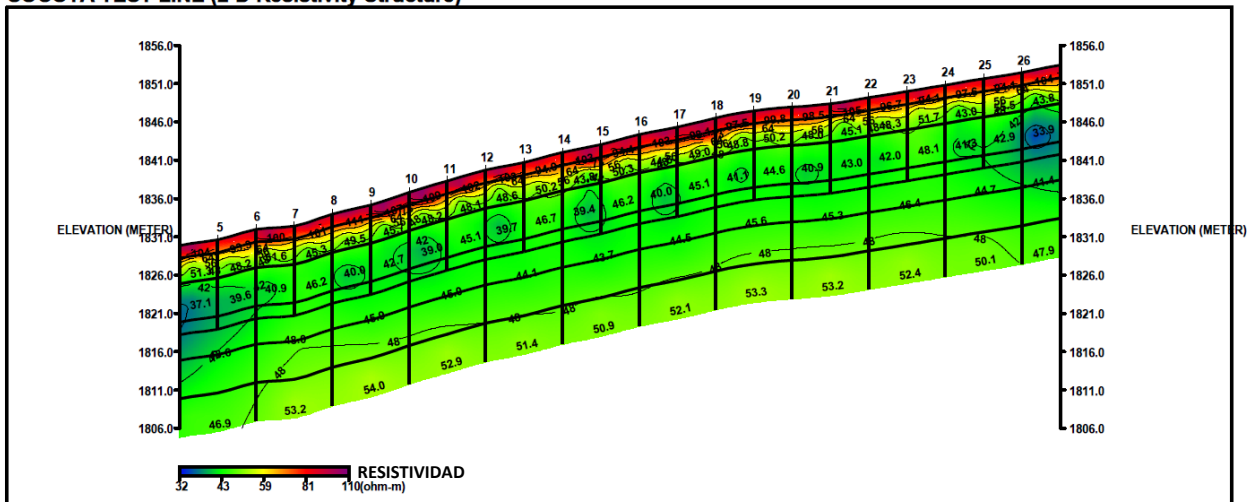


(Anexo N°3)

018

SECCIÓN GEOELÉCTRICA "C"

SÓCOTA TEST LINE (2-D Resistivity Structure)





D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C.
RUC. N° 20601819826

019

Anexo N°4: Fotos de Trabajo en Campo

Yonder M. Torres
YONDER M. TORRES
INGENIERO CIVIL
CIP. 142875

Yonder M. Torres
YONDER M. TORRES
INGENIERO CIVIL
CIP. 142875

Yonder M. Torres
YONDER M. TORRES
INGENIERO CIVIL
CIP. 142875





D&G BEST WATER MANAGEMENT S.A.C.
RUC. N° 20601819326

020

Yonder Wilfredo Morales Cuzco
INGENIERO CIVIL
CIP. 142676



Yonder Wilfredo Morales Cuzco
INGENIERO CIVIL
CIP. 142676

Agustín Guerrero
INGENIERO GENERAL



LOS UNIDOS URB. CASTILLA DE
ORO MZA. G LOTE 22
LAMBAYEQUE

Correo: daewuod@gmail.com
Celular: 935564437
Facebook: @DyGPeru

2. Fotografías de campo de ensayo geoelectrico

Fotografía 01: Equipo de trabajo



Fuente: Propia

Fotografía 02: Medidor de resistividades (MTD Kw20)



Fuente: Propia

Fotografía 03: Sección geoelectrica A – A



Fuente: Propia

Fotografía 04: Sección geoelectrica B – B



Fuente: Propia

Fotografía 05: Sección geoelectrica C – C



Fuente: Propia

1. Fotografías que evidencian la reptación del suelo en la zona de estudio

Fotografía 01: En la fotografía se evidencia la inclinación de postes y viviendas.



Fuente: Propia

Fotografía 02: En la fotografía se evidencia el agrietamiento de viviendas de adobe, producto del deslizamiento progresivo.



Fuente: Propia

Fotografía 03: En la fotografía se evidencia la separación de una pared y una escalera de concreto.



Fuente: Propia

Fotografía 04: En la fotografía se evidencia la separación de 2 viviendas debido al problema de deslizamiento.



Fuente: Propia

Fotografía 05: En la fotografía se evidencia la separación de 2 viviendas debido al problema de deslizamiento.



Fuente: Propia

Fotografía 06: En la fotografía se evidencia una pared antigua que se encuentra agrietada.

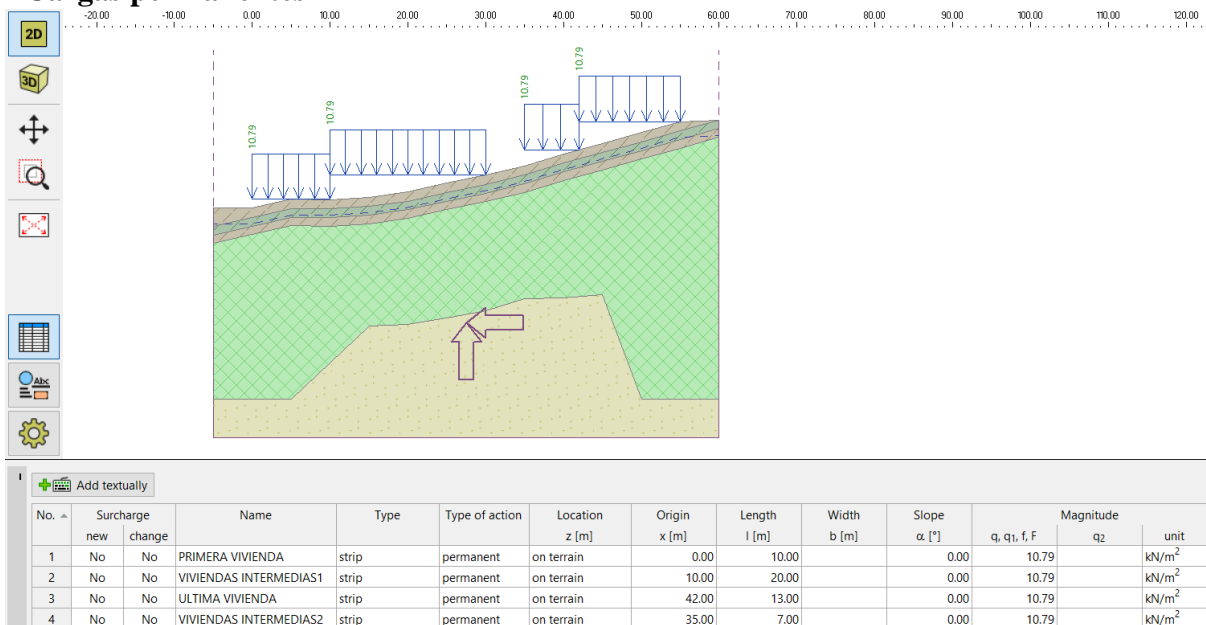


Fuente: Propia

9.5 Condiciones de análisis en el software Geo5

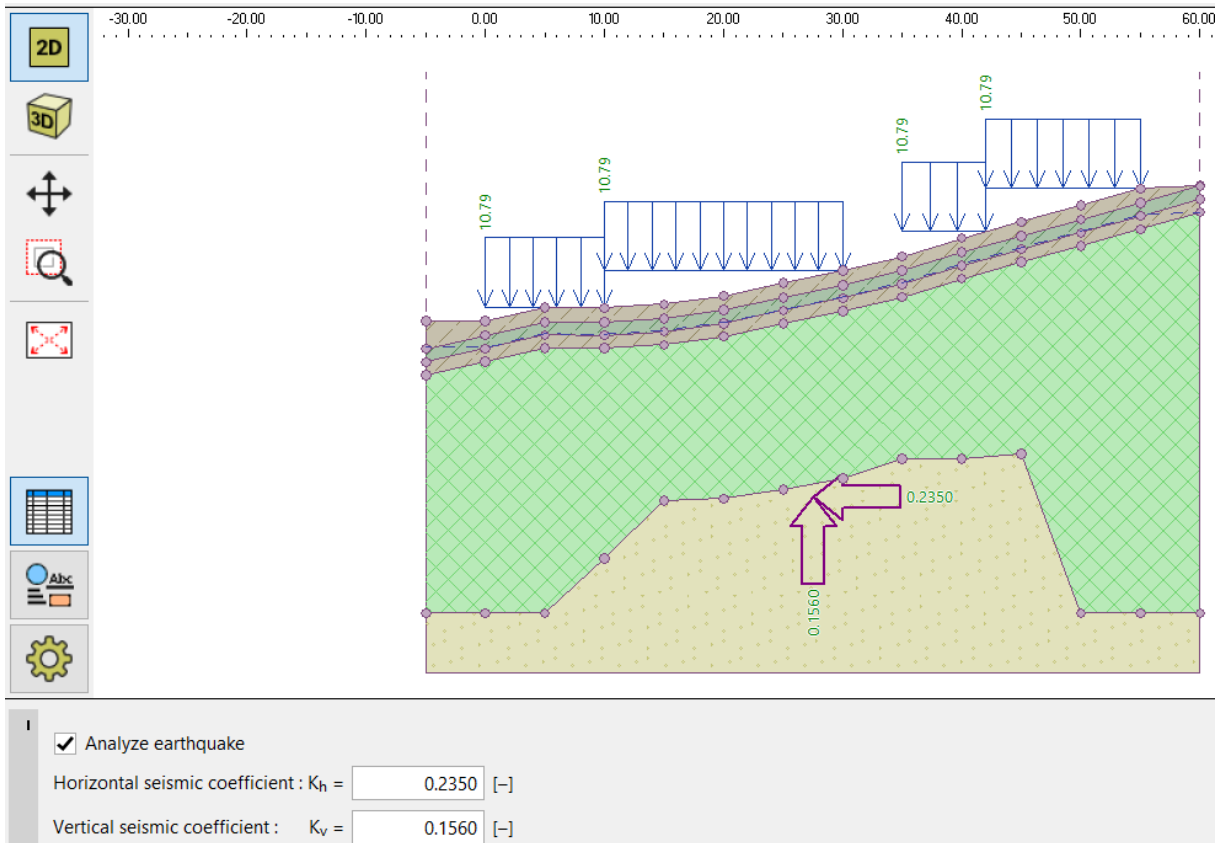
9.5.1 Condiciones de análisis sección A-A

Cargas permanentes



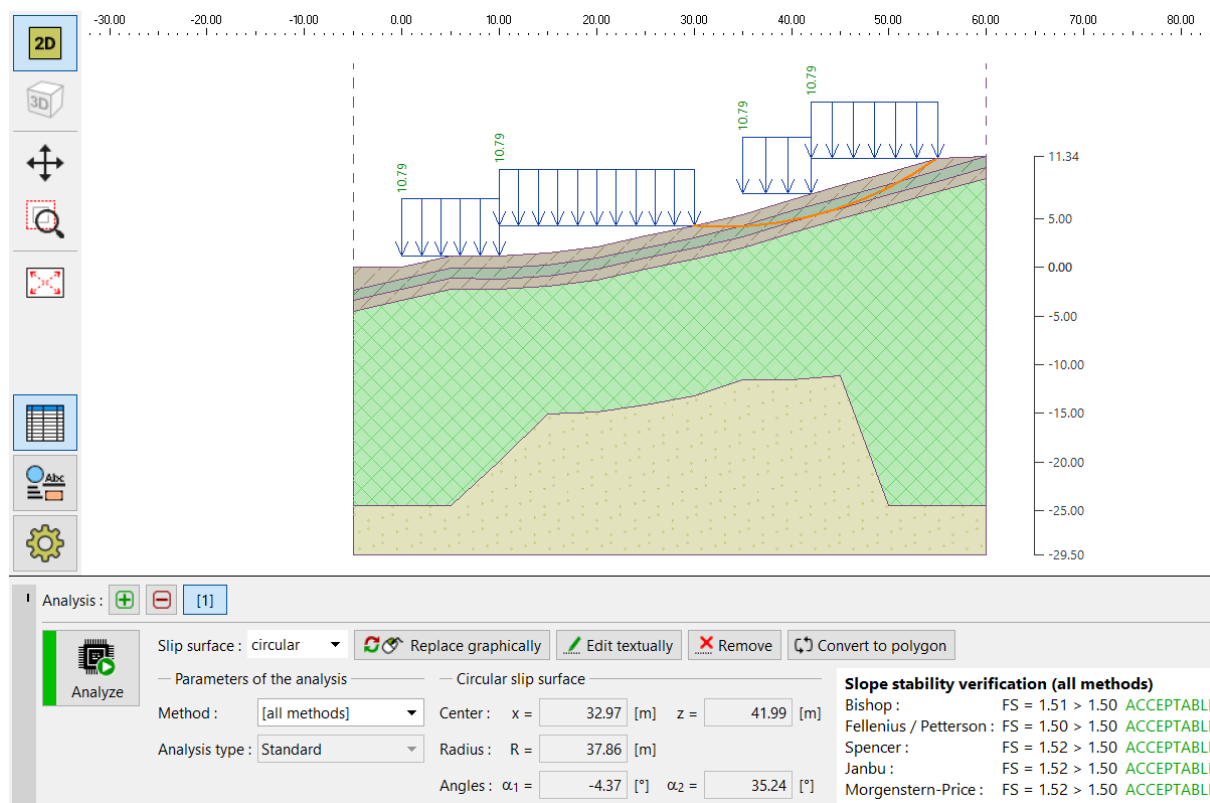
Fuente: Propia

Fuerzas sísmicas



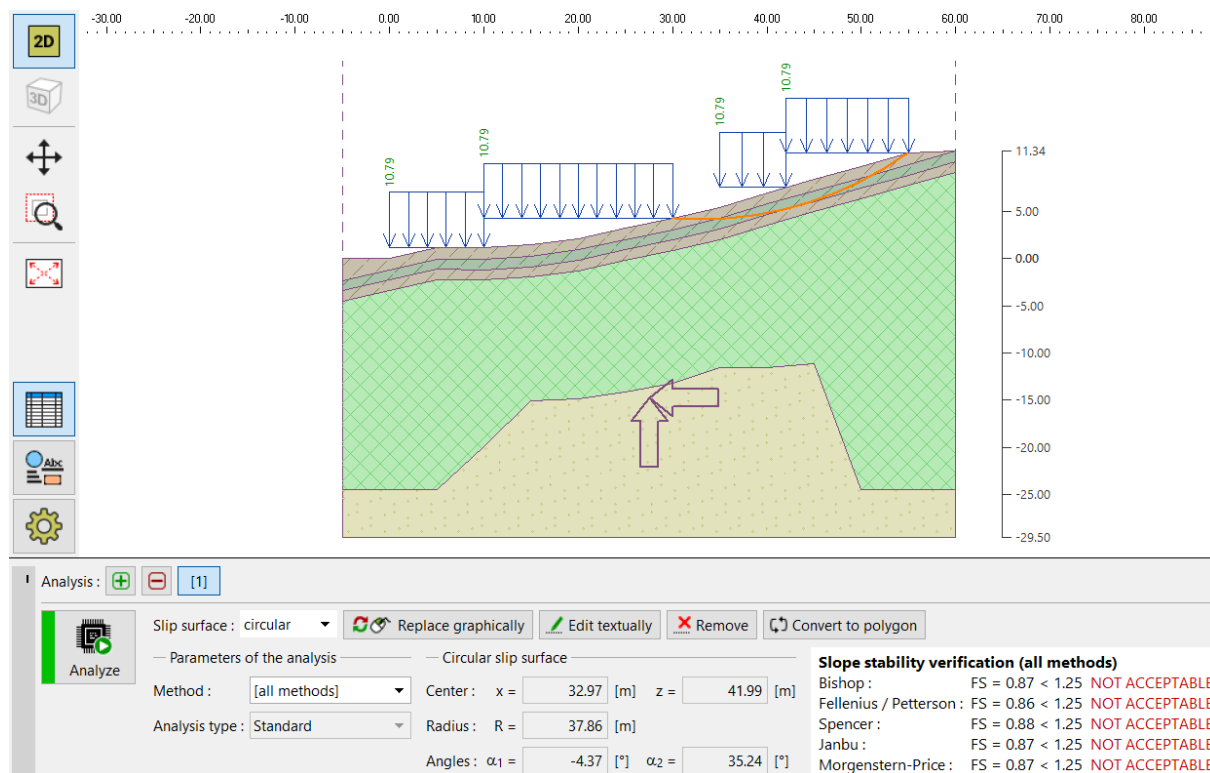
Fuente: Propia

Combinación 1: Condiciones estáticas de carga sin presencia de agua



Fuente: Propia

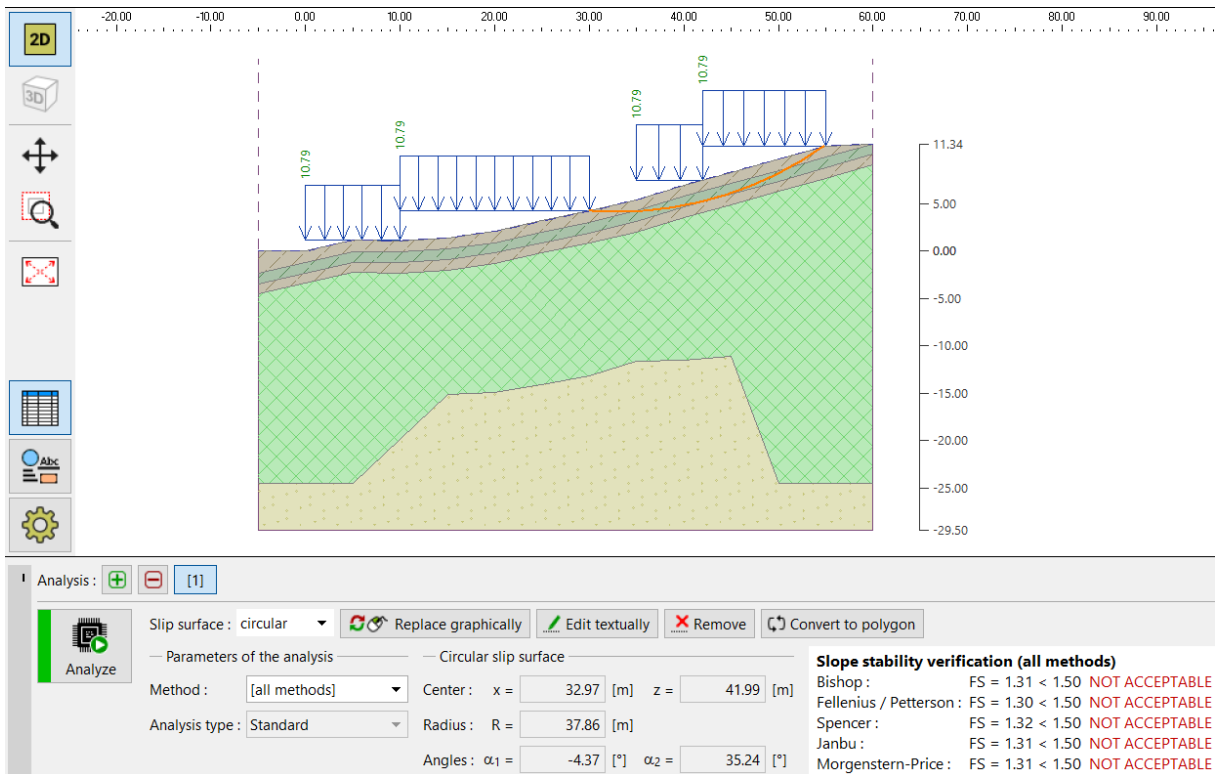
Combinación 2: Condiciones pseudoestáticas de carga sin presencia de agua



Fuente: Propia

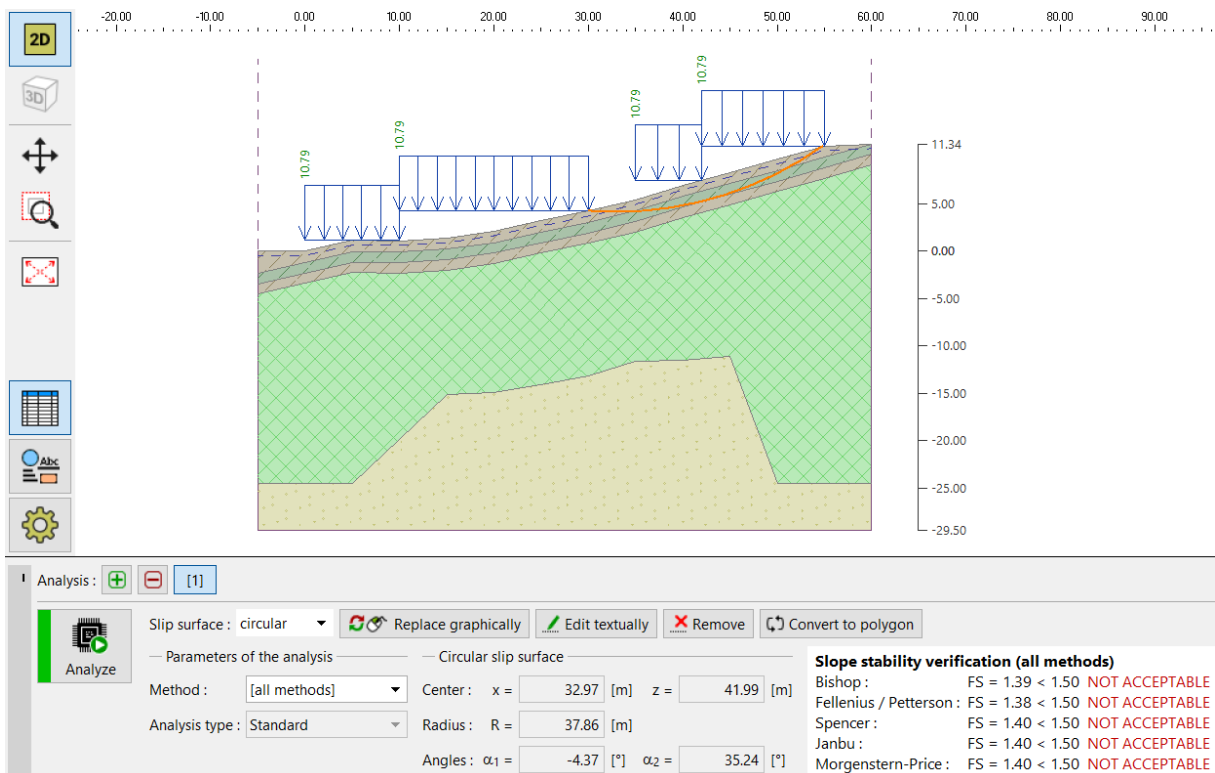
Combinación 3: Condiciones estáticas de carga con presencia de agua

Profundidad de nivel freático 0.00 m



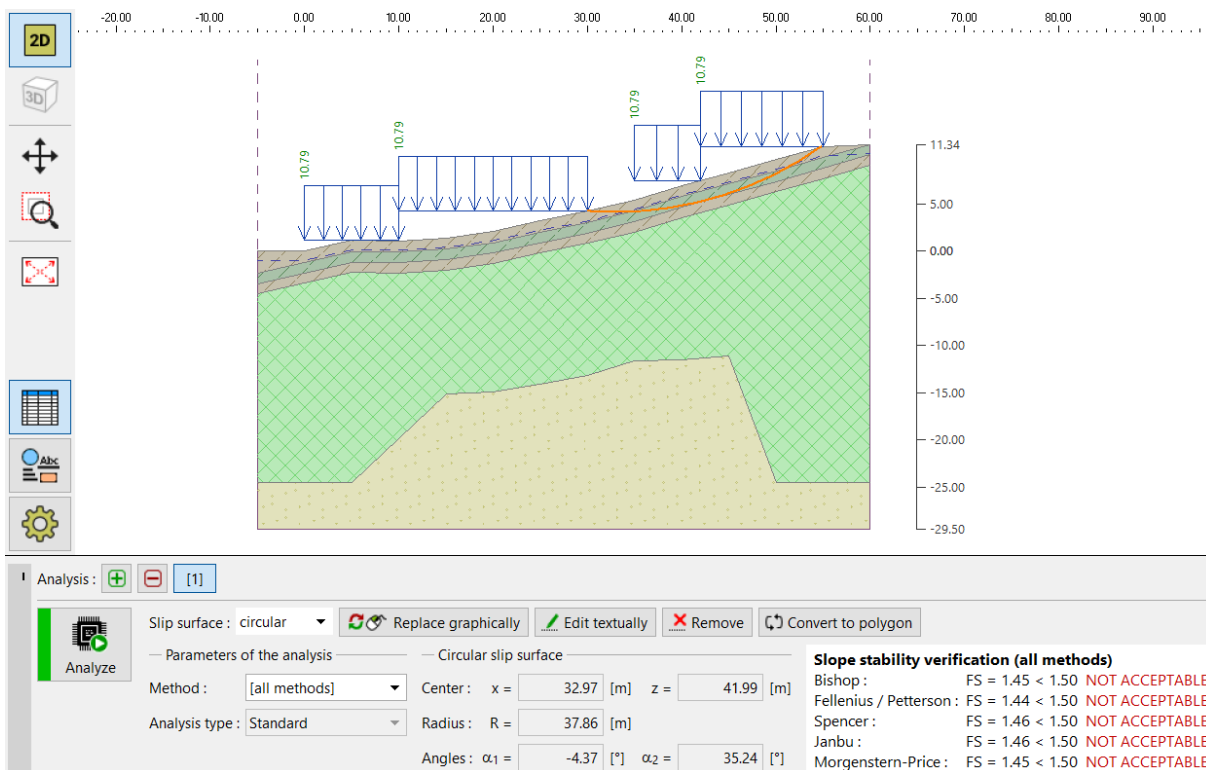
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -0.50 m



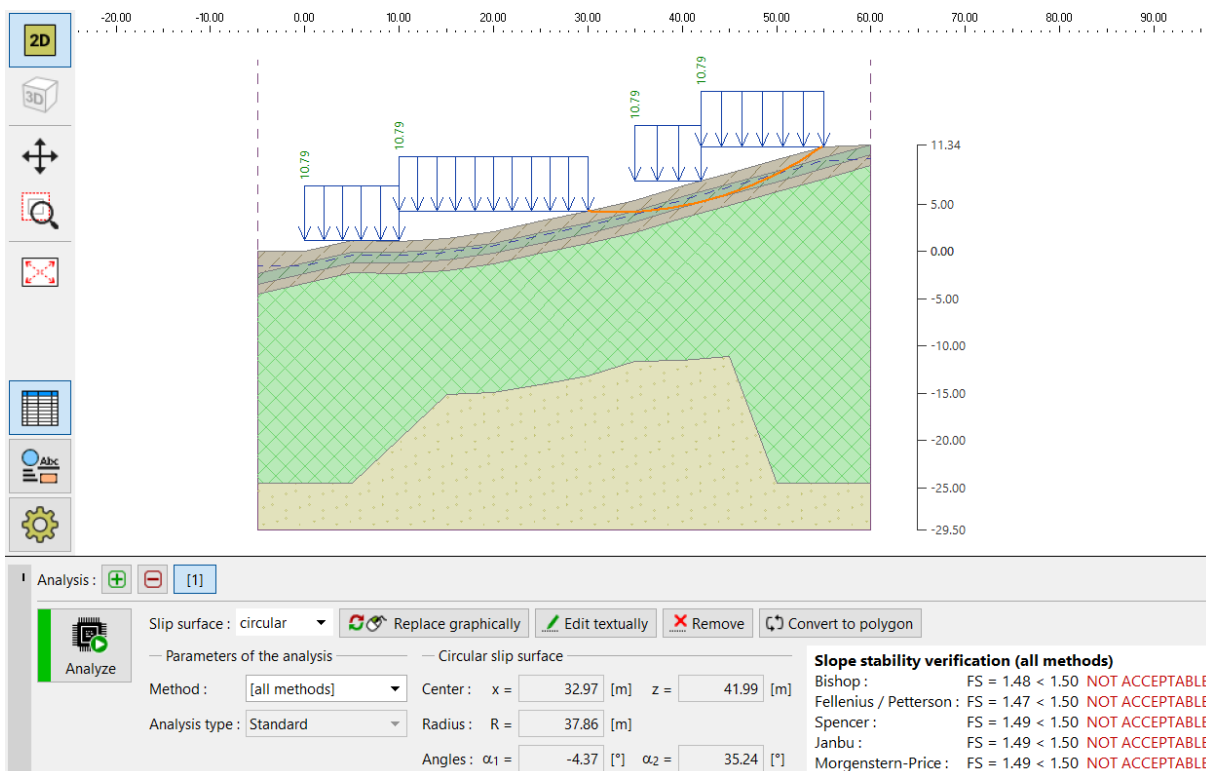
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -1.00 m



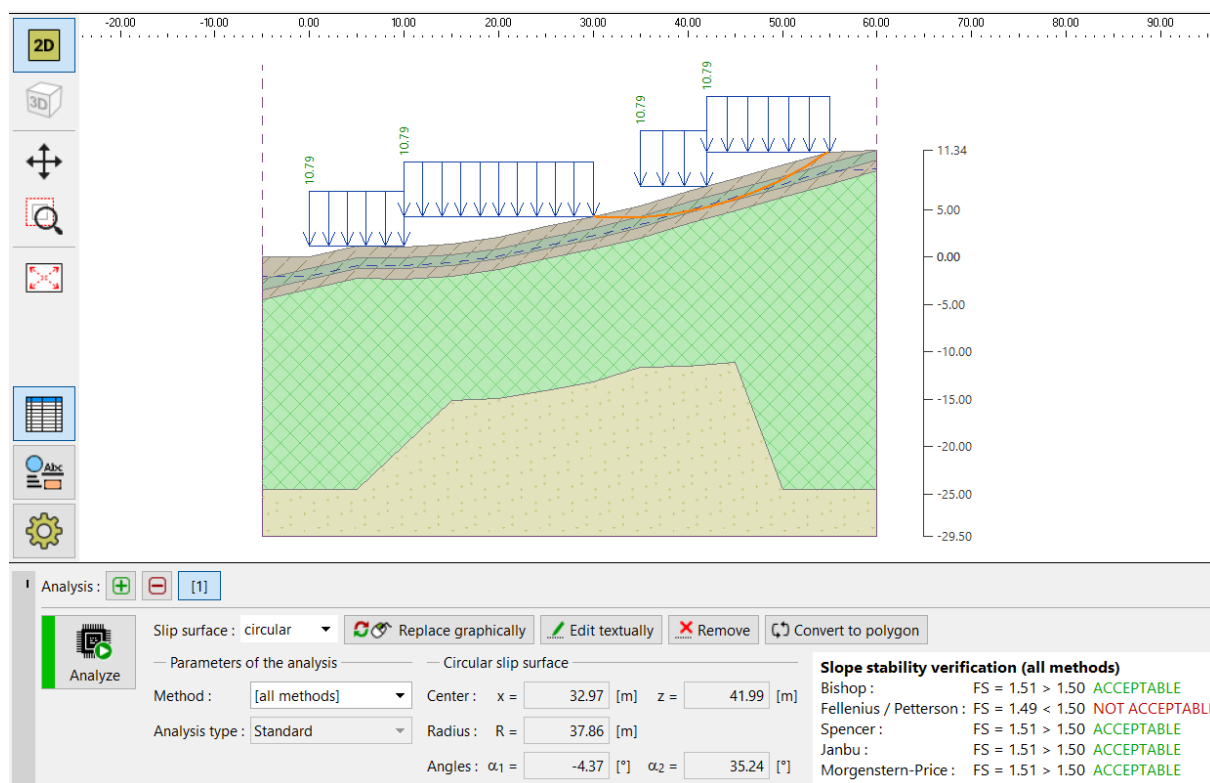
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -1.50 m



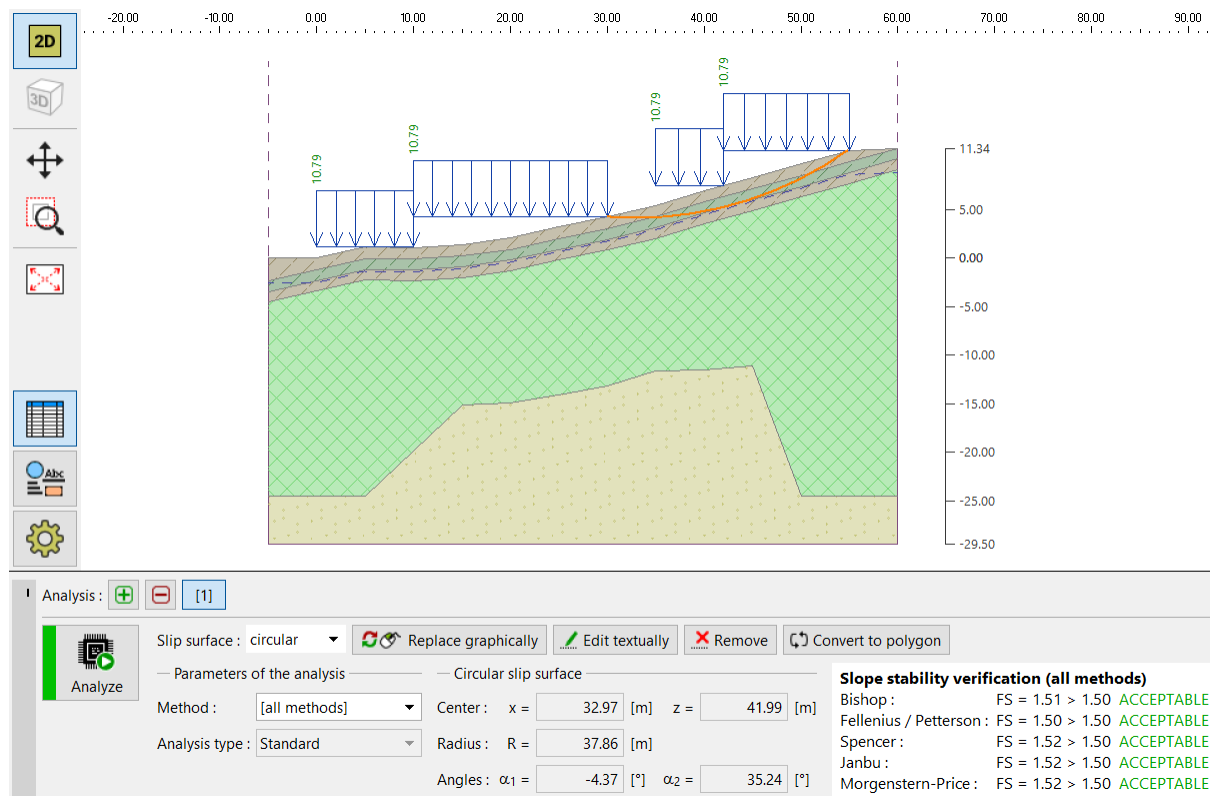
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -2.00 m



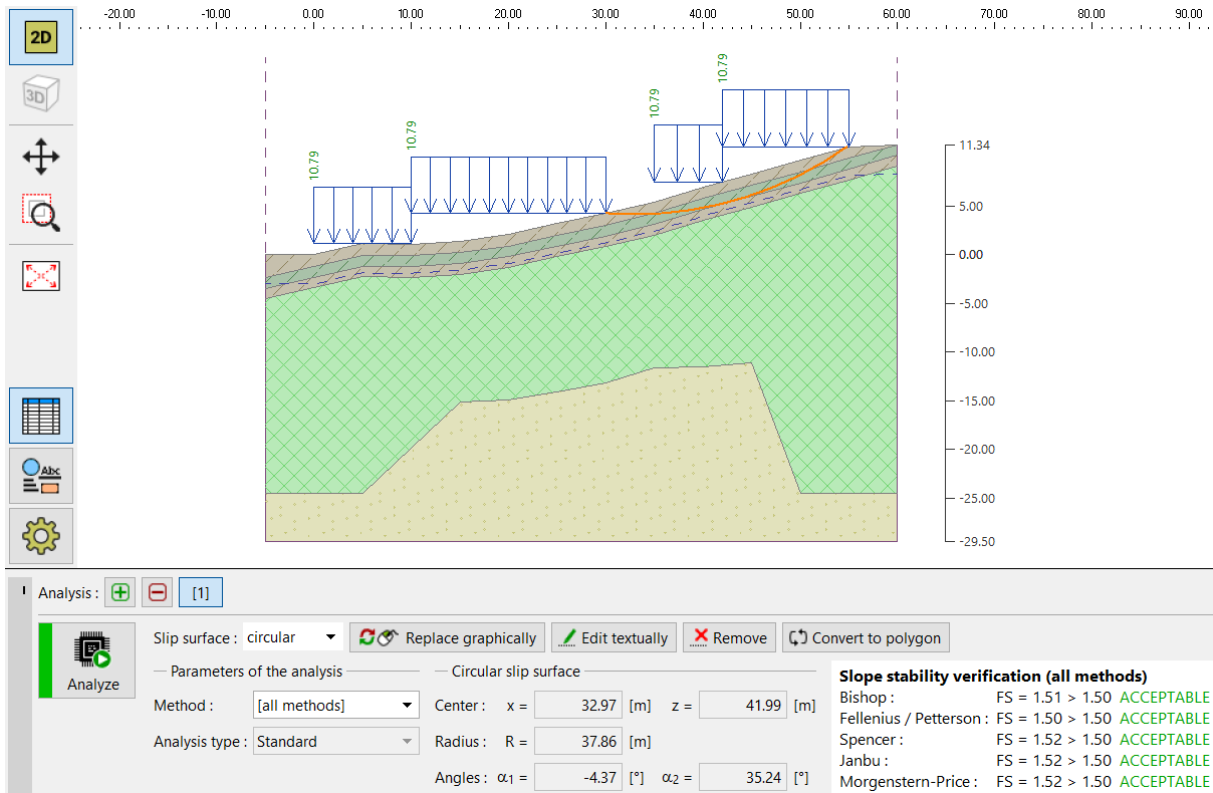
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -2.50 m



Fuente: Propia

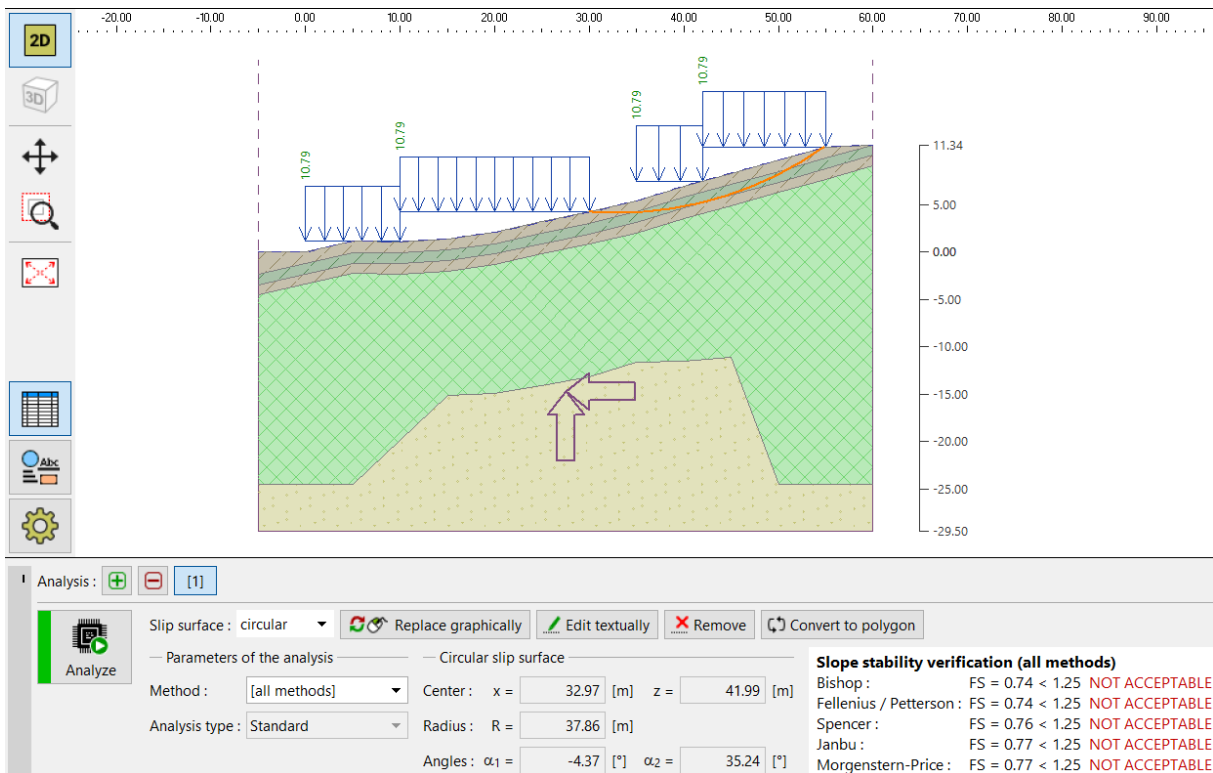
Profundidad de nivel freático -3.00 m



Fuente: Propia

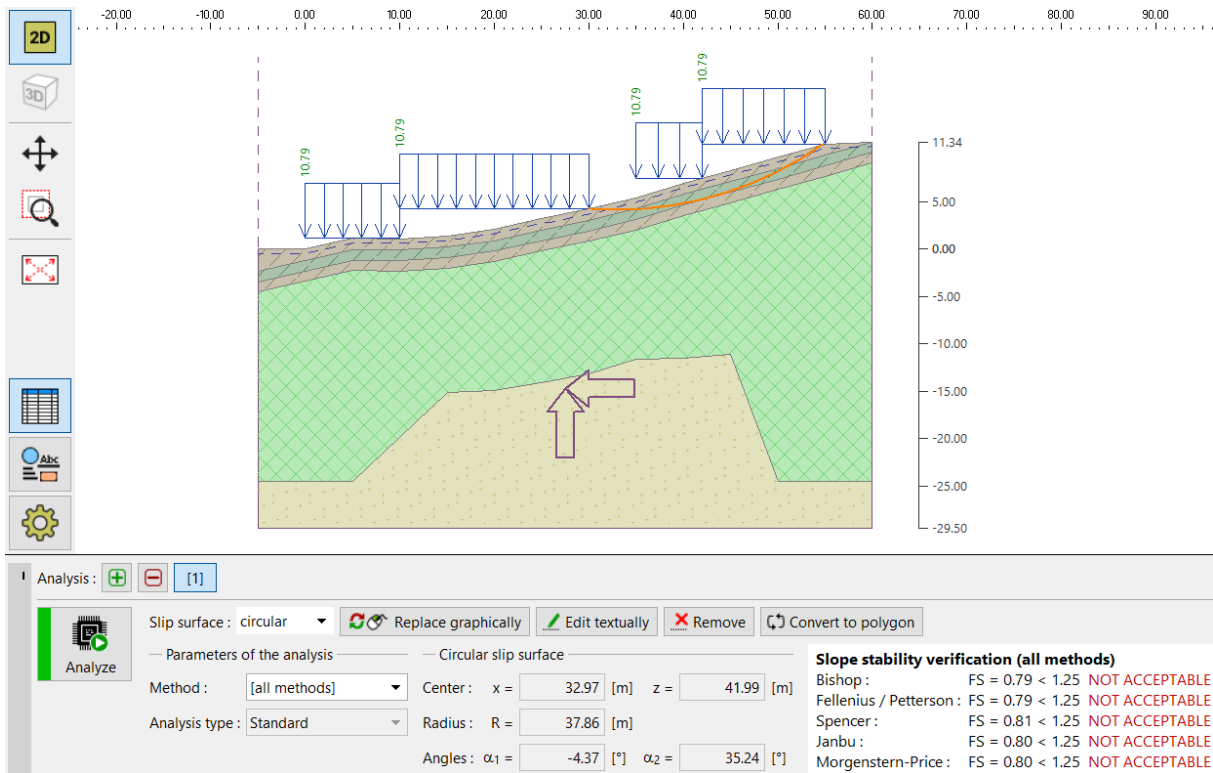
Combinación 4: Condiciones pseudoestáticas de carga con presencia de agua

Profundidad de nivel freático 0.00 m



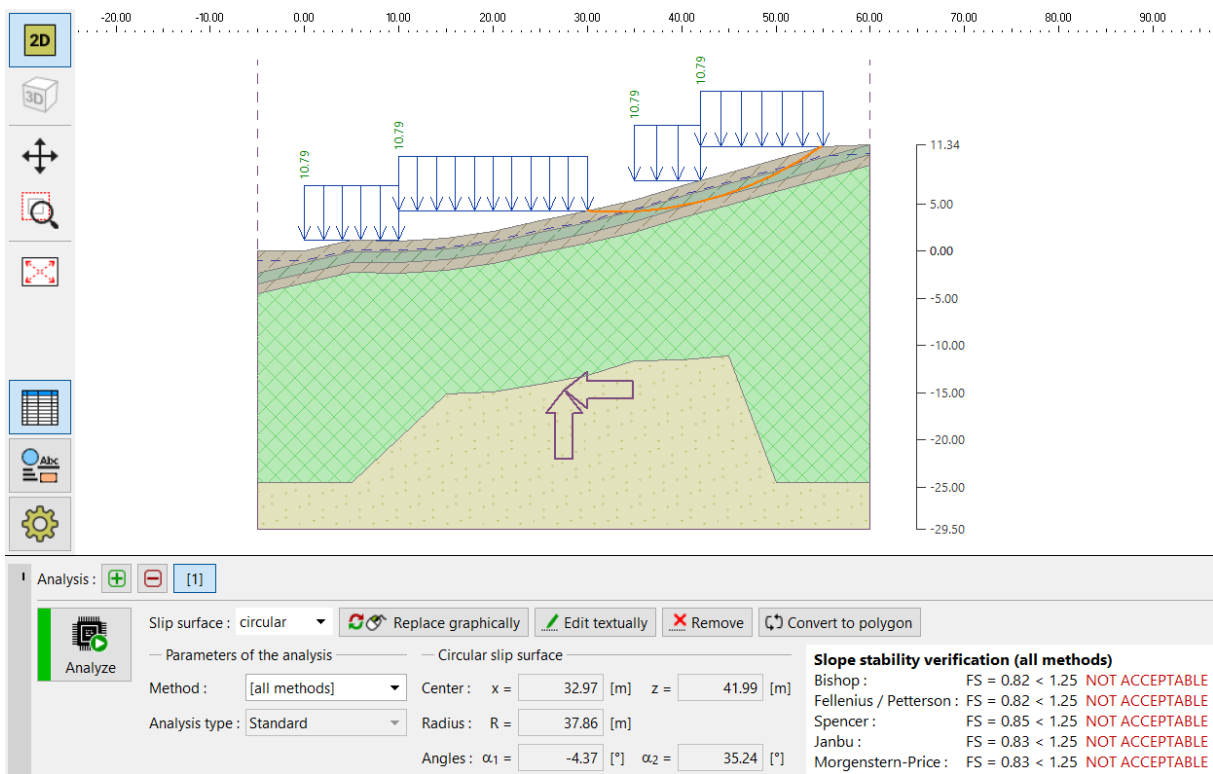
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -0.50 m



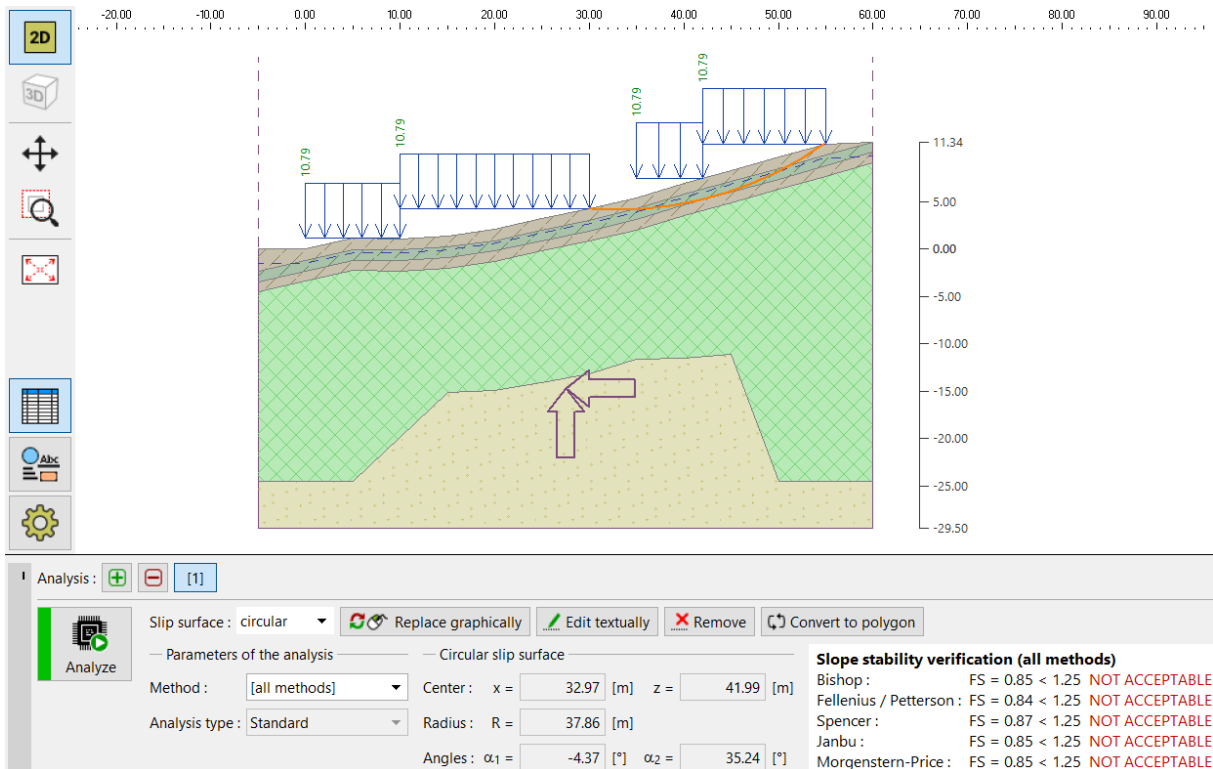
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -1.00 m



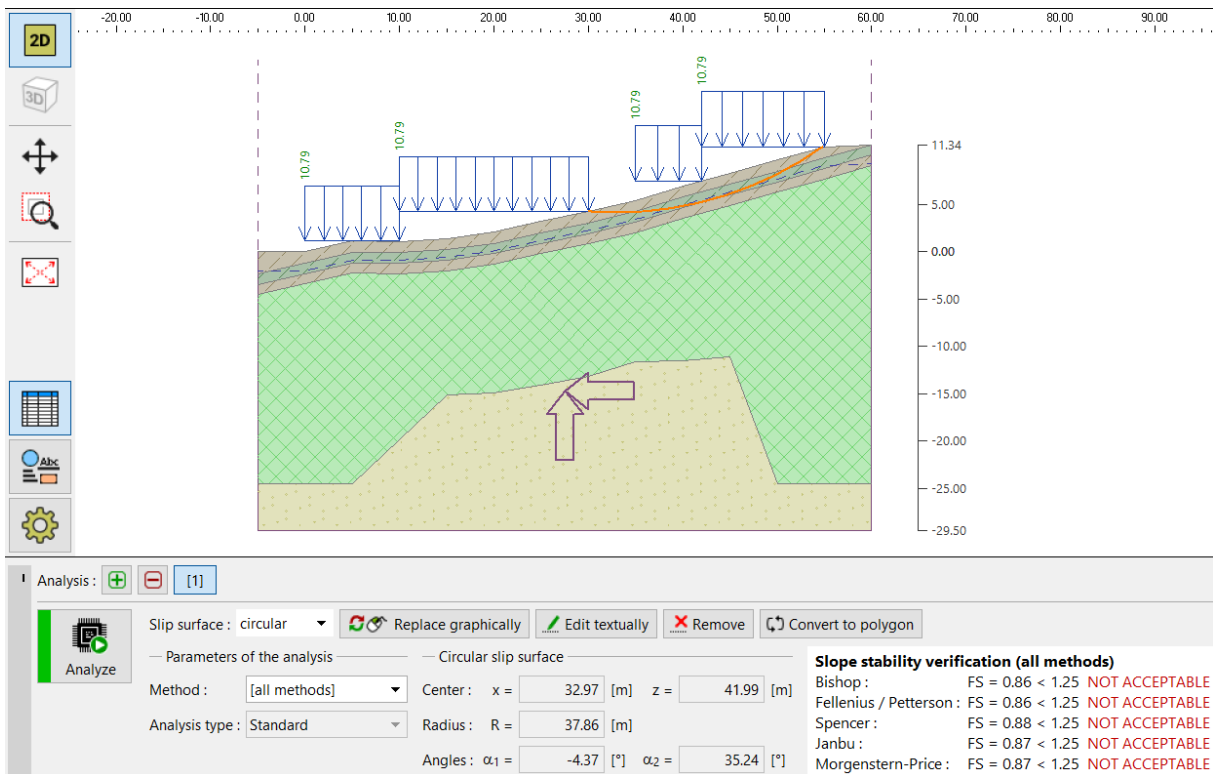
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -1.50 m



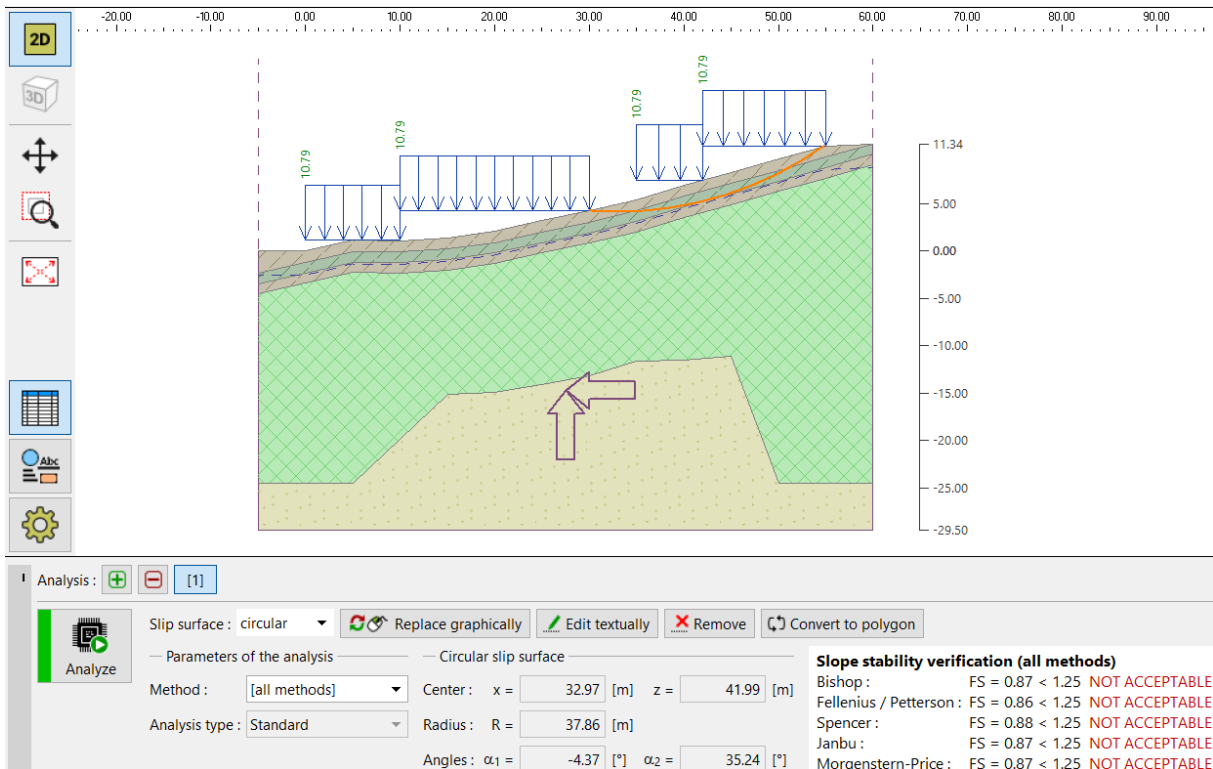
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -2.00 m



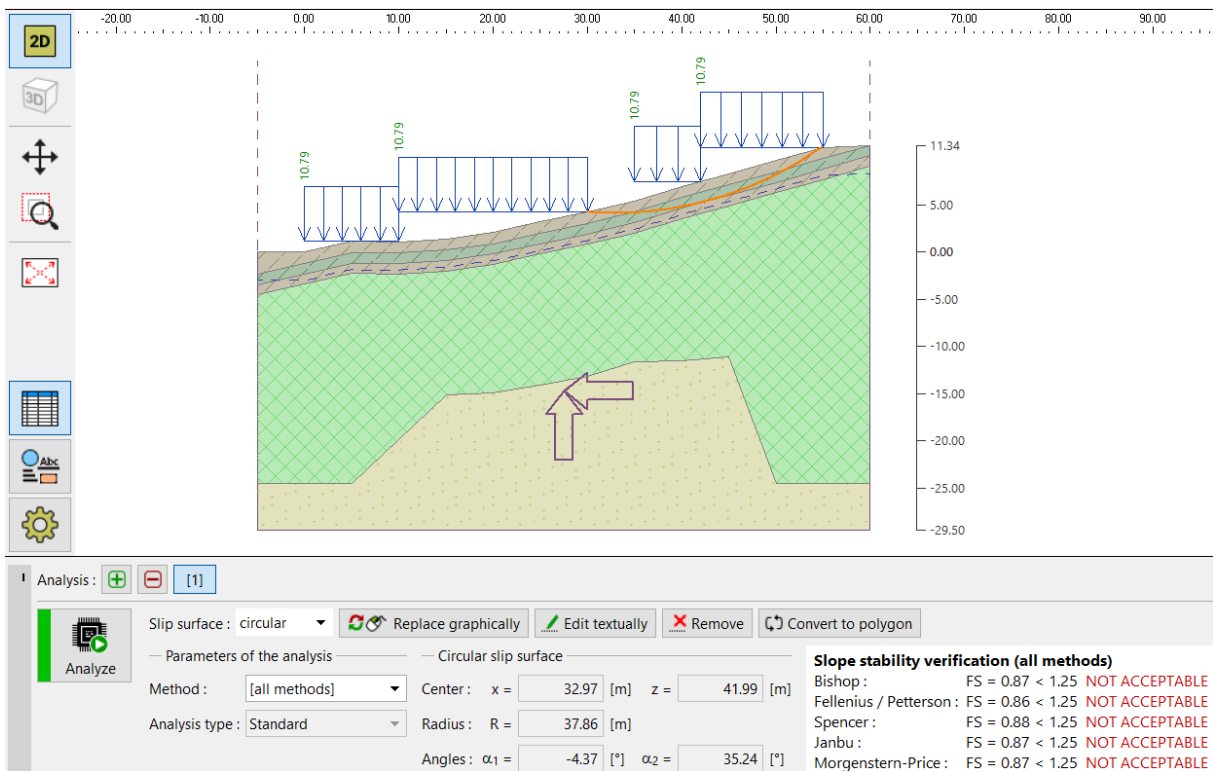
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -2.50 m



Fuente: Propia

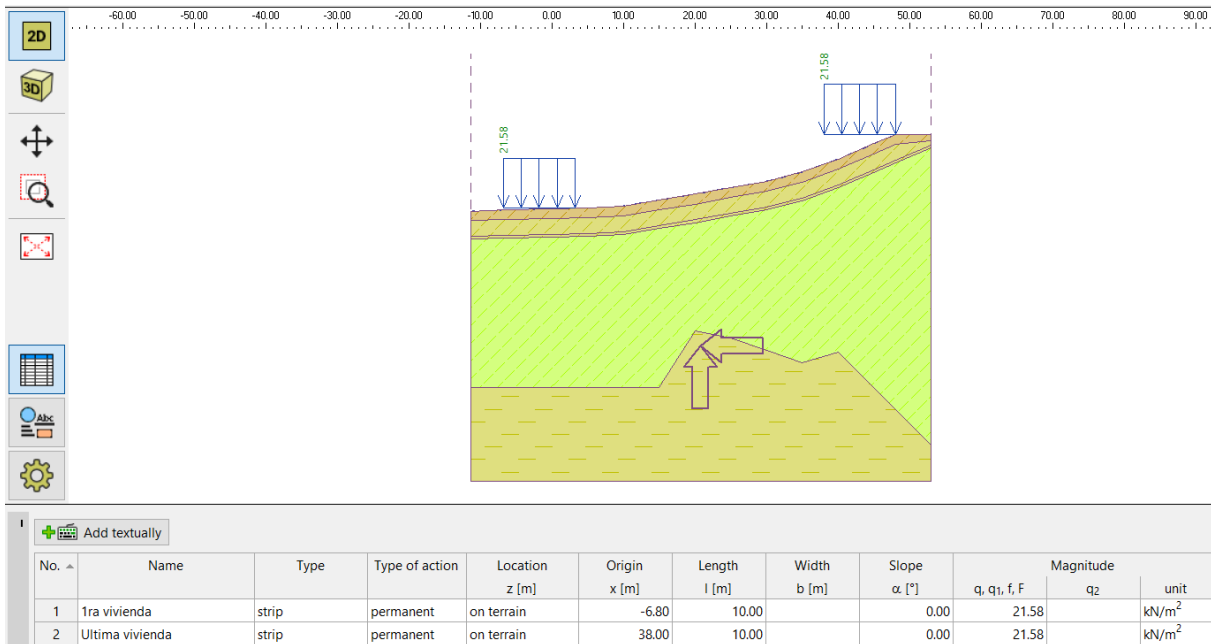
Profundidad de nivel freático -3.00 m



Fuente: Propia

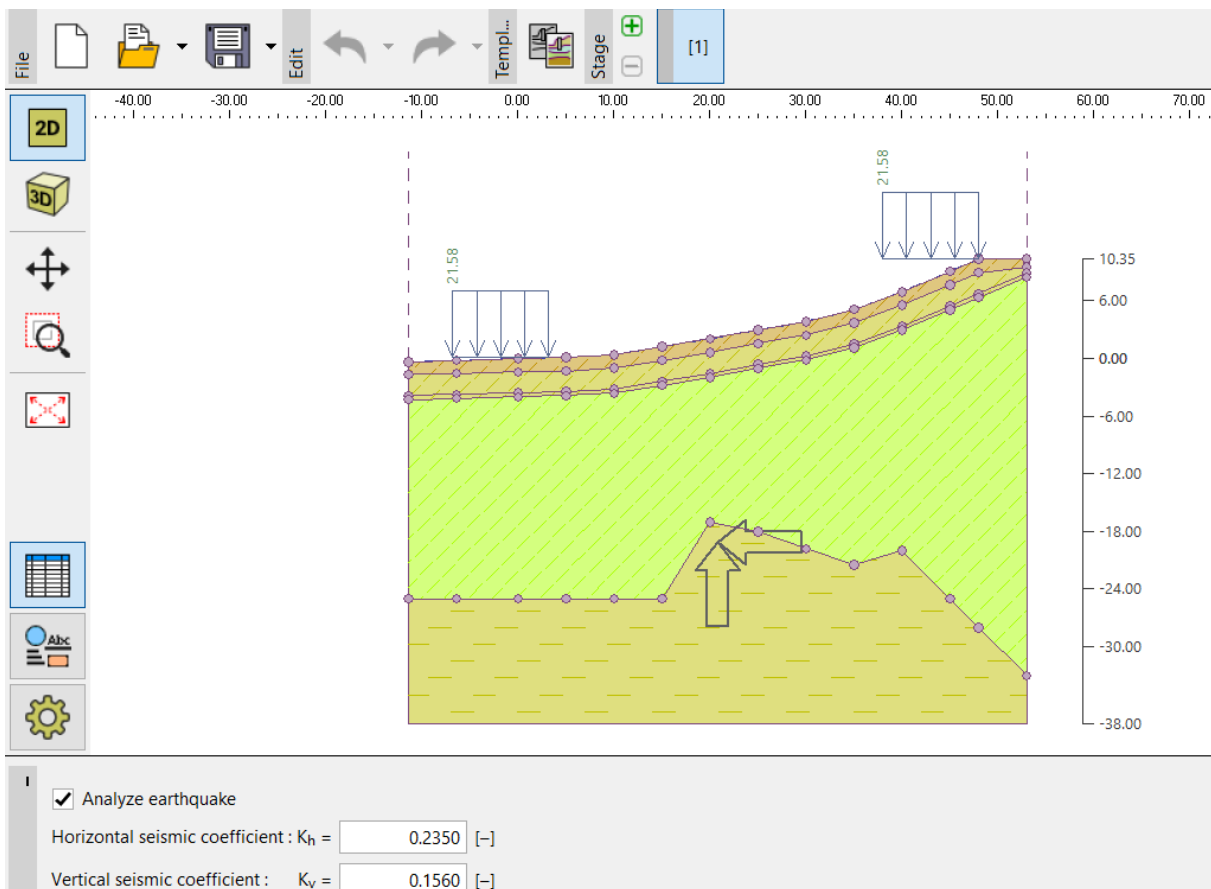
9.5.2 Condiciones de análisis sección B-B

Cargas permanentes



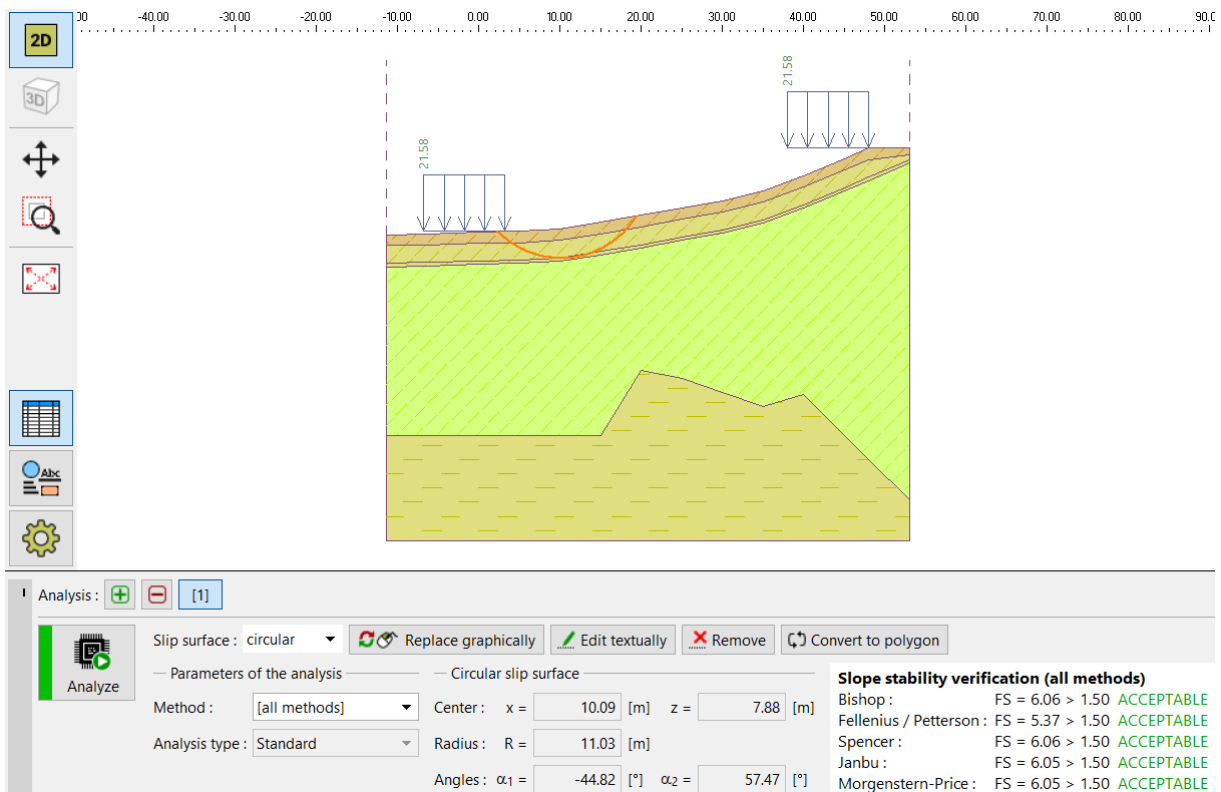
Fuente: Propia

Fuerzas sísmicas



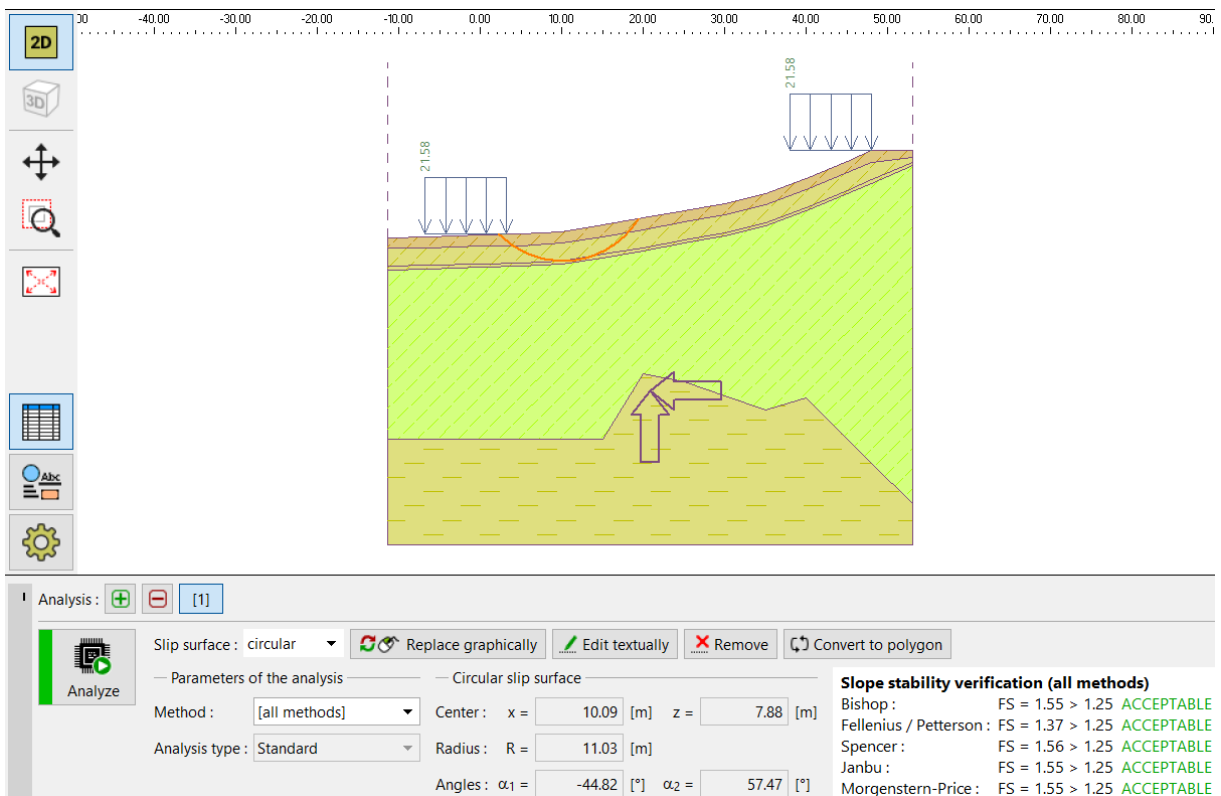
Fuente: Propia

Combinación 1: Condiciones estáticas de carga sin presencia de agua



Fuente: Propia

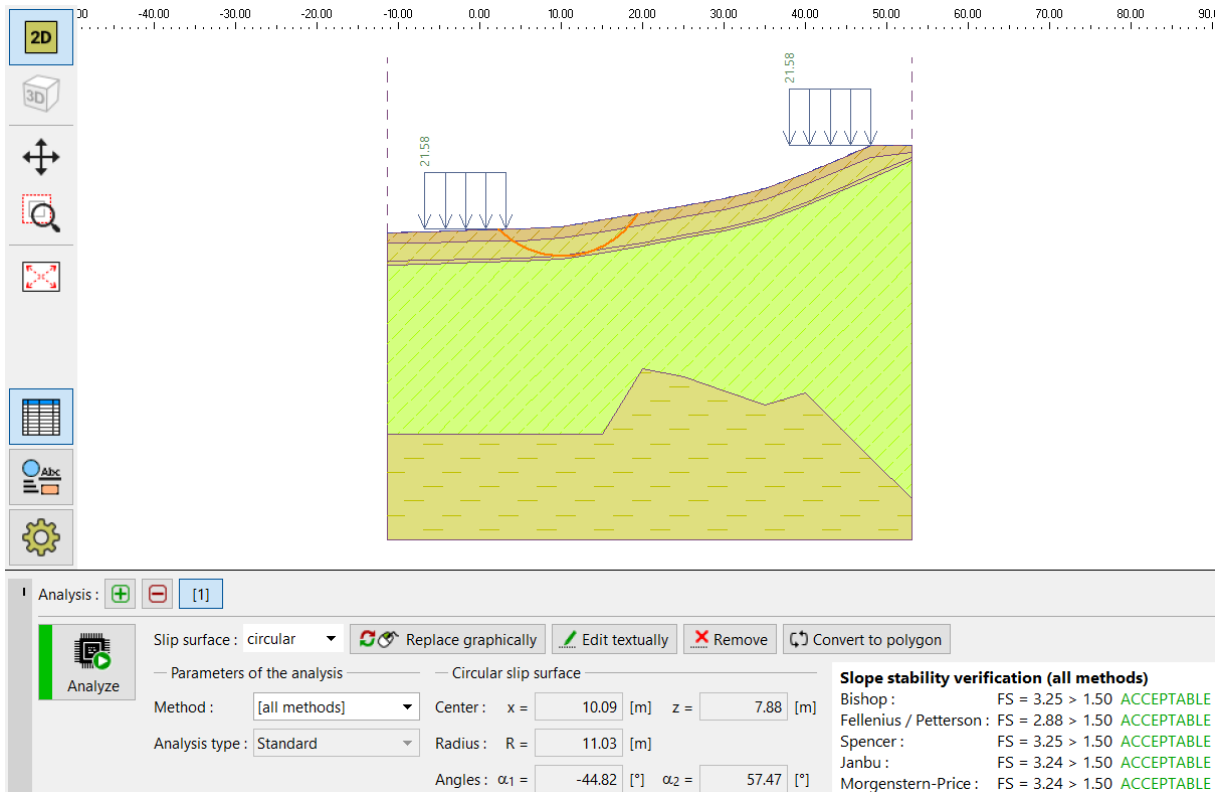
Combinación 2: Condiciones pseudoestáticas de carga sin presencia de agua



Fuente: Propia

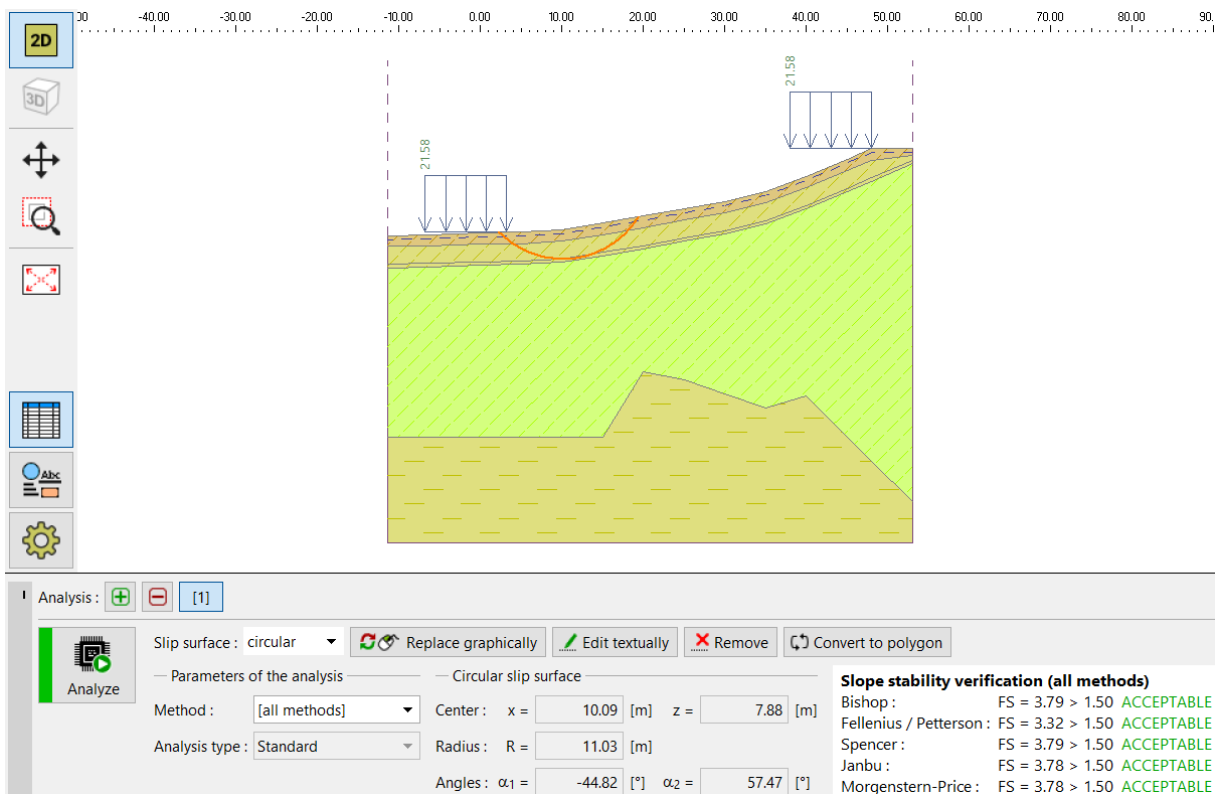
Combinación 3: Condiciones estáticas de carga con presencia de agua

Profundidad de nivel freático 0.00 m



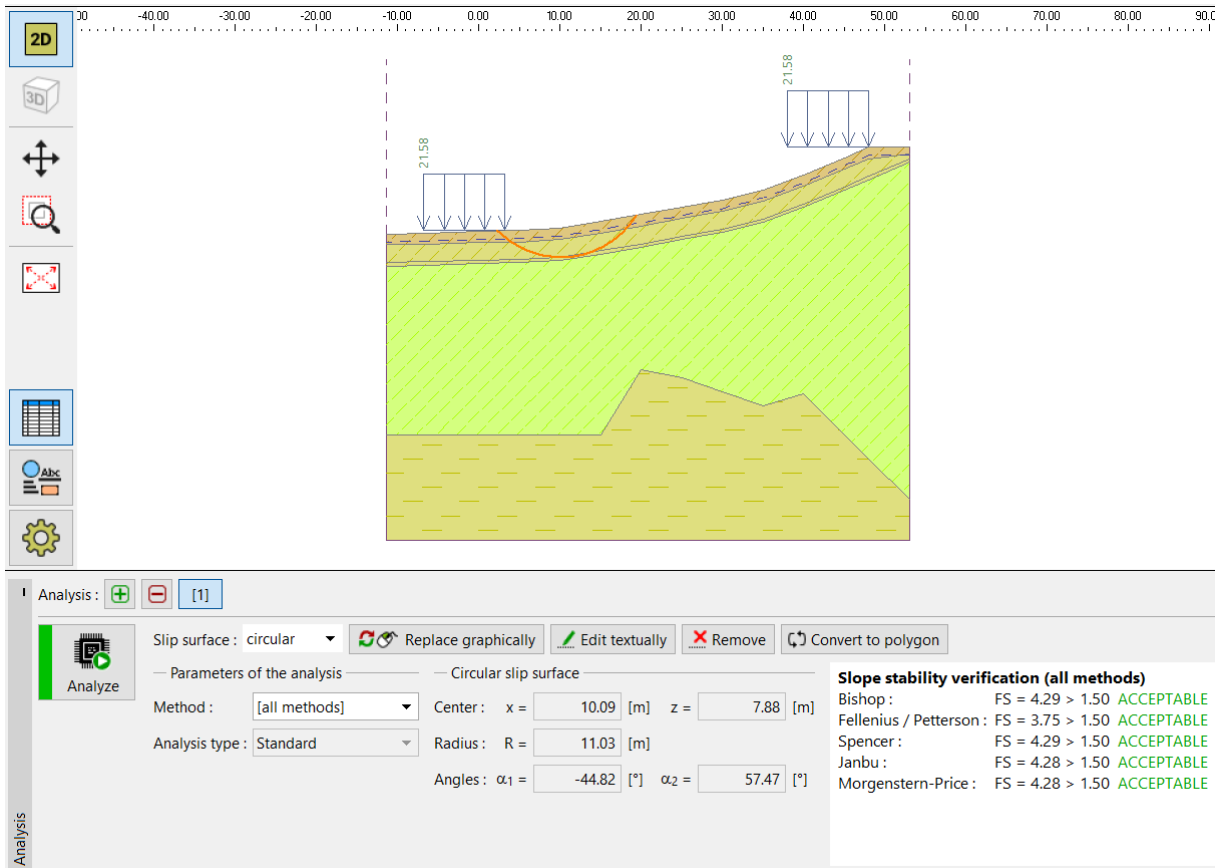
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -0.50 m



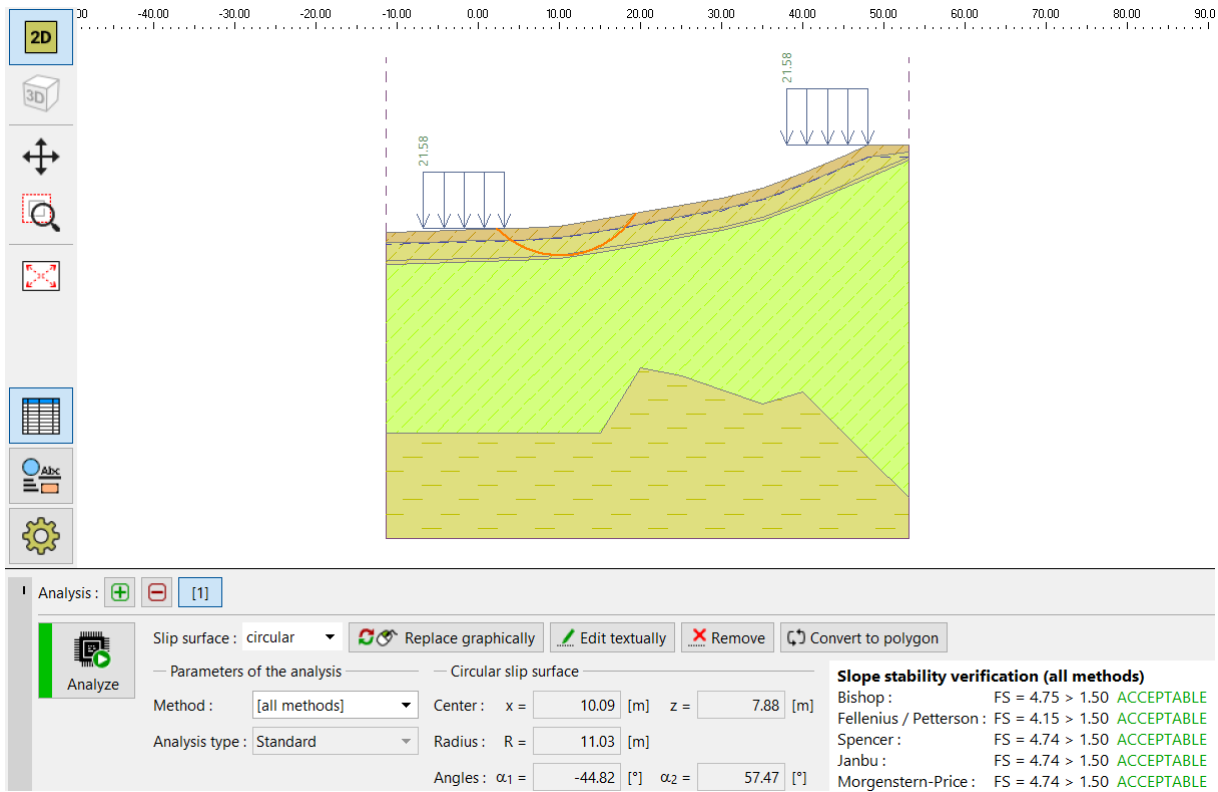
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -1.00 m



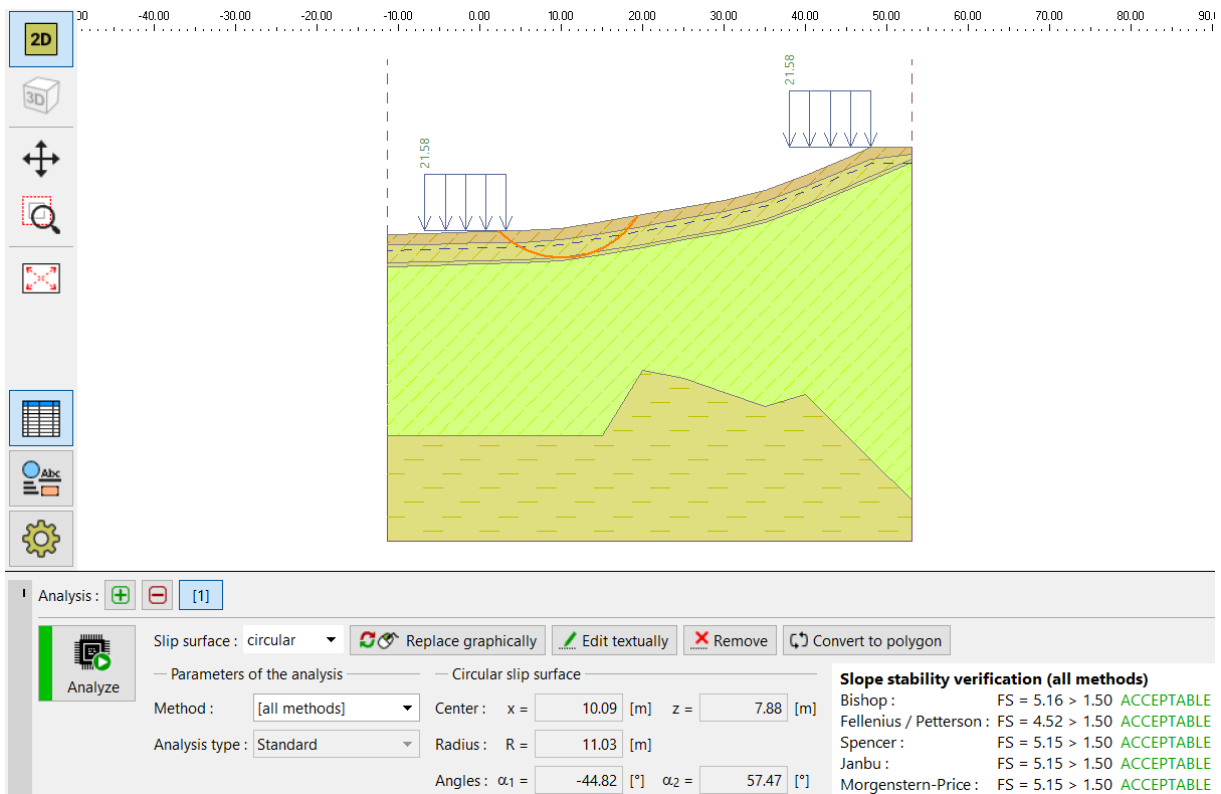
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -1.50 m



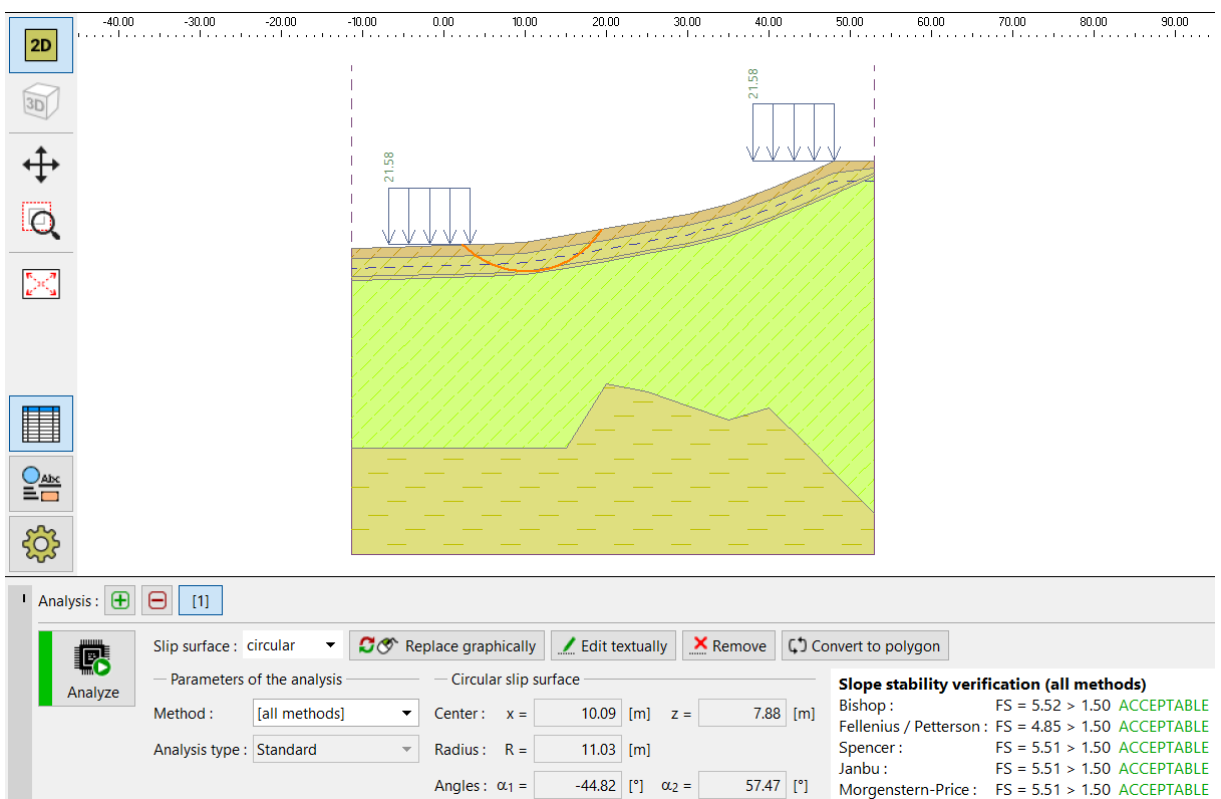
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -2.00 m



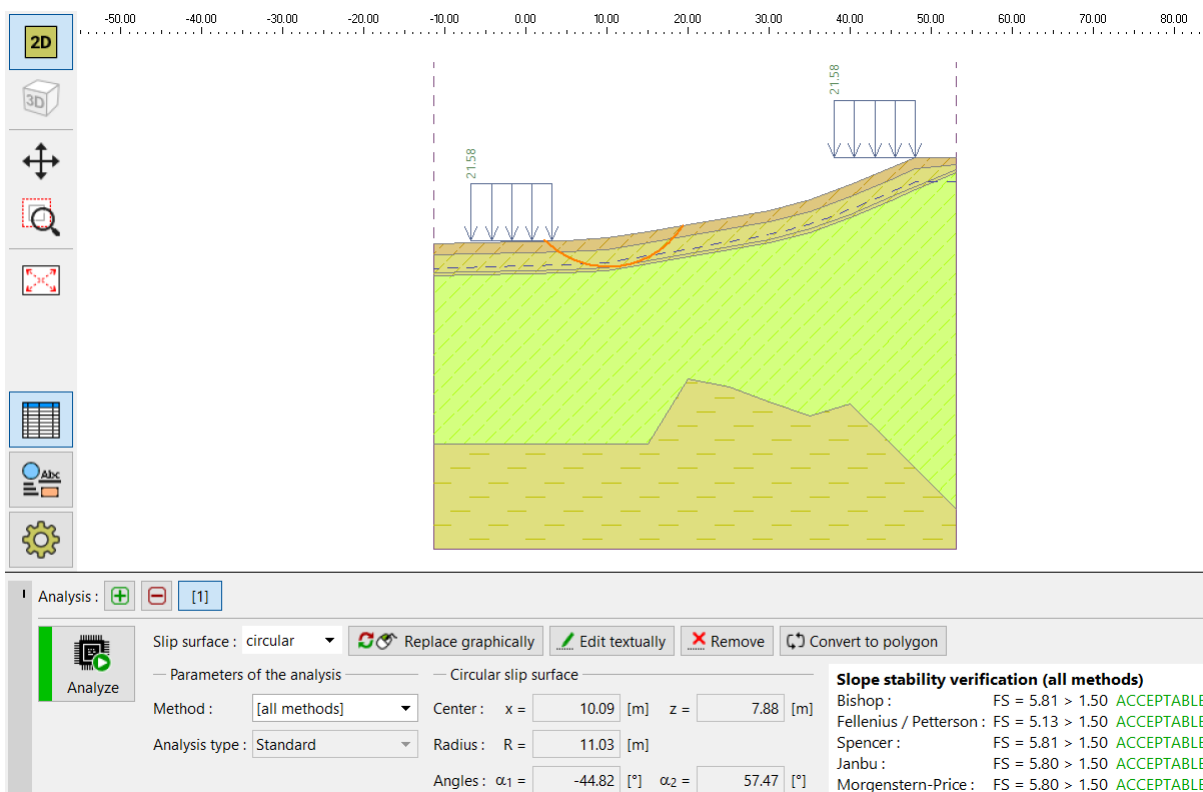
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -2.50 m



Fuente: Propia

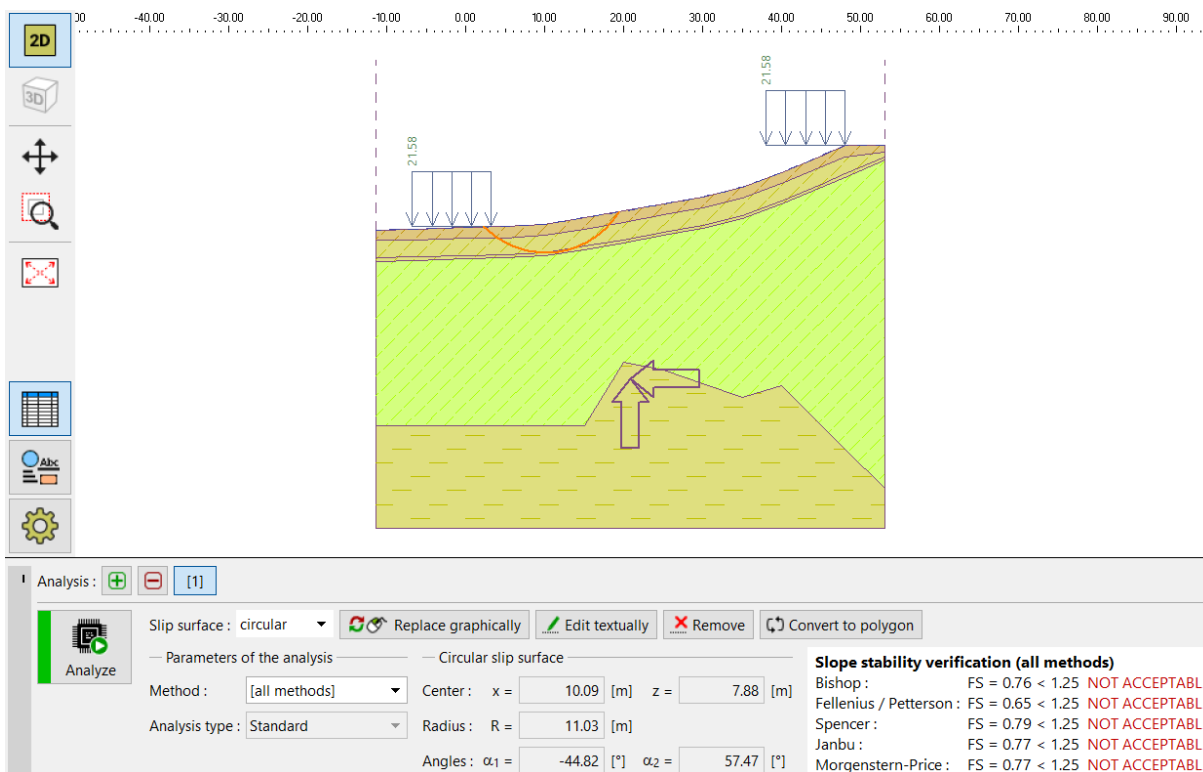
Profundidad de nivel freático -3.00 m



Fuente: Propia

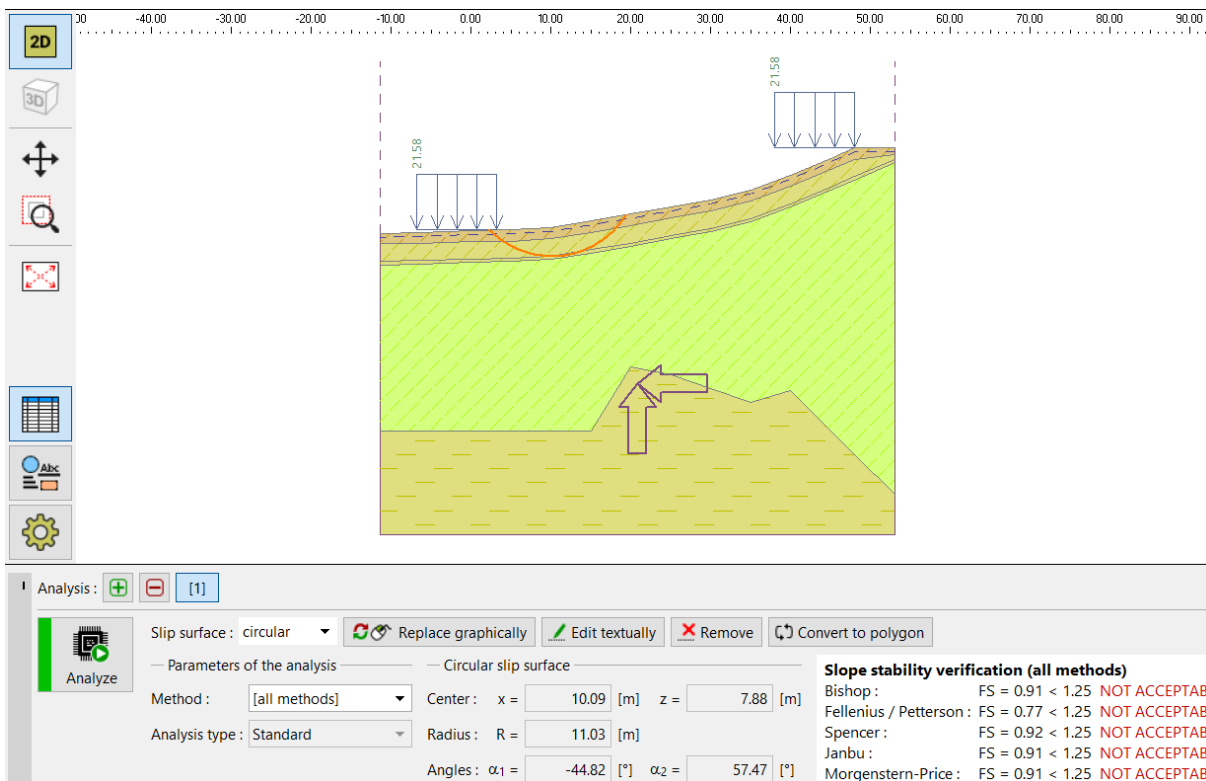
Combinación 4: Condiciones pseudoestáticas de carga con presencia de agua

Profundidad de nivel freático 0.00 m



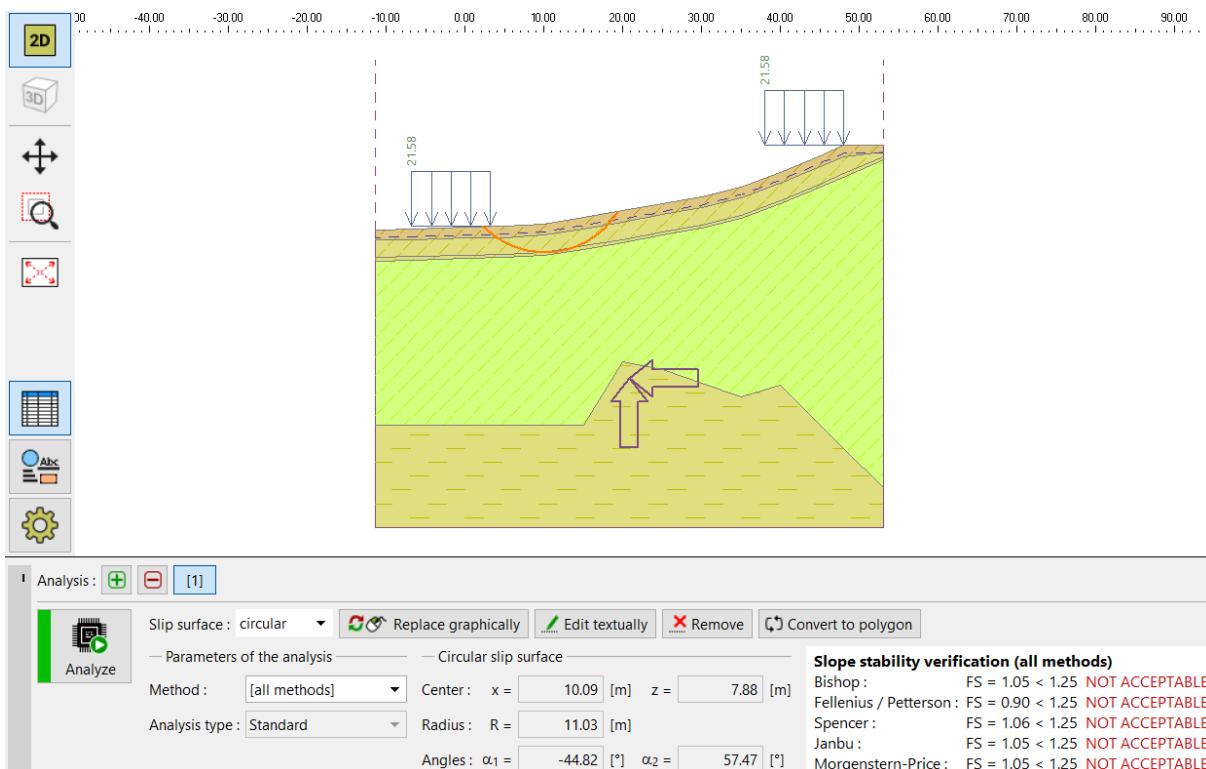
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -0.50 m



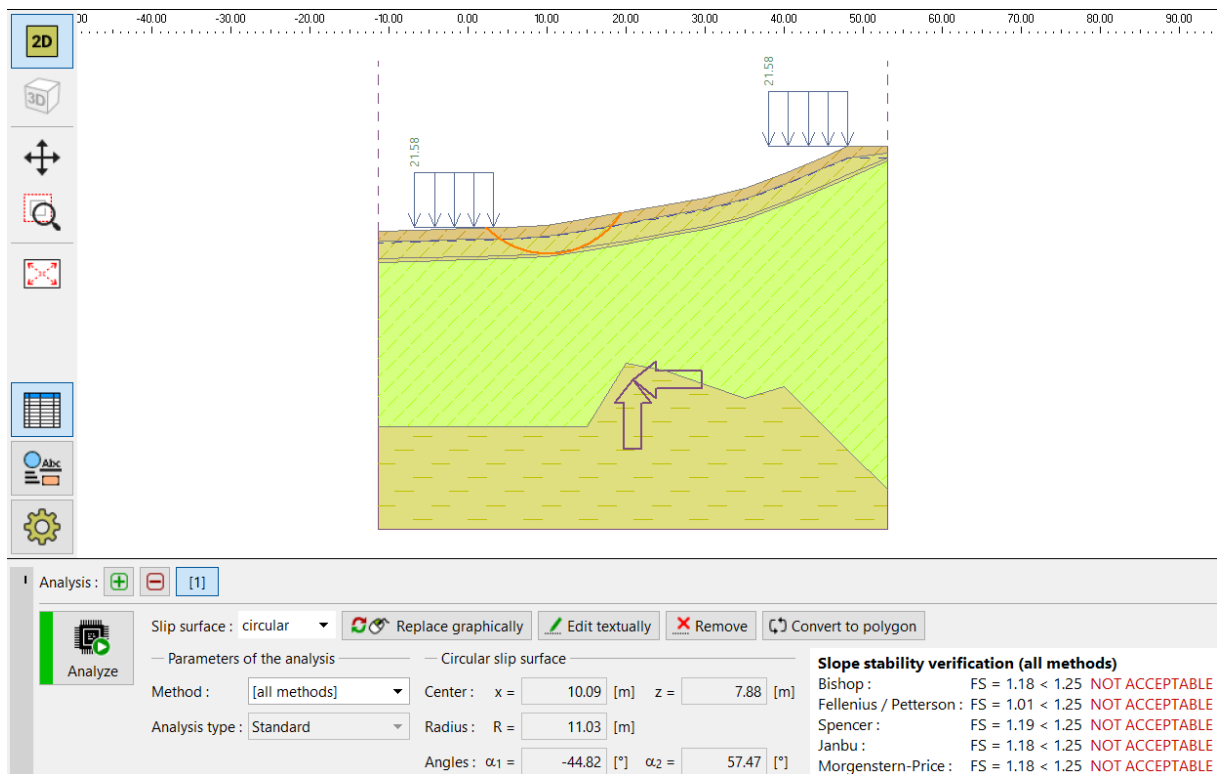
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -1.00 m



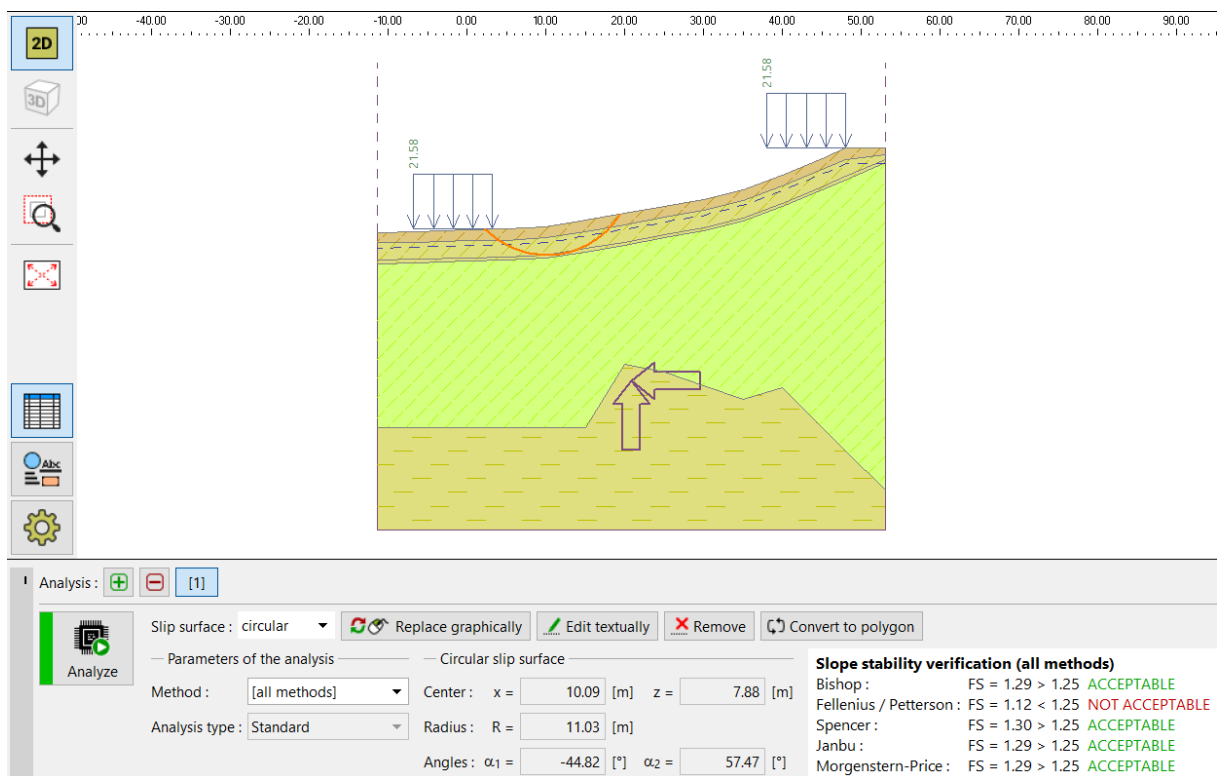
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -1.50 m



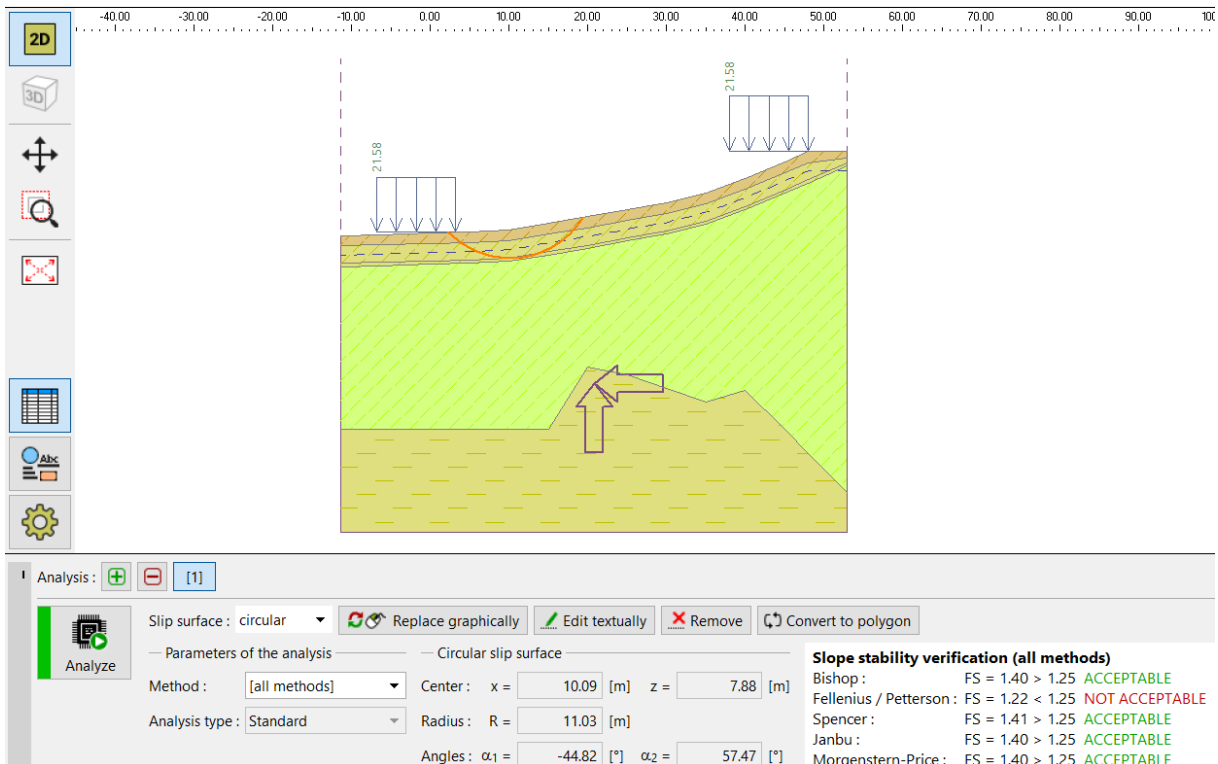
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -2.00 m



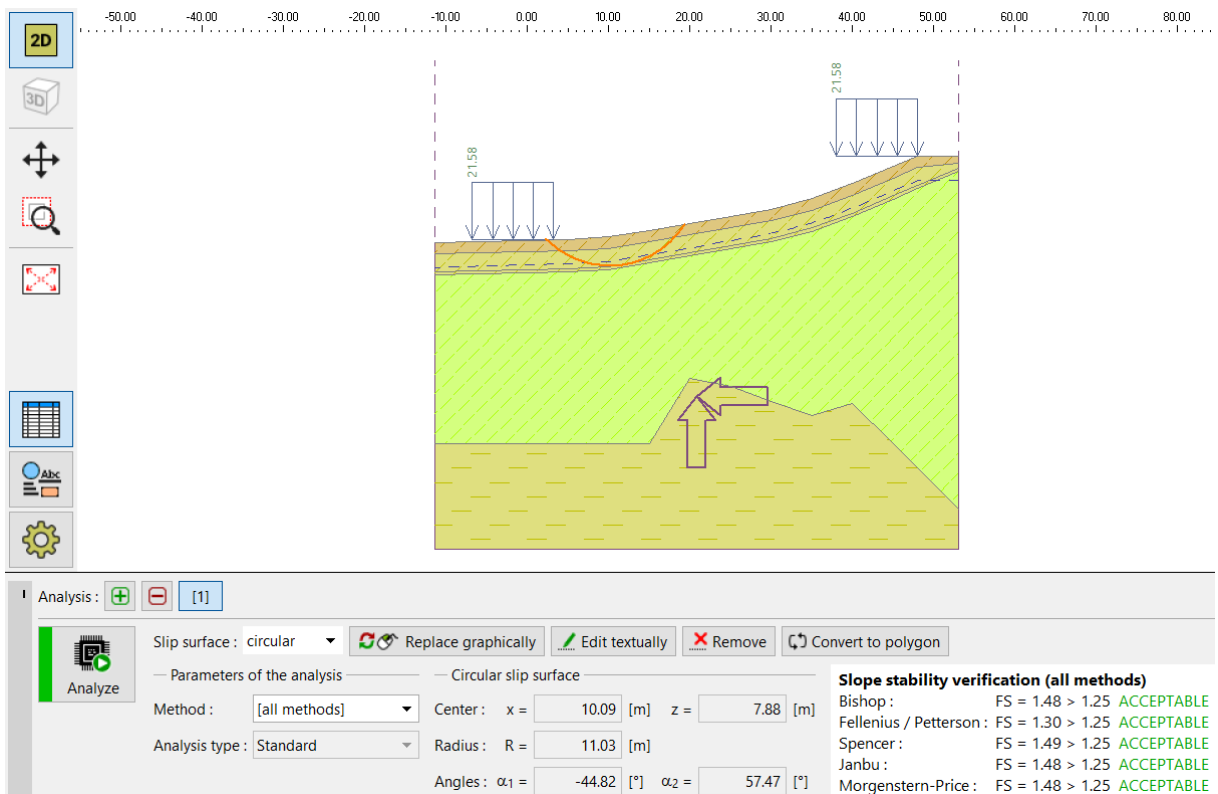
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -2.50 m



Fuente: Propia

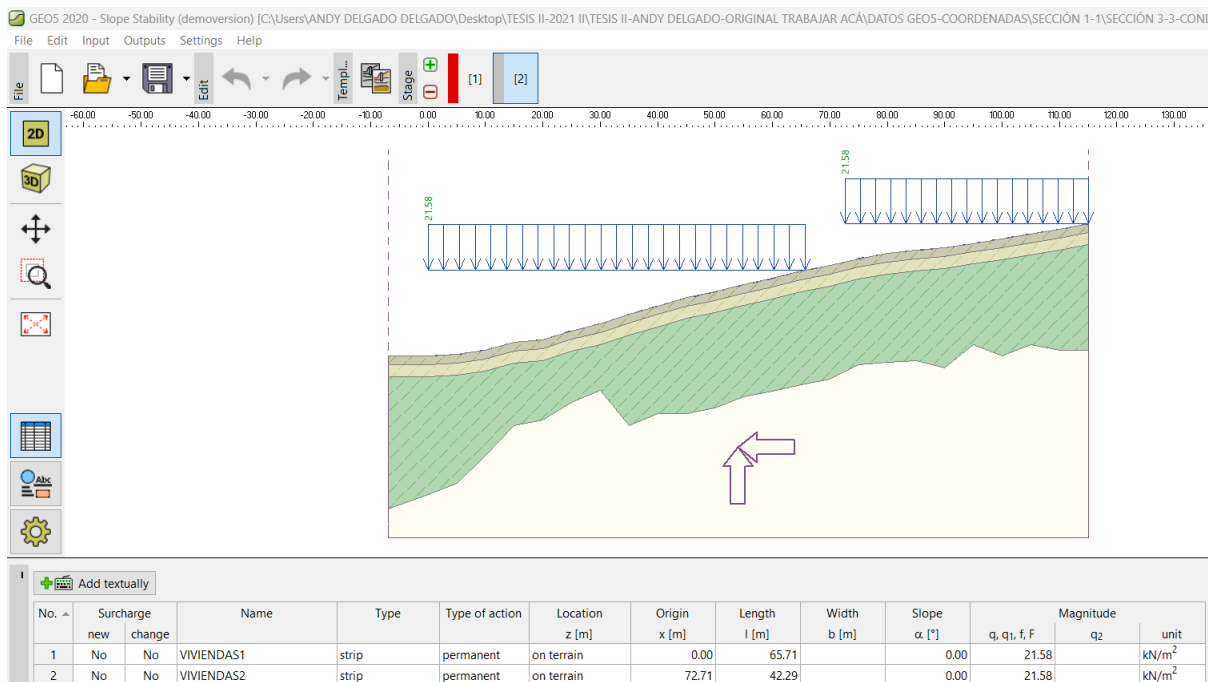
Profundidad de nivel freático -3.00 m



Fuente: Propia

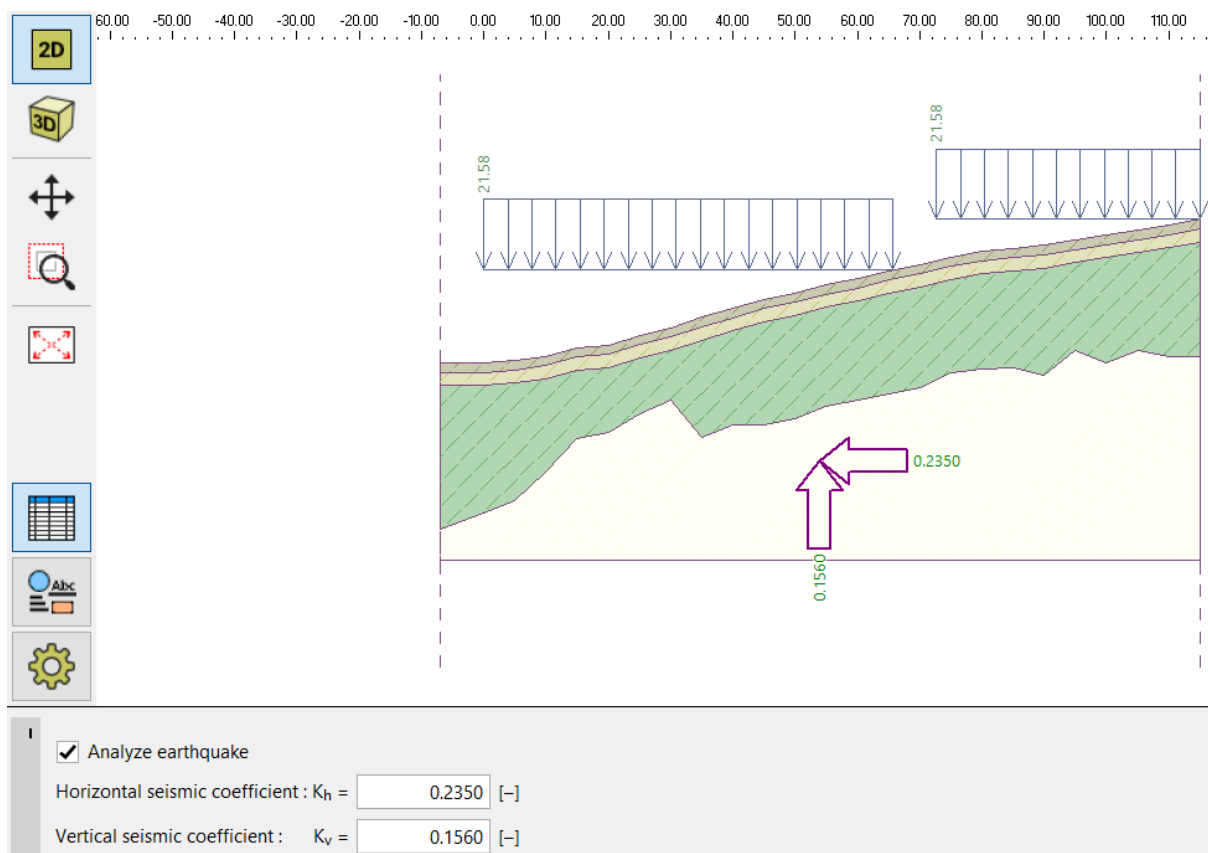
9.5.3 Condiciones de análisis sección C-C

Cargas permanentes



Fuente: Propia

Fuerzas sísmicas



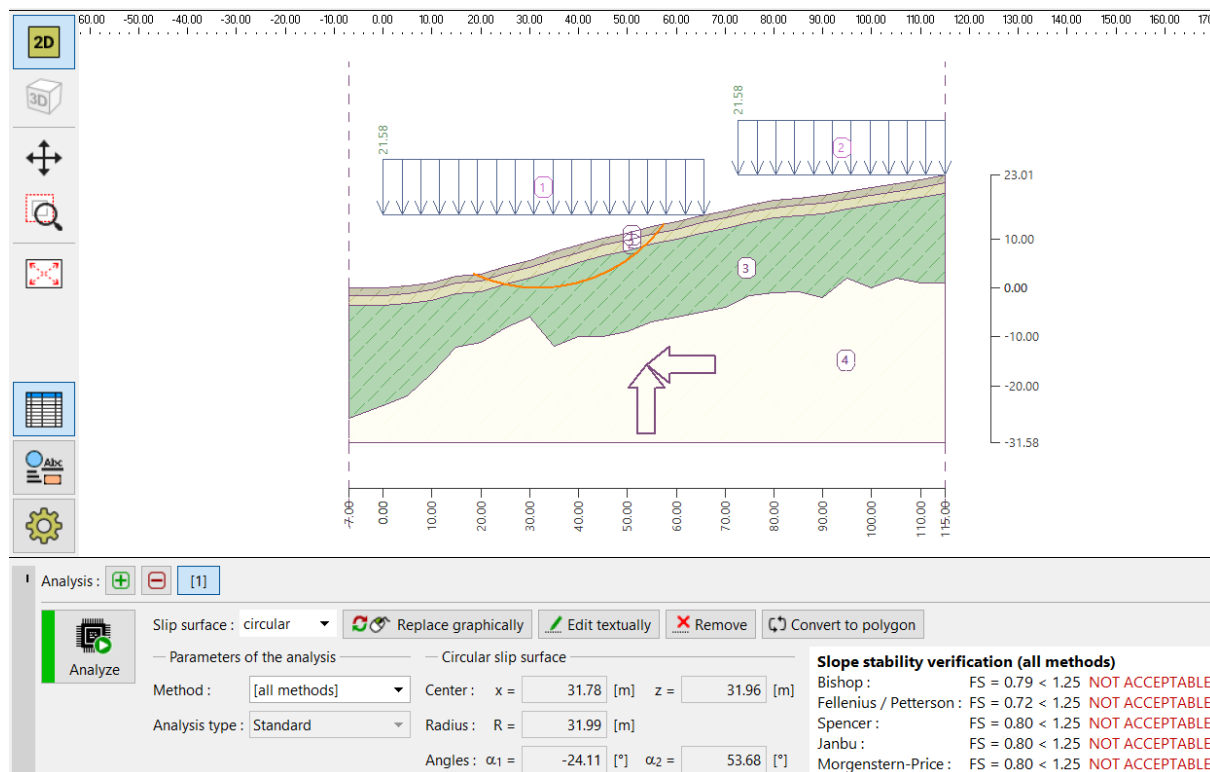
Fuente: Propia

Combinación 1: Condiciones estáticas de carga sin presencia de agua



Fuente: Propia

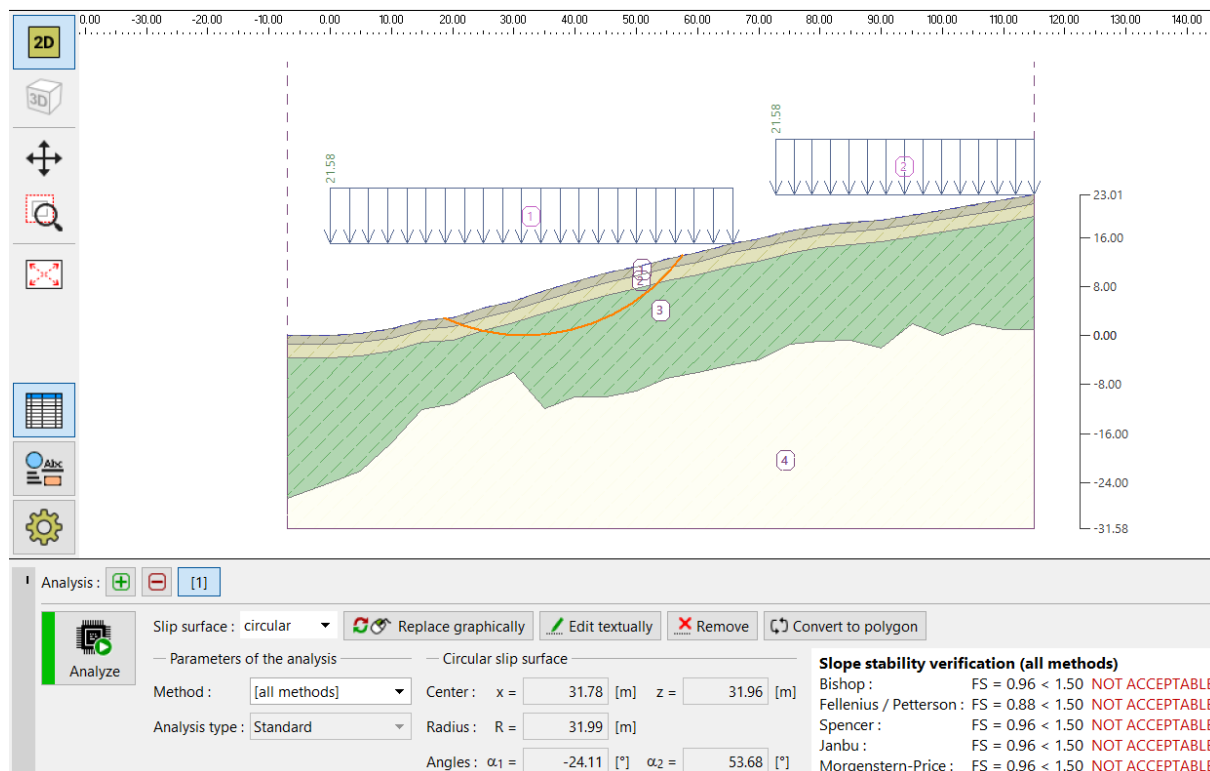
Combinación 2: Condiciones pseudoestáticas de carga sin presencia de agua



Fuente: Propia

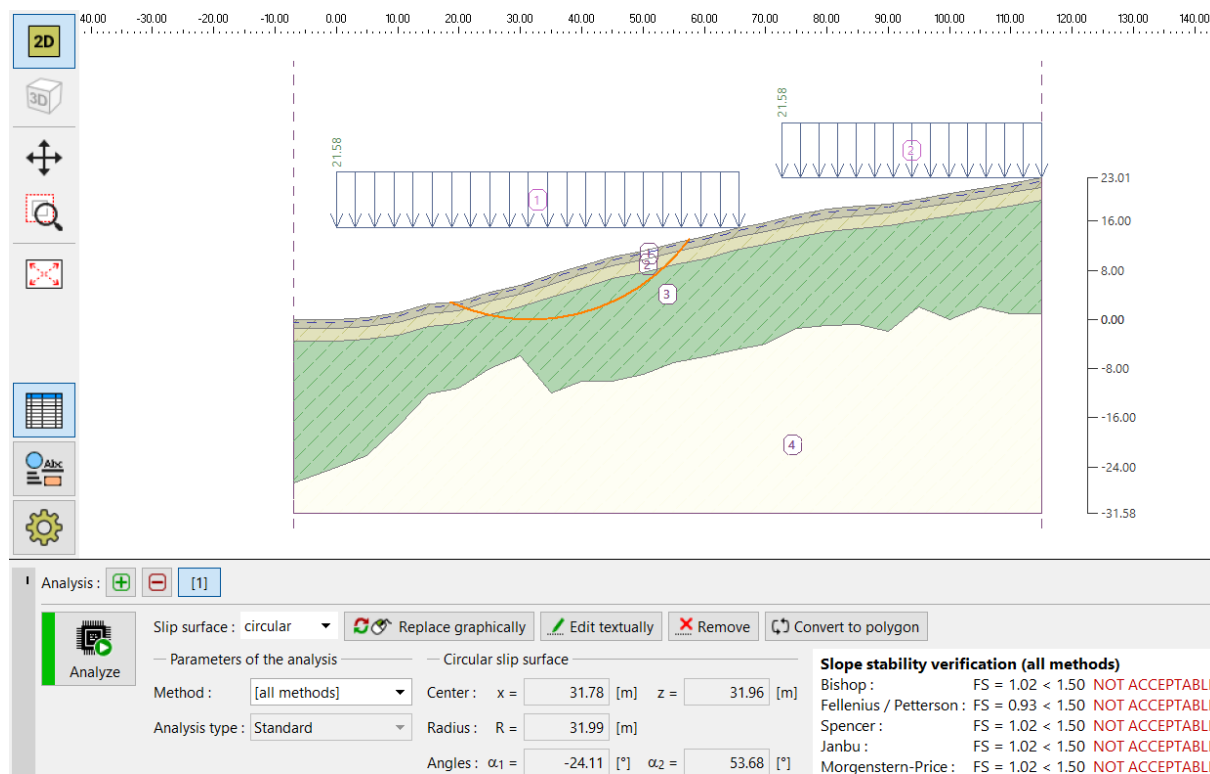
Combinación 3: Condiciones estáticas de carga con presencia de agua

Profundidad de nivel freático 0.00 m



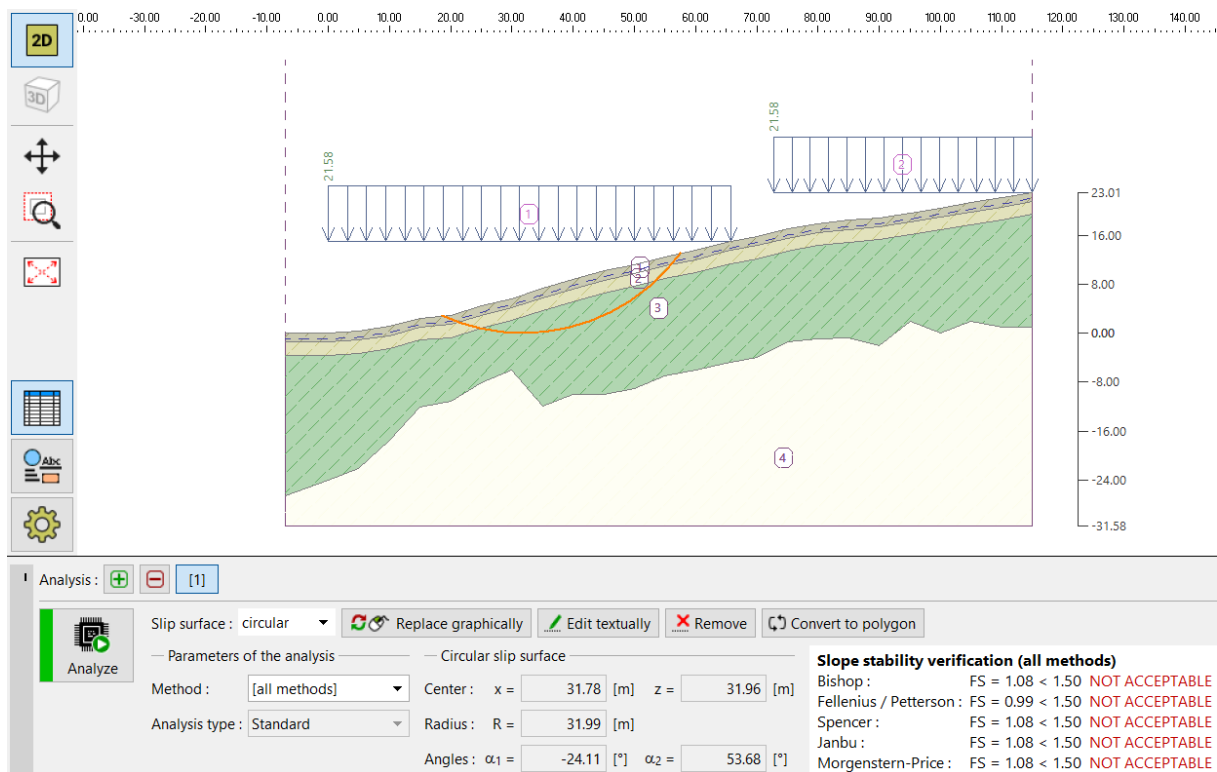
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -0.50 m



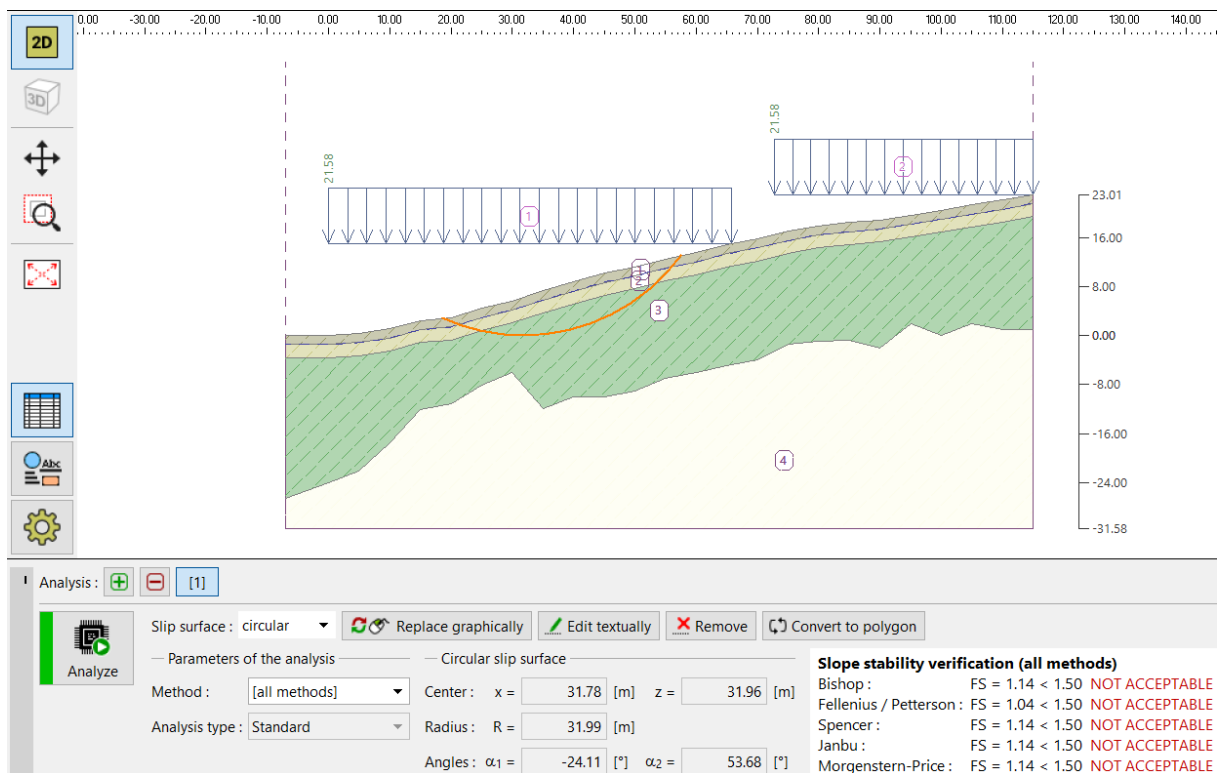
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -1.00 m



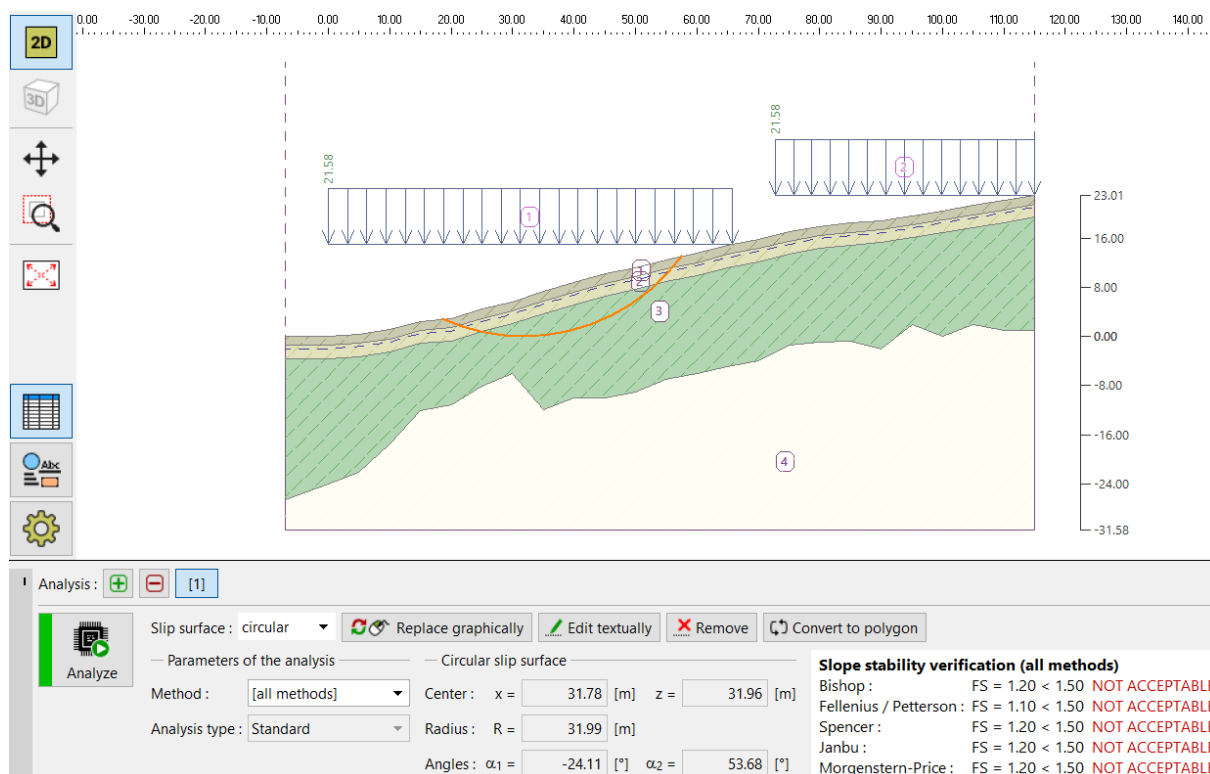
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -1.50 m



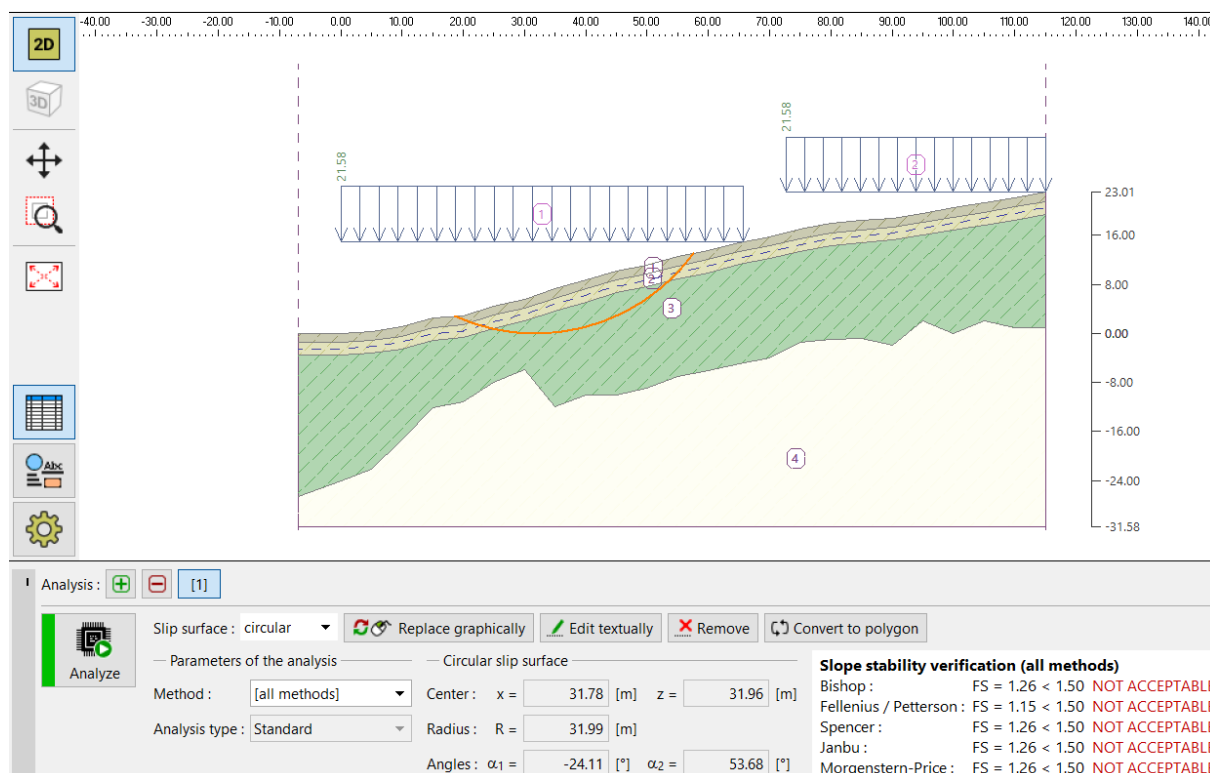
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -2.00 m



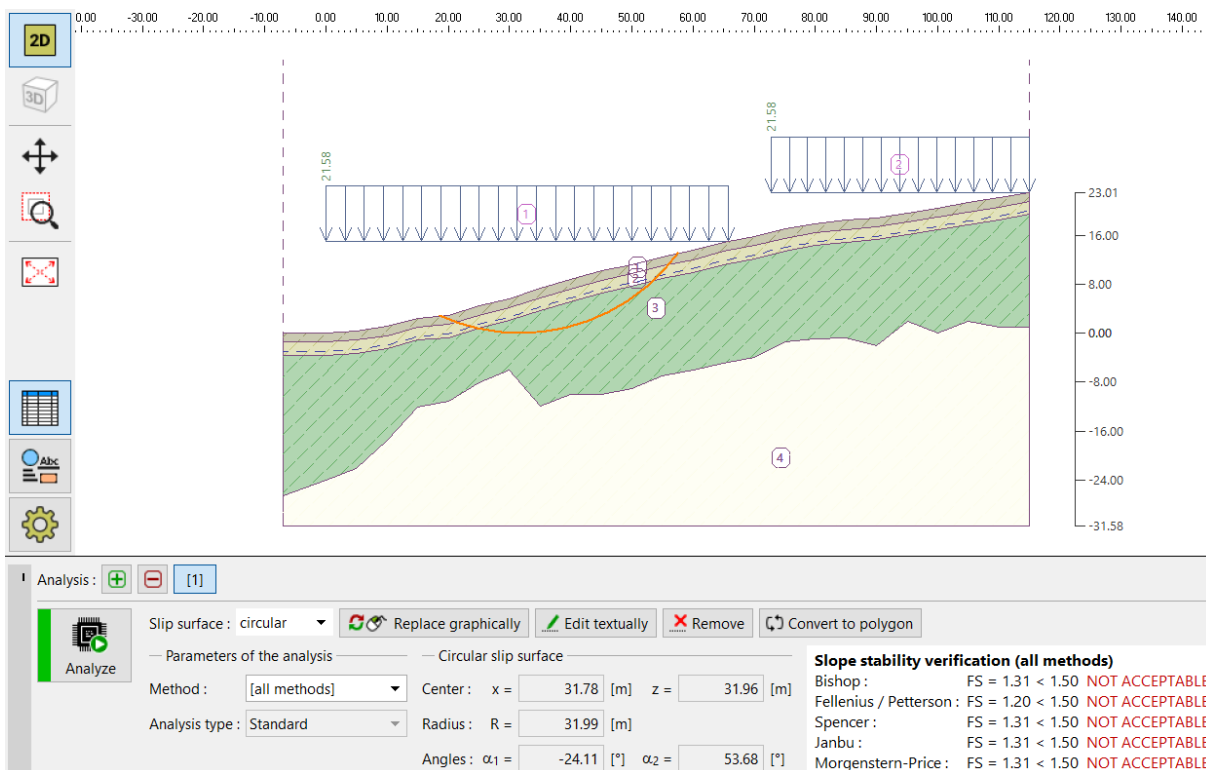
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -2.50 m



Fuente: Propia

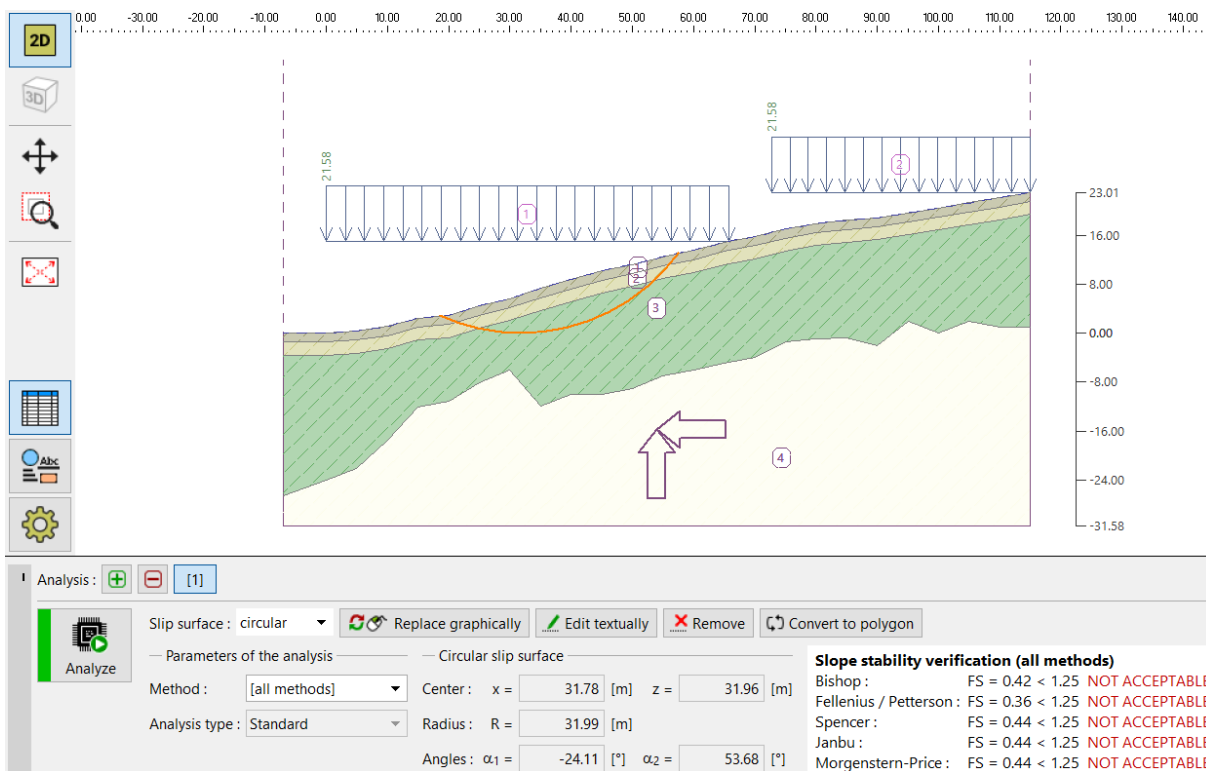
Profundidad de nivel freático -3.00 m



Fuente: Propia

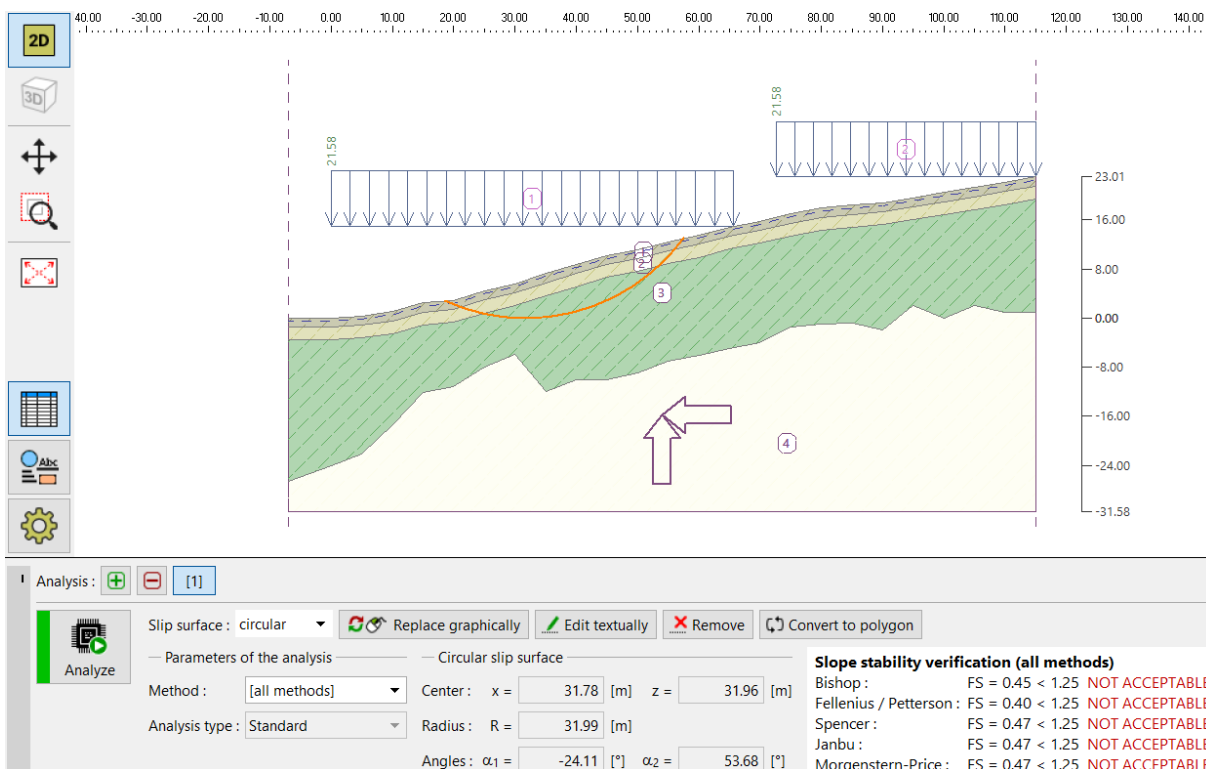
Combinación 4: Condiciones pseudoestáticas de carga con presencia de agua

Profundidad de nivel freático 0.00 m



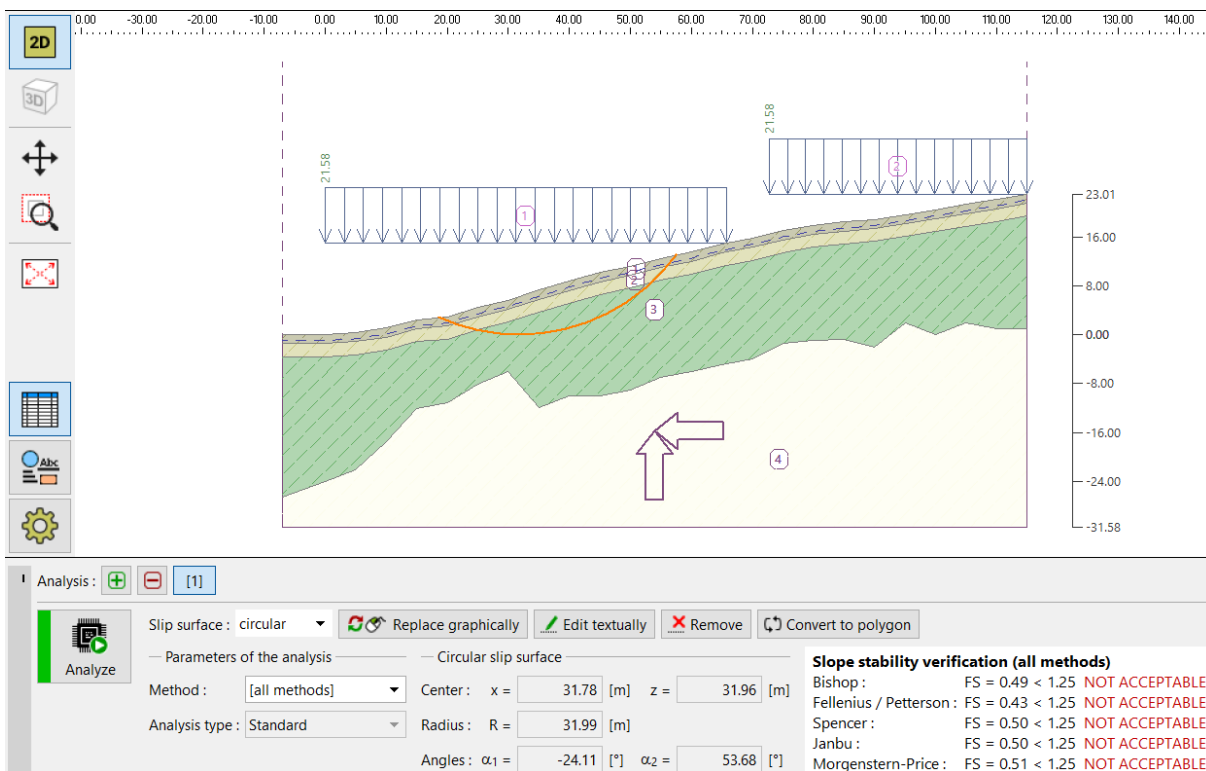
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -0.50 m



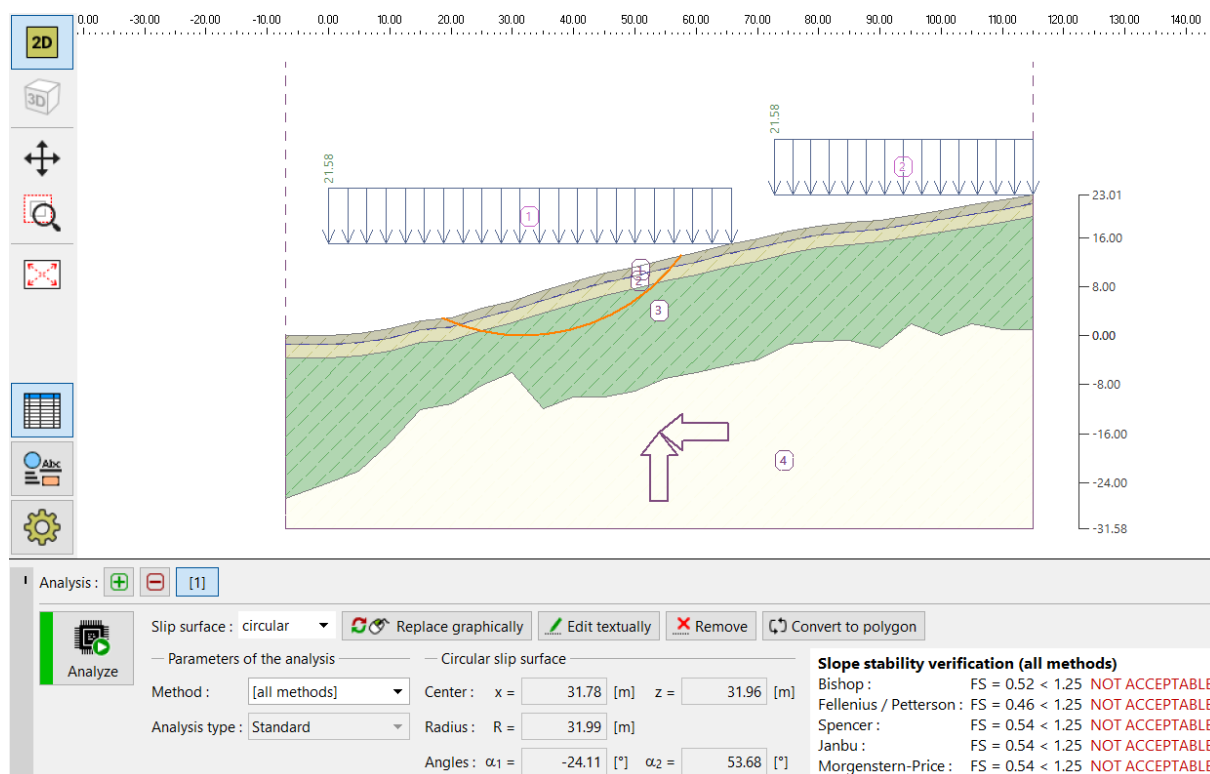
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -1.00 m



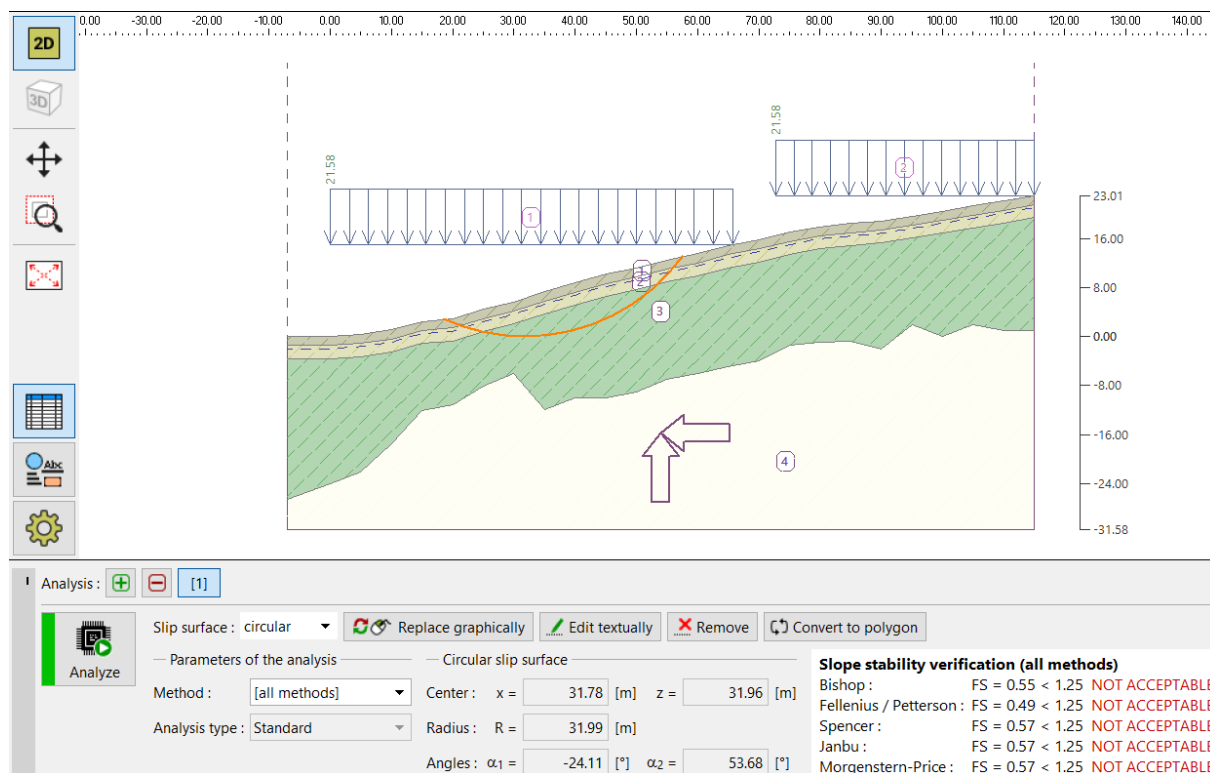
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -1.50 m



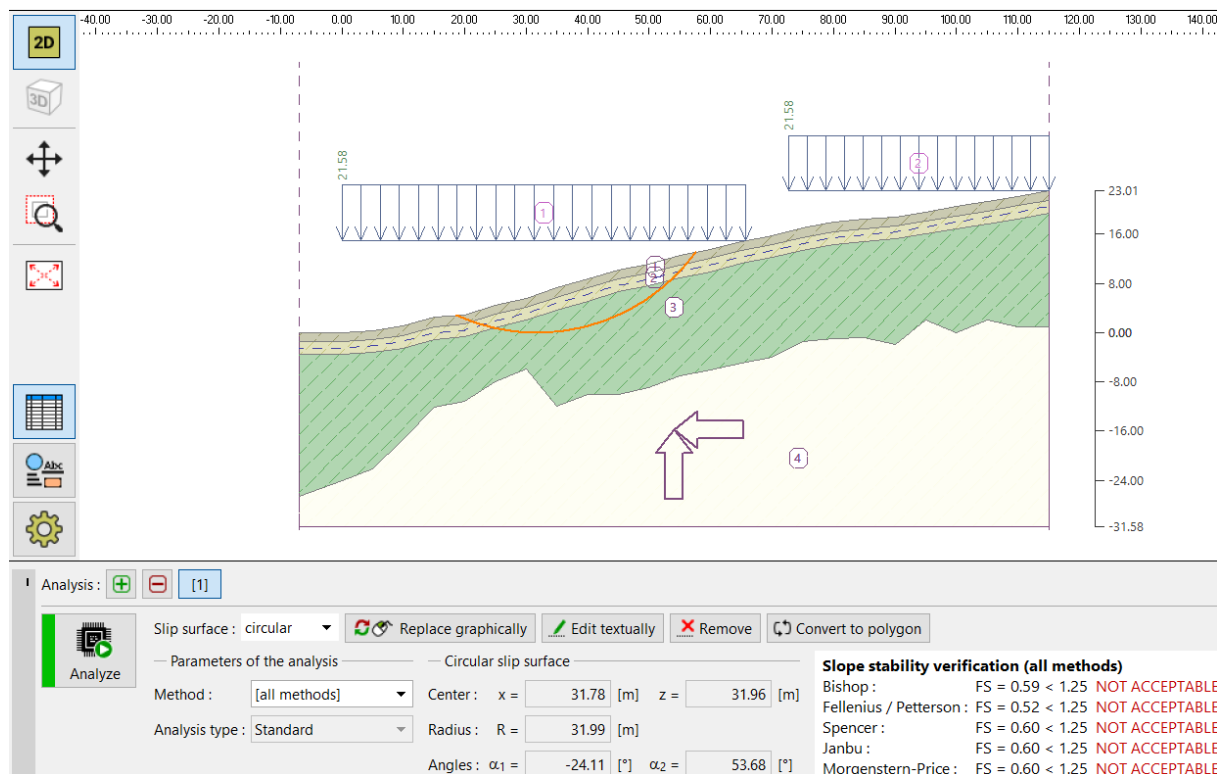
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -2.00 m



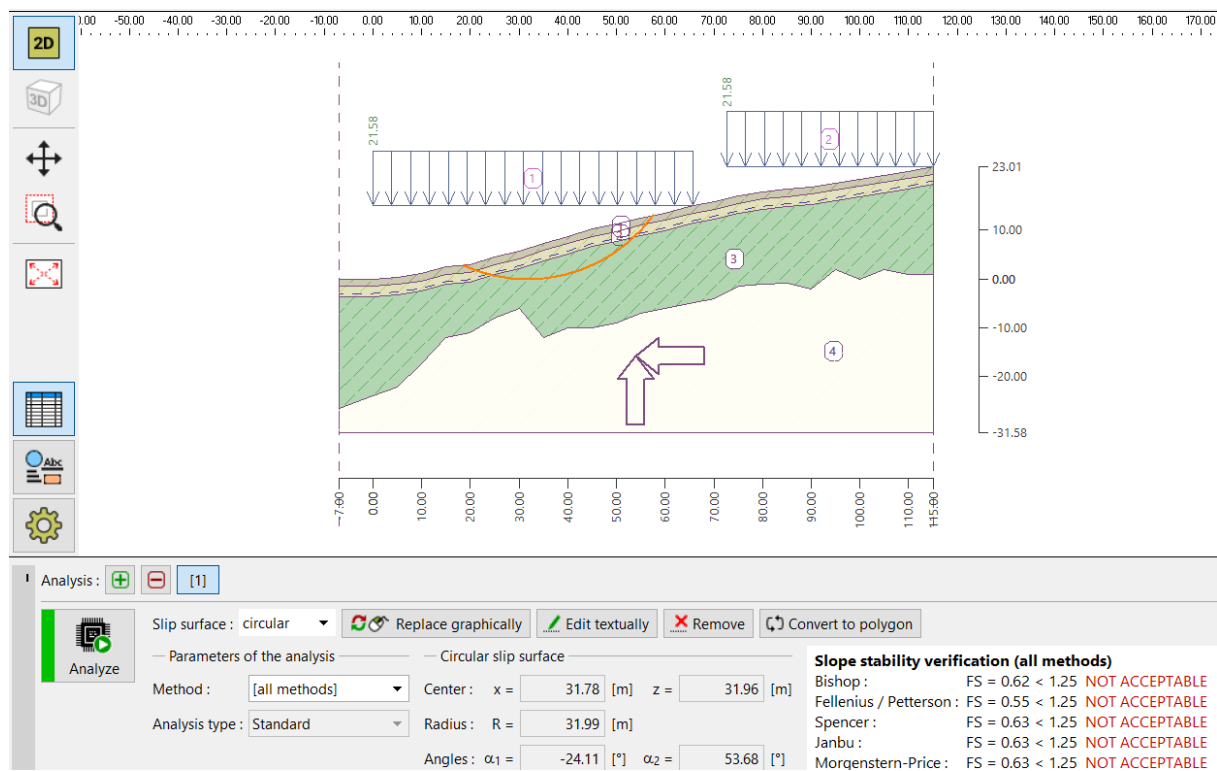
Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -2.50 m



Fuente: Propia

Profundidad de nivel freático -3.00 m

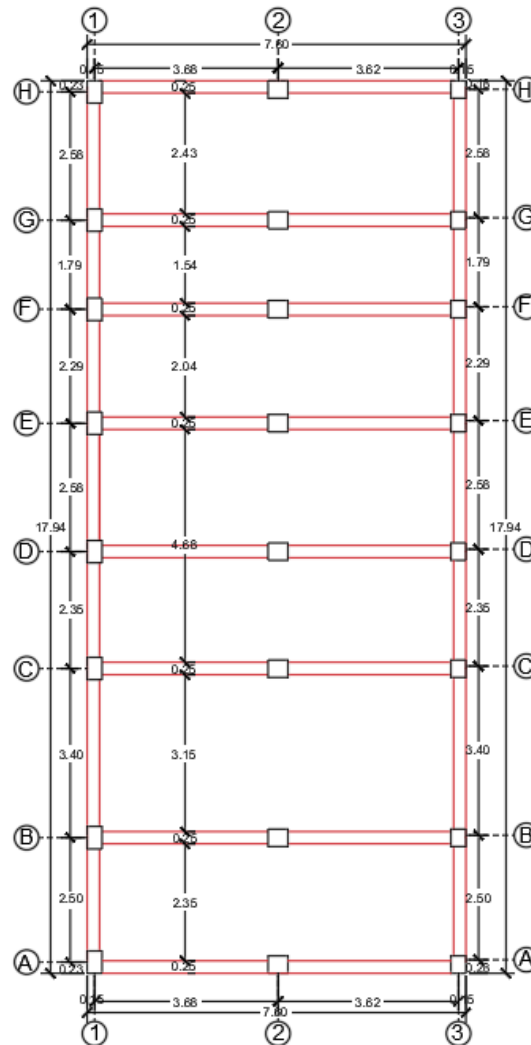


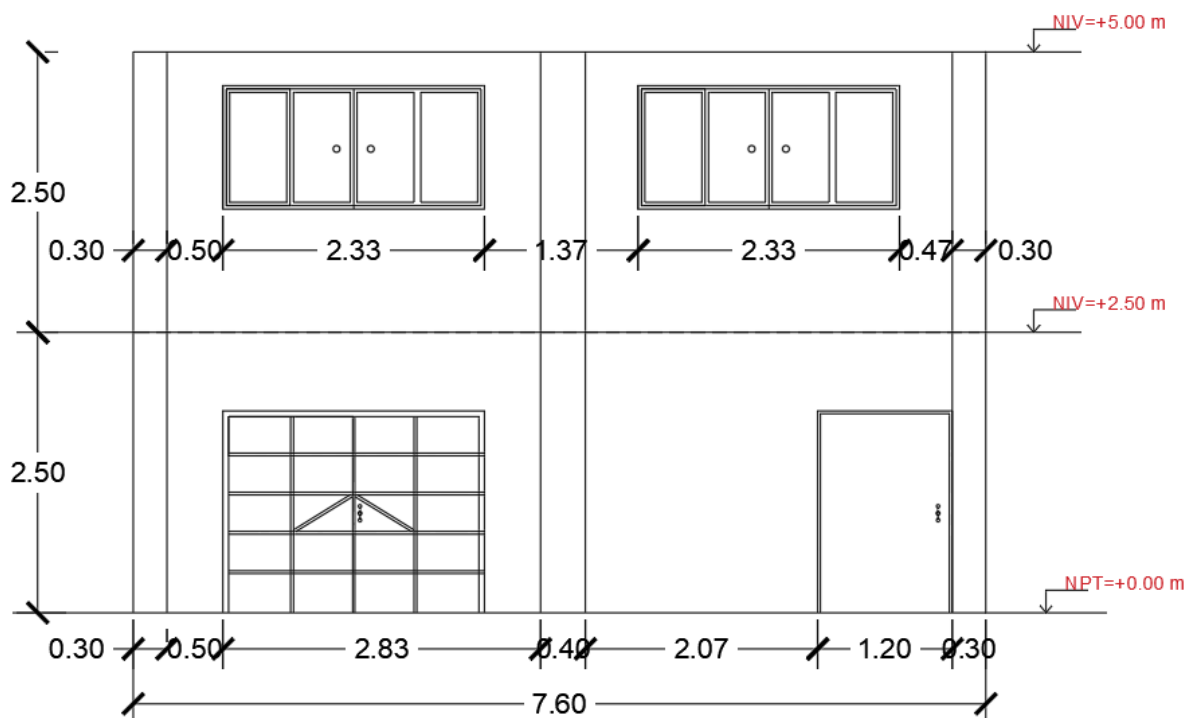
Fuente: Propia

9.6 Valoración de cargas estáticas

La cuantificación del peso por metro cuadrado se obtuvo del metrado de cargas del siguiente plano, el cual se presenta en planta y en perfil.

VISTA EN PLANTA



VISTA EN PERFIL

A continuación se presenta el metrado de cargas:

PRIMER PISO						
ELEMENTO	PESO PROPIO	N° VECES	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	PESO (Kg-f)
VIGAS		Kg/m ³				
VIGAS SECUNDARIAS						
EJE 1						
Entre A-B	2400	1	2.500	0.250	0.350	525.000
Entre B-C	2400	1	3.400	0.250	0.350	714.000
Entre C-D	2400	1	2.350	0.250	0.350	493.500
Entre D-E	2400	1	2.580	0.250	0.350	541.800
Entre E-F	2400	1	2.290	0.250	0.350	480.900
Entre F-G	2400	1	1.730	0.250	0.350	363.300
Entre G-H	2400	1	2.680	0.250	0.350	562.800
EJE 2						
Entre A-B	2400	1	2.500	0.250	0.350	525.000
Entre B-C	2400	1	3.400	0.250	0.350	714.000
Entre C-D	2400	1	2.350	0.250	0.350	493.500
Entre D-E	2400	1	2.580	0.250	0.350	541.800
Entre E-F	2400	1	2.290	0.250	0.350	480.900
Entre F-G	2400	1	1.730	0.250	0.350	363.300
Entre G-H	2400	1	2.680	0.250	0.350	562.800
EJE 3						
Entre A-B	2400	1	2.500	0.250	0.350	525.000
Entre B-C	2400	1	3.400	0.250	0.350	714.000
Entre C-D	2400	1	2.350	0.250	0.350	493.500
Entre D-E	2400	1	2.580	0.250	0.350	541.800
Entre E-F	2400	1	2.290	0.250	0.350	480.900
Entre F-G	2400	1	1.730	0.250	0.350	363.300
Entre G-H	2400	1	2.680	0.250	0.350	562.800
VIGAS PRINCIPALES						
EJE A						

	Entre 1-2	2400	1	3.580	0.250	0.400	859.200
	Entre 2-3	2400	1	3.520	0.250	0.400	844.800
EJE B							
	Entre 1-2	2400	1	3.580	0.250	0.400	859.200
	Entre 2-3	2400	1	3.520	0.250	0.400	844.800
EJE C							
	Entre 1-2	2400	1	3.580	0.250	0.400	859.200
	Entre 2-3	2400	1	3.520	0.250	0.400	844.800
EJE D							
	Entre 1-2	2400	1	3.580	0.250	0.400	859.200
	Entre 2-3	2400	1	3.520	0.250	0.400	844.800
EJE E							
	Entre 1-2	2400	1	3.580	0.250	0.400	859.200
	Entre 2-3	2400	1	3.520	0.250	0.400	844.800
EJE F							
	Entre 1-2	2400	1	3.580	0.250	0.400	859.200
	Entre 2-3	2400	1	3.520	0.250	0.400	844.800
EJE G							
	Entre 1-2	2400	1	3.580	0.250	0.400	859.200
	Entre 2-3	2400	1	3.520	0.250	0.400	844.800
EJE H							
	Entre 1-2	2400	1	3.580	0.250	0.400	859.200
	Entre 2-3	2400	1	3.520	0.250	0.400	844.800
COLUMNAS		Kg/m3					
	C1 (30*40)	2400	3	0.350	0.450	2.600	2948.400
	C2(40*30)	2400	18	0.450	0.350	2.600	17690.400
	C2(30*35)	2400	3	0.300	0.350	2.600	1965.600
MUROS		Kg/m3					
ENTRE 1-3							
	EJE A	1350	1	7.25	0.15	2.4	3523.500
	EJE B	1350	1	2.6	0.15	2.4	1263.600
	ENTRE B ventana	1350	1	2.5	0.15	1.1	556.875
	ENTRE A-B	1350	1	2	0.15	2.4	972.000
	ENTRE B-C	1350	1	11.55	0.15	2.4	5613.300
	EJE C	1350	1	2.55	0.15	2.4	1239.300
	EJE C Ventana	1350	1	3.4	0.15	1.1	757.350
	ENTRE C-D	1350	1	6.1	0.15	2.4	2964.600
	ENTRE C-D ventana	1350	1	3.4	0.15	1.1	757.350
	EJE D	1350	1	3.55	0.15	2.4	1725.300
	EJE D ventana	1350	1	1.9	0.15	1.1	423.225
	ENTRE D-E	1350	1	2.23	0.15	2.4	1083.780
	ENTRE D-E ventana	1350	1	3.9	0.15	1.1	868.725
	ENTRE E-F	1350	1	7.61	0.15	2.4	3698.460
	EJE F	1350	1	1.25	0.15	2.4	607.500
ENTRE A-H							
	EJE 1	1350	1	18.06	0.15	2.4	8777.160
	EJE 3	1350	1	17.91	0.15	2.4	8704.260
	ENTRE A-B	1350	1	3	0.15	2.4	1458.000
LOSA ALIGERADA		Kg/m3					
	1-2 - A-B	300	1	2.500	3.580		2685.000
	2-3 - A-B	300	1	2.500	1.100		825.000
	1-2 B-C	300	1	3.400	3.580		3651.600
	2-3 B-C	300	1	3.400	3.520		3590.400
	1-2 - C-D	300	1	2.350	1.050		740.250
	2-3 - C-D	300	1	2.350	3.520		2481.600
	1-2 D-E	300	1	2.580	3.580		2770.920
	2-3 D-E	300	1	2.580	1.500		1161.000
	1-2 - E-F	300	1	2.290	3.580		2459.460
	2-3 - E-F	300	1	2.290	3.520		2418.240
	1-2 F-G	300	1	1.730	3.580		1858.020
	2-3 F-G	300	1	1.730	3.520		1826.880
	1-2 G-H	300	1	2.680	3.580		2878.320
	2-3 G-H	300	1	2.680	3.520		2830.080
ACABADO		Kg/m2					

1-2 - A-B	100	1	2.500	3.580	-	895.000
2-3 - A-B	100	1	2.500	1.100	-	275.000
1-2 - B-C	100	1	3.400	3.580	-	1217.200
2-3 - B-C	100	1	3.400	3.520	-	1196.800
1-2 - C-D	100	1	2.350	1.050	-	246.750
2-3 - C-D	100	1	2.350	3.520	-	827.200
1-2 - D-E	100	1	2.580	3.580	-	923.640
2-3 - D-E	100	1	2.580	1.500	-	387.000
1-2 - E-F	100	1	2.290	3.580	-	819.820
2-3 - E-F	100	1	2.290	3.520	-	806.080
1-2 - F-G	100	1	1.730	3.580	-	619.340
2-3 - F-G	100	1	1.730	3.520	-	608.960
1-2 - G-H	100	1	2.680	3.580	-	959.440
2-3 - G-H	100	1	2.680	3.520	-	943.360
TOTAL DE CARGA MUERTA						133274.145
SOBRE CARGA Kg/m²						
1-2 - A-B	200	1	2.500	3.580	0.250	447.500
2-3 - A-B	200	1	2.500	1.100	0.250	137.500
1-2 - B-C	200	1	3.400	3.580	0.250	608.600
2-3 - B-C	200	1	3.400	3.520	0.250	598.400
1-2 - C-D	200	1	2.350	1.050	0.250	123.375
2-3 - C-D	200	1	2.350	3.520	0.250	413.600
1-2 - D-E	200	1	2.580	3.580	0.250	461.820
2-3 - D-E	200	1	2.580	1.500	0.250	193.500
1-2 - E-F	200	1	2.290	3.580	0.250	409.910
2-3 - E-F	200	1	2.290	3.520	0.250	403.040
1-2 - F-G	200	1	1.730	3.580	0.250	309.670
2-3 - F-G	200	1	1.730	3.520	0.250	304.480
1-2 - G-H	200	1	2.680	3.580	0.250	479.720
2-3 - G-H	200	1	2.680	3.520	0.250	471.680
TOTAL DE CARGA VIVA						4411.395
TOTAL DE CARGA						137685.540

SEGUNDO PISO-CUARTO PISO						
ELEMENTO	PESO PROPIO	N° VECES	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	PESO (Kg-f)
VIGAS Kg/m³						
VIGAS SECUNDARIAS						
EJE 1						

	Entre A-B	2400	1	2.500	0.250	0.350	525.000
	Entre B-C	2400	1	3.400	0.250	0.350	714.000
	Entre C-D	2400	1	2.350	0.250	0.350	493.500
	Entre D-E	2400	1	2.580	0.250	0.350	541.800
	Entre E-F	2400	1	2.290	0.250	0.350	480.900
	Entre F-G	2400	1	1.730	0.250	0.350	363.300
	Entre G-H	2400	1	2.680	0.250	0.350	562.800
EJE 2							
	Entre A-B	2400	1	2.500	0.250	0.350	525.000
	Entre B-C	2400	1	3.400	0.250	0.350	714.000
	Entre C-D	2400	1	2.350	0.250	0.350	493.500
	Entre D-E	2400	1	2.580	0.250	0.350	541.800
	Entre E-F	2400	1	2.290	0.250	0.350	480.900
	Entre F-G	2400	1	1.730	0.250	0.350	363.300
	Entre G-H	2400	1	2.680	0.250	0.350	562.800
EJE 3							
	Entre A-B	2400	1	2.500	0.250	0.350	525.000
	Entre B-C	2400	1	3.400	0.250	0.350	714.000
	Entre C-D	2400	1	2.350	0.250	0.350	493.500
	Entre D-E	2400	1	2.580	0.250	0.350	541.800
	Entre E-F	2400	1	2.290	0.250	0.350	480.900
	Entre F-G	2400	1	1.730	0.250	0.350	363.300
	Entre G-H	2400	1	2.680	0.250	0.350	562.800
VIGAS PRINCIPALES							
EJE A							
	Entre 1-2	2400	1	3.580	0.250	0.400	859.200
	Entre 2-3	2400	1	3.520	0.250	0.400	844.800
EJE B							
	Entre 1-2	2400	1	3.580	0.250	0.400	859.200
	Entre 2-3	2400	1	3.520	0.250	0.400	844.800
EJE C							
	Entre 1-2	2400	1	3.580	0.250	0.400	859.200
	Entre 2-3	2400	1	3.520	0.250	0.400	844.800
EJE D							
	Entre 1-2	2400	1	3.580	0.250	0.400	859.200
	Entre 2-3	2400	1	3.520	0.250	0.400	844.800
EJE E							
	Entre 1-2	2400	1	3.580	0.250	0.400	859.200
	Entre 2-3	2400	1	3.520	0.250	0.400	844.800
EJE F							
	Entre 1-2	2400	1	3.580	0.250	0.400	859.200
	Entre 2-3	2400	1	3.520	0.250	0.400	844.800
EJE G							
	Entre 1-2	2400	1	3.580	0.250	0.400	859.200
	Entre 2-3	2400	1	3.520	0.250	0.400	844.800
EJE H							
	Entre 1-2	2400	1	3.580	0.250	0.400	859.200
	Entre 2-3	2400	1	3.520	0.250	0.400	844.800
COLUMNAS Kg/m3							
	C1 (30*40)	2400	3	0.300	0.400	2.600	2246.400
	C2(40*30)	2400	18	0.400	0.300	2.600	13478.400
MUROS Kg/m3							
ENTRE 1-3							
	EJE A	1350	1	7.25	0.15	2.4	3523.500
	EJE B	1350	1	2.6	0.15	2.4	1263.600
	ENTRE B ventana	1350	1	2.5	0.15	1.1	556.875
	ENTRE A-B	1350	1	2	0.15	2.4	972.000
	ENTRE B-C	1350	1	11.55	0.15	2.4	5613.300
	EJE C	1350	1	2.55	0.15	2.4	1239.300
	EJE C Ventana	1350	1	3.4	0.15	1.1	757.350
	ENTRE C-D	1350	1	6.1	0.15	2.4	2964.600
	ENTRE C-D ventana	1350	1	3.4	0.15	1.1	757.350
	EJE D	1350	1	3.55	0.15	2.4	1725.300
	EJE D ventana	1350	1	1.9	0.15	1.1	423.225
	ENTRE D-E	1350	1	2.23	0.15	2.4	1083.780
	ENTRE D-E ventana	1350	1	3.9	0.15	1.1	868.725
	ENTRE E-F	1350	1	9.51	0.15	2.4	4621.860

	EJE F	1350	1	5.5	0.15	2.4	2673.000
ENTRE A-H							
	EJE 1	1350	1	15.11	0.15	2.4	7343.460
	EJE 3	1350	1	14.91	0.15	2.4	7246.260
	ENTRE A-B	1350	1	3	0.15	2.4	1458.000
LOSA ALIGERADA		Kg/m3					
	1-2 - A-B	300	1	2.500	3.580		2685.000
	2-3 - A-B	300	1	2.500	1.100		825.000
	1-2 - B-C	300	1	3.400	3.580		3651.600
	2-3 - B-C	300	1	3.400	3.520		3590.400
	1-2 - C-D	300	1	2.350	1.050		740.250
	2-3 - C-D	300	1	2.350	3.520		2481.600
	1-2 - D-E	300	1	2.580	3.580		2770.920
	2-3 - D-E	300	1	2.580	1.500		1161.000
	1-2 - E-F	300	1	2.290	3.580		2459.460
	2-3 - E-F	300	1	2.290	3.520		2418.240
	1-2 - F-G	300	1	1.730	3.580		1858.020
	2-3 - F-G	300	1	1.730	3.520		1826.880
ACABADO		Kg/m2					
	1-2 - A-B	100	1	2.500	3.580	-	895.000
	2-3 - A-B	100	1	2.500	1.100	-	275.000
	1-2 - B-C	100	1	3.400	3.580	-	1217.200
	2-3 - B-C	100	1	3.400	3.520	-	1196.800
	1-2 - C-D	100	1	2.350	1.050	-	246.750
	2-3 - C-D	100	1	2.350	3.520	-	827.200
	1-2 - D-E	100	1	2.580	3.580	-	923.640
	2-3 - D-E	100	1	2.580	1.500	-	387.000
	1-2 - E-F	100	1	2.290	3.580	-	819.820
	2-3 - E-F	100	1	2.290	3.520	-	806.080
	1-2 - F-G	100	1	1.730	3.580	-	619.340
	2-3 - F-G	100	1	1.730	3.520	-	608.960
TOTAL DE CARGA MUERTA							120783.345
SOBRE CARGA		Kg/m2					
	1-2 - A-B	200	1	2.500	3.580		1790.000
	2-3 - A-B	200	1	2.500	1.100		550.000
	1-2 - B-C	200	1	3.400	3.580		2434.400
	2-3 - B-C	200	1	3.400	3.520		2393.600
	1-2 - C-D	200	1	2.350	1.050		493.500
	2-3 - C-D	200	1	2.350	3.520		1654.400
	1-2 - D-E	200	1	2.580	3.580		1847.280
	2-3 - D-E	200	1	2.580	1.500		774.000
	1-2 - E-F	200	1	2.290	3.580		1639.640
	2-3 - E-F	200	1	2.290	3.520		1612.160
	1-2 - F-G	200	1	1.730	3.580		1238.680
	2-3 - F-G	200	1	1.730	3.520		1217.920
TOTAL DE CARGA VIVA							17645.580

TOTAL DE CARGA	138428.925
-----------------------	------------

PRIMER NIVEL	137685.540	Kg
SEGUNDO NIVEL	138428.925	Kg
TERCER NIVEL	138428.925	Kg
CUARTO NIVEL	138428.925	Kg

PESO DE EDIFICACIÓN	552972.315	Kg	552.97 Tn
AREA TECHADA PRIMER PISO	141.000	M2	
AREA TECHADA SEGUNDO PISO	118.000	M2	
AREA TECHADA TERCER PISO	118.000		
AREA TECHADA CUARTA PISO	118.000		
	495.000	M2	

PESO POR M2 :	1.117	Tn
----------------------	-------	-----------

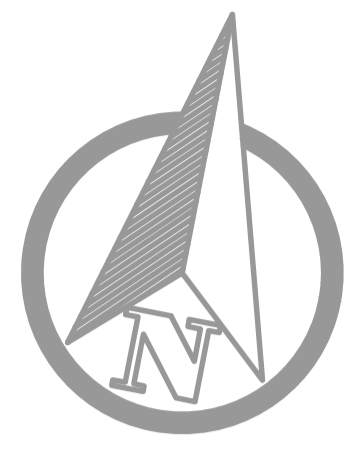
Los valores de 10.79 KN/m² y 21.58 KN/m² fueron empleados para representar el peso de las viviendas de un piso y dos pisos respectivamente en el modelamiento en el software Geo5.

PESO DE VIVIENDAS

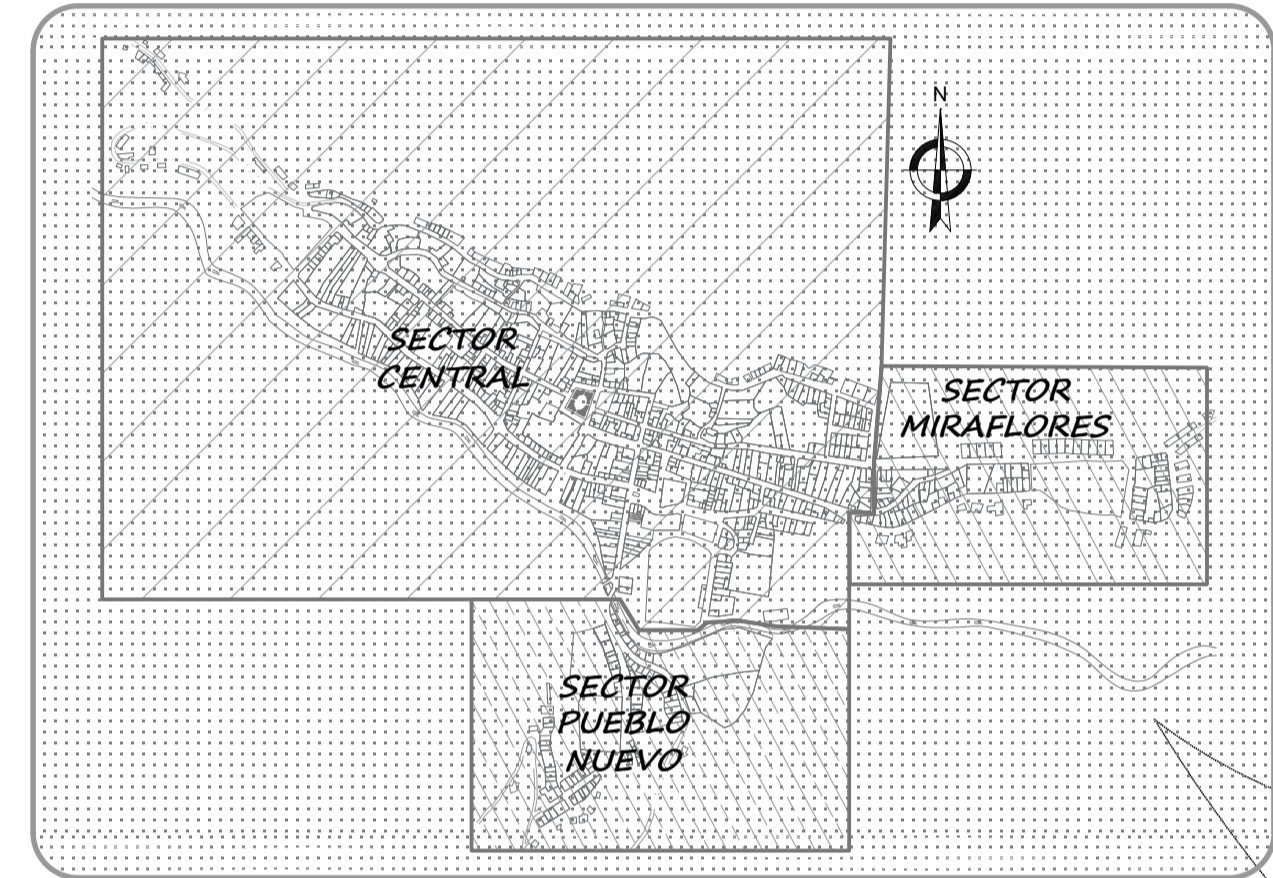
Peso para viviendas de un nivel	1100	KG/m ²	equivalente	10.79	KN/m ²
Peso para viviendas de dos niveles	2200	KG/m ²	equivalente	21.58	KN/m ²

9.6 Planos

- Ubicación y localización (**UB-01**).
- Topográfico, ubicación de calicatas y sev (**TP-01**).
- Perfiles longitudinales, superficies de falla y factores de seguridad (**PL-01**).
- Perfiles longitudinales, superficies de falla y factores de seguridad (**PL-02**).
- Perfiles longitudinales, superficies de falla y factores de seguridad (**PL-03**).

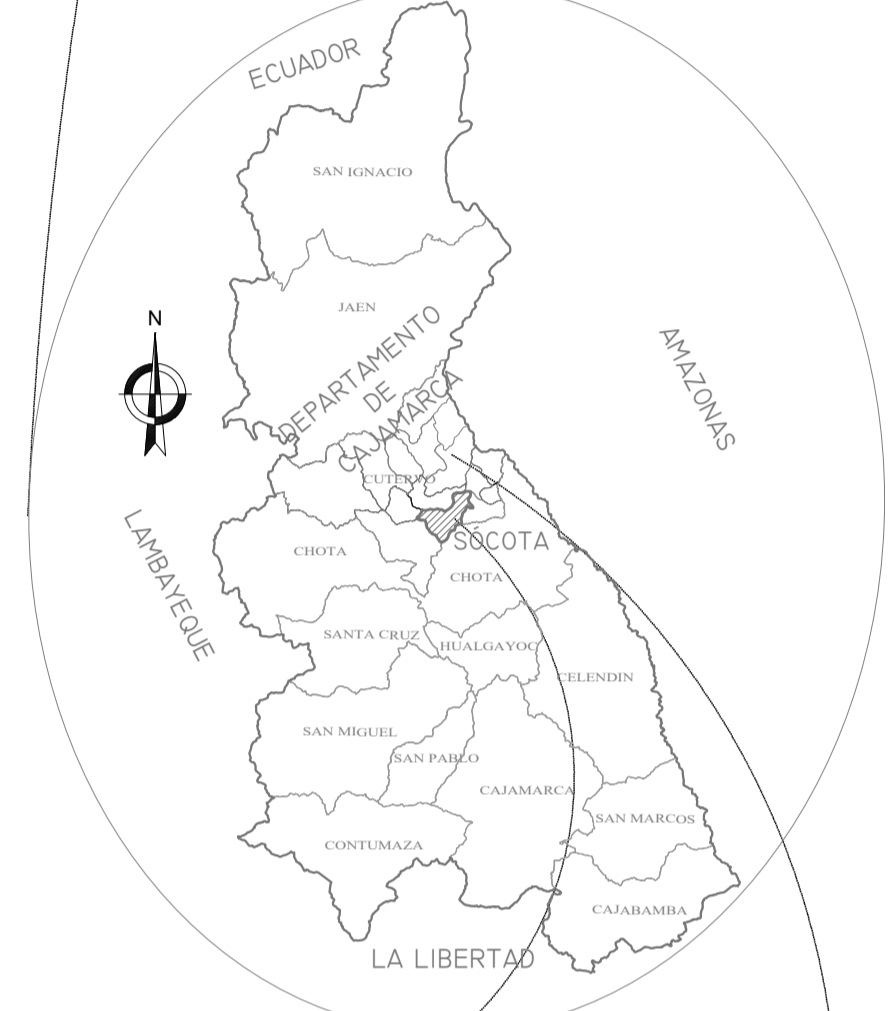
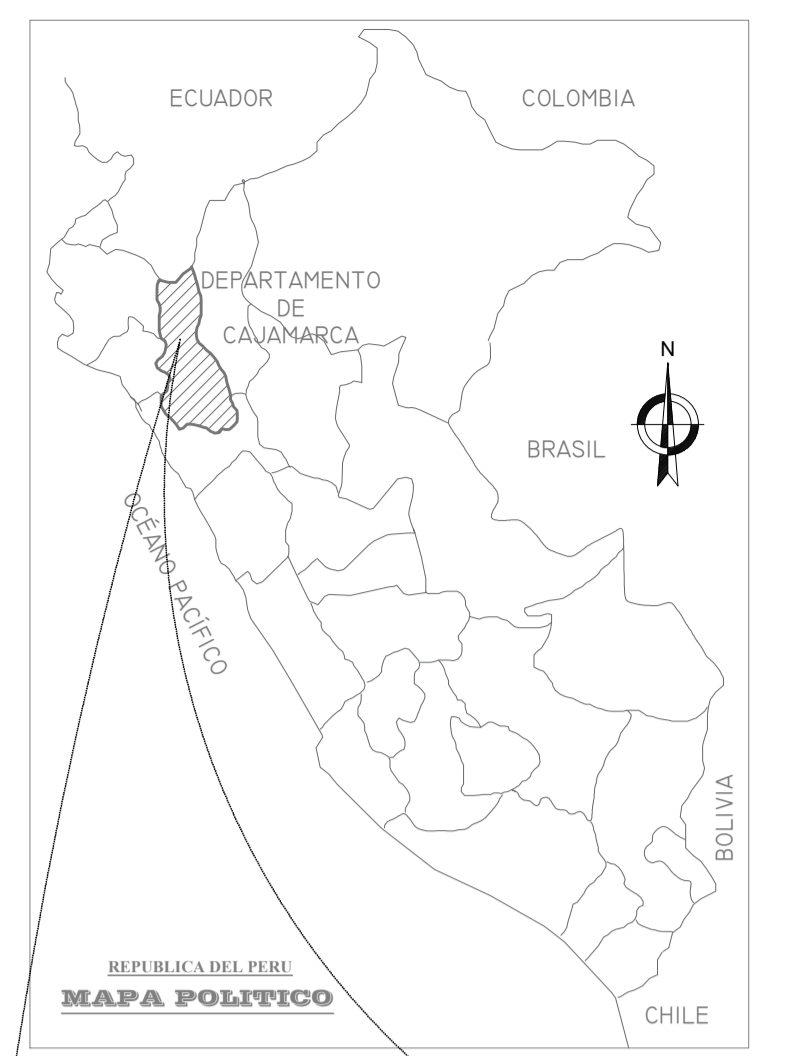


VILLA DE SÚCOTA



LEYENDA

	ÁREA EDUCACIÓN
	ÁREA SALUD
	ÁREA SOCIAL
	PARQUE
	LOTE CONSTRUIDO
	LOTE NO CONSTRUIDO
	MANZANA
	CARRETERA
	RÍO
	ÁREA CRÍTICA(REPTACIÓN)



USAT UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

TESIS :
MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EN LA ZONA URBANA DEL DISTRITO DE SÚCOTA, PROVINCIA DE CUTERVO, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.

PRESIDENTE : ING° MUÑOCHOSO EDGARD RUBÉN
VOCAL : ING° JUSTO PEDRAZA FRANCO
ASESOR : ING° GAMARRA UCEDA HÉCTOR AUGUSTO

PLANO :	DEPARTAMENTO : CAJAMARCA	LÁMINA :
UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN	PROVINCIA : CUTERVO	UB-01
	DISTRITO : SÚCOTA	
FECHA : MAYO, 2018	ESCALA : 1 / 2250	

USAT UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

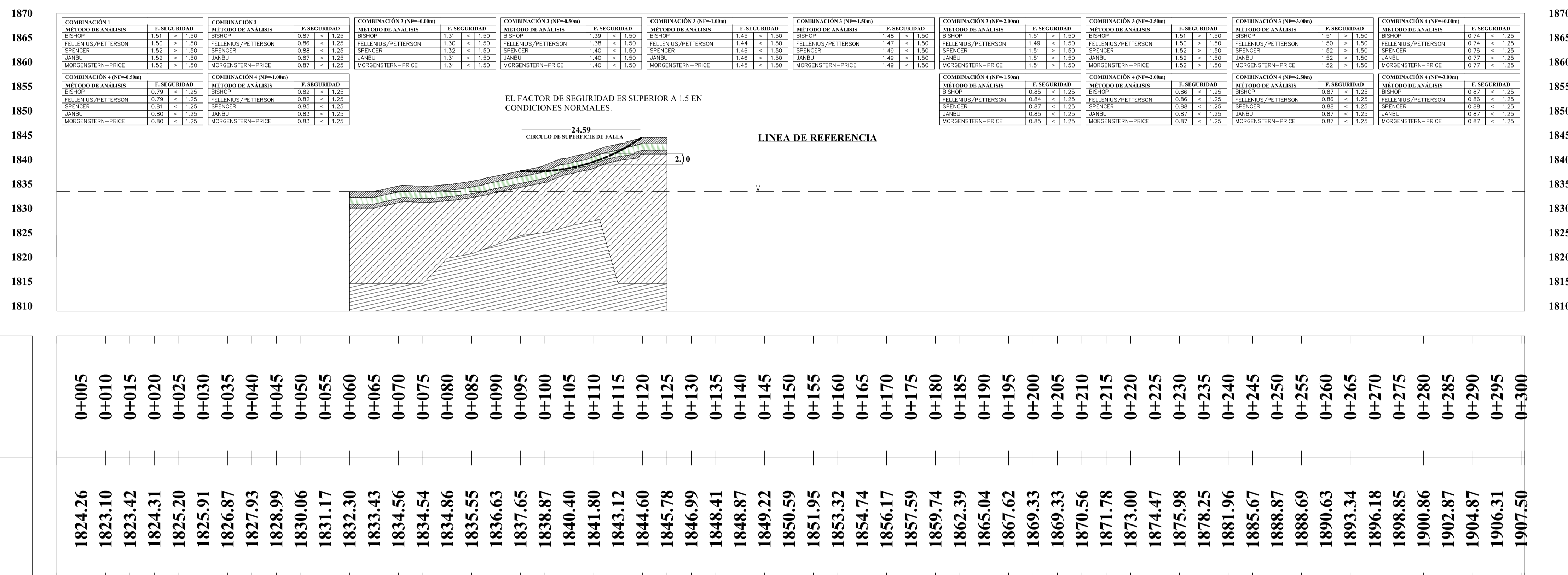
TESIS :
ANÁLISIS DE LA REPTACIÓN DE UNA MASA DE TIERRA DE UN TALUD

MODIFICADO POR : ANDY DELGADO DELGADO

PLANO :	DEPARTAMENTO : CAJAMARCA	LÁMINA :
UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN	PROVINCIA : CUTERVO	UB-01
	DISTRITO : SÚCOTA	
FECHA : MAYO, 2024	ESCALA : 1 / 2250	



PERFIL LONGITUDINAL SECCIÓN A-A



PROGRESIVAS	COTAS SUPERFICIE
0+005	1824.26
0+010	1823.10
0+015	1823.42
0+020	1824.31
0+025	1825.20
0+030	1825.91
0+035	1826.87
0+040	1827.93
0+045	1828.99
0+050	1830.06
0+055	1831.17
0+060	1832.30
0+065	1833.43
0+070	1834.56
0+075	1834.54
0+080	1834.86
0+085	1835.55
0+090	1836.63
0+095	1837.65
0+100	1838.87
0+105	1840.40
0+110	1841.80
0+115	1843.12
0+120	1844.60
0+125	1845.78
0+130	1846.99
0+135	1848.41
0+140	1848.87
0+145	1849.22
0+150	1850.59
0+155	1851.95
0+160	1853.32
0+165	1854.74
0+170	1856.17
0+175	1857.59
0+180	1859.74
0+185	1862.39
0+190	1865.04
0+195	1867.62
0+200	1869.33
0+205	1869.33
0+210	1870.56
0+215	1871.78
0+220	1873.00
0+225	1874.47
0+230	1875.98
0+235	1878.25
0+240	1881.96
0+245	1885.67
0+250	1888.87
0+255	1888.69
0+260	1890.63
0+265	1893.34
0+270	1896.18
0+275	1898.85
0+280	1900.86
0+285	1902.87
0+290	1904.87
0+295	1906.31
0+300	1907.50

9301600.000

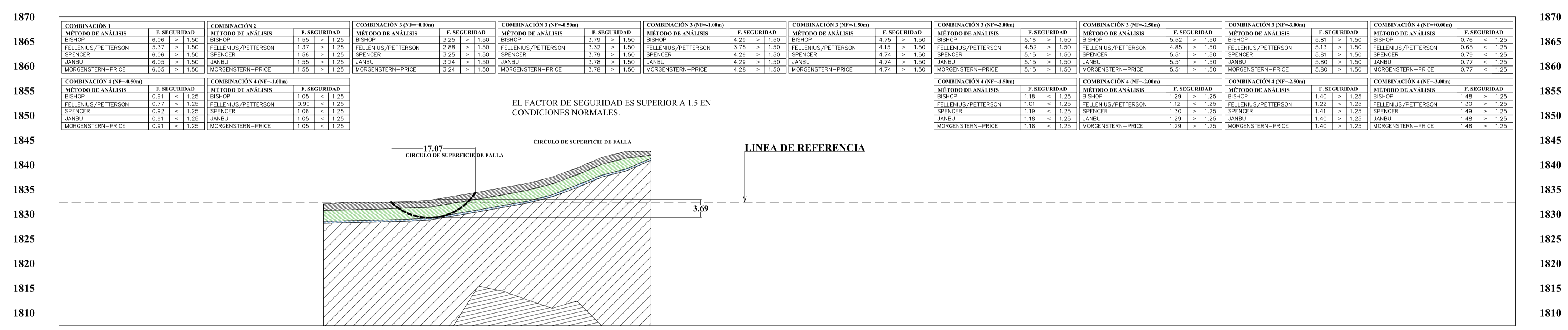
9301500.000

9301400.000

9301300.000

9301200.000

PERFIL LONGITUDINAL SECCIÓN B-B



COMBINACIÓN 1 (NF=0.80m)		COMBINACIÓN 2 (NF=1.00m)		COMBINACIÓN 3 (NF=1.20m)		COMBINACIÓN 4 (NF=1.50m)		COMBINACIÓN 5 (NF=2.00m)		COMBINACIÓN 6 (NF=2.50m)		COMBINACIÓN 7 (NF=3.00m)		COMBINACIÓN 8 (NF=4.00m)	
METODO DE ANALISIS	F. SEGURIDAD	METODO DE ANALISIS	F. SEGURIDAD	METODO DE ANALISIS	F. SEGURIDAD	METODO DE ANALISIS	F. SEGURIDAD	METODO DE ANALISIS	F. SEGURIDAD	METODO DE ANALISIS	F. SEGURIDAD	METODO DE ANALISIS	F. SEGURIDAD	METODO DE ANALISIS	F. SEGURIDAD
BISHOP	6.06 > 1.50	BISHOP	1.55 > 1.25	BISHOP	3.25 > 1.50	BISHOP	3.79 > 1.50	BISHOP	4.29 > 1.50	BISHOP	5.16 > 1.50	BISHOP	5.52 > 1.50	BISHOP	5.81 > 1.50
HELLIENUS/PETTERSON	6.37 > 1.50	HELLIENUS/PETTERSON	1.37 > 1.25	HELLIENUS/PETTERSON	2.88 > 1.50	HELLIENUS/PETTERSON	3.32 > 1.50	HELLIENUS/PETTERSON	3.75 > 1.50	HELLIENUS/PETTERSON	4.52 > 1.50	HELLIENUS/PETTERSON	4.85 > 1.50	HELLIENUS/PETTERSON	5.13 > 1.50
SPENCER	6.98 > 1.50	SPENCER	1.56 > 1.25	SPENCER	3.25 > 1.50	SPENCER	3.79 > 1.50	SPENCER	4.28 > 1.50	SPENCER	5.15 > 1.50	SPENCER	5.51 > 1.50	SPENCER	5.81 > 1.50
JANBU	6.08 > 1.50	JANBU	1.55 > 1.25	JANBU	3.24 > 1.50	JANBU	3.78 > 1.50	JANBU	4.29 > 1.50	JANBU	5.15 > 1.50	JANBU	5.51 > 1.50	JANBU	5.80 > 1.50
MORGENSTERN-PRICE	6.08 > 1.50	MORGENSTERN-PRICE	1.55 > 1.25	MORGENSTERN-PRICE	3.24 > 1.50	MORGENSTERN-PRICE	3.78 > 1.50	MORGENSTERN-PRICE	4.28 > 1.50	MORGENSTERN-PRICE	5.15 > 1.50	MORGENSTERN-PRICE	5.51 > 1.50	MORGENSTERN-PRICE	5.80 > 1.50

PROGRESIVAS	COTAS SUPERFICIE
0+005	1823.92
0+010	1822.60
0+015	1822.81
0+020	1823.68
0+025	1824.59
0+030	1825.18
0+035	1825.60
0+040	1826.28
0+045	1827.44
0+050	1828.63
0+055	1829.82
0+060	1831.03
0+065	1832.41
0+070	1832.53
0+075	1832.80
0+080	1833.63
0+085	1834.47
0+090	1835.37
0+095	1836.24
0+100	1837.52
0+105	1839.36
0+110	1841.48
0+115	1843.76
0+120	1845.65
0+125	1846.92
0+130	1848.15
0+135	1848.54
0+140	1848.79
0+145	1850.26
0+150	1851.73
0+155	1853.21
0+160	1854.65
0+165	1855.95
0+170	1857.25
0+175	1858.55
0+180	1860.53
0+185	1864.43
0+190	1865.92
0+195	1865.96
0+200	1867.13
0+205	1868.33
0+210	1869.78
0+215	1871.73
0+220	1873.55
0+225	1875.55
0+230	1878.28
0+235	1881.99
0+240	1884.37
0+245	1886.75
0+250	1887.89
0+255	1888.66
0+260	1890.77
0+265	1892.78
0+270	1894.79
0+275	1896.79
0+280	1898.80
0+285	1900.29
0+290	1901.10
0+295	1902.64

9301600.000
 9301500.000
 9301400.000
 9301300.000
 9301200.000

PROYECTO:

**"ANÁLISIS DE LA REPTANCIA
 DE UNA MASA DE TIERRA DE
 UN TALUD "**

JURADOS/ASESOR:

Ing°. Segundo Guillermo Carranza Cieza

Ing°. Cesar Eduardo Cachay Lazo

Ing°. Lucas Ludeña Gutierrez

ORIENTACIÓN:



PLANO:

**PERFILES
 LONGITUDINALES
 SUPERFICIES DE FALLA Y
 FACTORES DE SEGURIDAD**

TESISTA:

**ANDY DELGADO
 DELGADO**

ESCALA:

1:850

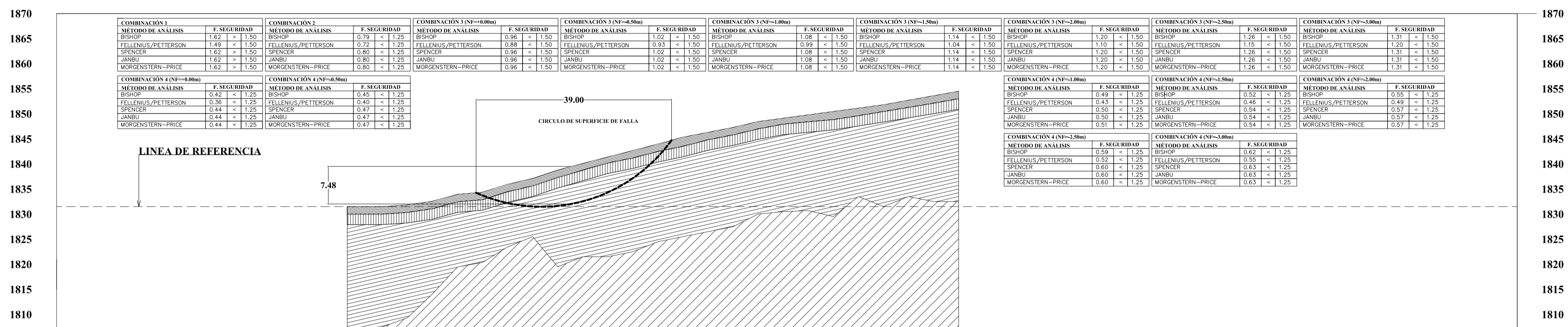
FECHA:

MAYO 2024

LÁMINA:

PL - 03

PERFIL LONGITUDINAL SECCIÓN C-C



PROGRESIVAS
COTAS SUPERFICIE

0+005	1819.86	0+010	1821.07	0+015	1822.28	0+020	1823.43	0+025	1824.55	0+030	1825.62	0+035	1826.38	0+040	1827.26	0+045	1829.00	0+050	1829.91	0+055	1830.32	0+060	1830.68	0+065	1831.53	0+070	1832.60	0+075	1833.96	0+080	1835.28	0+085	1836.59	0+090	1837.91	0+095	1839.19	0+100	1840.51	0+105	1841.90	0+110	1843.53	0+115	1844.93	0+120	1846.00	0+125	1847.24	0+130	1848.44	0+135	1848.32	0+140	1848.59	0+145	1849.41	0+150	1850.24	0+155	1851.06	0+160	1851.93	0+165	1853.26	0+170	1855.69	0+175	1858.42	0+180	1859.80	0+185	1862.70	0+190	1866.53	0+195	1864.55	0+200	1868.79	0+205	1870.10	0+210	1872.22	0+215	1874.81	0+220	1876.64	0+225	1878.37	0+230	1880.22	0+235	1882.16	0+240	1885.07	0+245	1887.35	0+250	1887.39	0+255	1887.44	0+260	1889.47	0+265	1891.50	0+270	1893.52	0+275	1895.55	0+280	1896.62	0+285	1897.46	0+290	1899.02
-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	---------

9301600.000
9301500.000
9301400.000
9301300.000
9301200.000