

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica- Geotecnia

**“ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA
VOLCÁNICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE
PIEDRA BLANCA - TACNA”**

TESIS

Presentada por:

Bach. Wilmer Kenny Perca Laura

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO- GEOTÉCNICO

TACNA – PERÚ

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
Faculta de Ingenieria Civil, Arquitectura y Geotecnia
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica-Geotecnia

HOJA DE JURADO

TESIS

"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA
VOLCÁNICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA
BLANCA - TACNA"

Presentado por el bachiller Wilmer Kenny Perca Laura
Para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo-Geotécnico

Tesis sustentada y aprobada el 29 de junio del 2023 (RF N°370-23-FIAG/UNJBG)
con el siguiente jurado:

Presidente


MSc. Ing. CONRADO GABINO BEDOYA JAÉN

Miembro – Secretario


M.Sc. Ing. CESAR ROMEROS OSCAMAYTA

Miembro


M Ing. PIO ANGEL COILA VALDEZ

Asesor de Tesis


Ing. HISMAEL TIBURCIO RODRÍGUEZ ILLACHURA

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Hismael Tiburcio Rodríguez Illachura en mi condición de asesor acreditado por la Resolución de Facultad N° 132-2020-FIAG/UNJBG (y ampliación de plazo Resolución de Facultad N°049-2022-FIAG/UNJBG) de la tesis titulado "ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA – TACNA", Presentado por el Bachiller WILMER KENNY PERCA LAURA para optar el título de Ingeniero Geólogo – Geotécnico.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual Antiplagio TURNITIN, cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 5 % Por lo que CERTIFICO LA SIMILARIDAD de la tesis "ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA – TACNA" está de acuerdo al nivel PERMITIDO, para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio Institucional.

Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para su obtención del título profesional.



()

Docente Asesor de Tesis
Hismael Tiburcio Rodríguez Illachura
DNI N° 800277634

DEDICATORIA

A Dios y mi abuelita Celsa por bendecirme y guiarme en todo momento, por permitirme concluir esta etapa de mi vida.

A mis padres Sabino y María, por el apoyo incondicional para cumplir mis metas.

A mis hijos, André y Ariana que son mi inspiración para cumplir este logro.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por los consejos recibidos en el proceso de elaboración de la presente tesis.

A mi familia y amigos, por la inspiración para concretar una etapa y ser un mejor profesional.

CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
CONTENIDO.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ANEXOS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
ASPECTOS GENERALES.....	2
1.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	2
1.1.1. Ubicación y extensión del área de investigación.....	2
1.1.2. Accesibilidad del área de estudio.....	4
CAPÍTULO II.....	5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:.....	5

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:	6
2.2.1. Problema general:	6
2.2.2. Problema específico:	7
2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN:	7
2.3.1. Hipótesis General:	7
2.3.2. Hipótesis específicas:	7
2.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:	8
2.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:	9
2.5.1. Objetivo general:	9
2.5.2. Objetivos específicos:	9
2.6. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN:.....	9
2.7. VARIABLES DE ESTUDIO:	10
2.7.1. Identificación de variables:.....	10
CAPÍTULO III	11
MARCO TEÓRICO.....	11
3.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN:	11
3.2. ESTABILIDAD DE TALUDES:.....	13
3.2.1. Definición.....	13

3.2.2. Factores que inciden en la estabilidad de taludes.....	14
3.2.3. Métodos para evaluar la estabilidad de taludes	15
3.2.4. Factor de seguridad de un talud	17
3.3. SUELOS DE ORIGEN VOLCÁNICO.....	19
3.4. PROGRAMA COMPUTACIONAL SLIDE V.6.0.....	20
CAPÍTULO IV.....	22
METODOLOGÍA	22
4.1. CARACTERIZACIÓN DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:	22
4.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO	23
4.2.1. Población de estudio	23
4.2.2. Muestra de estudio	23
4.3. PROCESOS DE DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN:.....	23
4.3.1. Etapa preliminar	23
4.3.2. Etapa de campo	24
4.3.3. Etapa de gabinete	24
CAPÍTULO V.....	25
ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO.....	25
5.1. GENERALIDADES.....	25

5.2. ANTECEDENTES DEL ÁREA DE ESTUDIO	25
5.3. GEOMORFOLOGÍA.....	26
5.3.1. Geomorfología regional	26
5.3.2. Geomorfología local.....	27
5.4. GEOLOGÍA.....	27
5.4.1. Geología regional	27
5.4.2. Geología local.....	28
5.5. GEOTÉCNIA.....	29
5.5.1. Investigaciones geotécnicas	29
5.5.2. Trabajo de campo.....	29
5.5.3. Perfil estratigráfico	33
5.5.4. Trabajo de laboratorio.....	38
5.6. SISMICIDAD	48
5.7. DETERMINACIÓN DE SECCIONES GEOMÉTRICAS	49
5.7.1. Información técnica utilizada.....	50
5.7.2. Secciones evaluadas.....	50
CAPÍTULO VI.....	53
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	53

6.1. ANÁLISIS GEOTÉCNICO	53
6.2. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	54
CAPÍTULO VII.....	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
7.1. CONCLUSIONES	60
7.2. RECOMENDACIONES	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	4
TABLA 2 COEFICIENTES DE SEGURIDAD	18
TABLA 3 UBICACIÓN DE CALICATAS	31
TABLA 4 DENSIDAD NATURAL	32
TABLA 5 ENSAYOS ESTÁNDAR	38
TABLA 6 ENSAYOS ESPECIALES	39
TABLA 7 CONTENIDO DE HUMEDAD DE SUELOS	40
TABLA 8 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO	41
TABLA 9 LÍMITE DE CONSISTENCIA	42
TABLA 10 CLASIFICACIÓN DE SUELOS	43
TABLA 11 COMPACTACIÓN DE SUELO UTILIZANDO ENERGÍA MODIFICADA	44
TABLA 12 PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE GRUESOS	44
TABLA 13 DENSIDAD SECA MÍNIMA DE SUELOS	45
TABLA 14 GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SUELO	46
TABLA 15 VALOR EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS	47
TABLA 16 RESULTADOS DEL ENSAYO DE CORTE DIRECTO	48
TABLA 17 PARÁMETROS DEL SUELO	53
TABLA 18 INFORMACIÓN PARA EL PROYECTO EN EL PROGRAMA SLIDE 6.0	54
TABLA 19 FACTOR DE SEGURIDAD CALCULADO	58

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. <i>ESQUEMA DE MACRO LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.</i>	2
FIGURA 2. <i>ESQUEMA DE MICRO LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO</i>	3
FIGURA 3. <i>VISTAS DEL TALUD NATURAL EXISTENTE DE LA ZONA DE ESTUDIO</i>	30
FIGURA 4. <i>VISTAS DEL TALUD MODIFICADO EXISTENTE DE LA ZONA DE ESTUDIO.</i>	30
FIGURA 5. <i>PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO DE LA CALICATA C-01.</i>	33
FIGURA 6. <i>PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO DE LA CALICATA C-02.</i>	35
FIGURA 7. <i>PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO DE LA CALICATA C-03.</i>	36
FIGURA 8. <i>PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO DE LA CALICATA C-04.</i>	37
FIGURA 9. <i>PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO DE LA CALICATA C-05.</i>	38
FIGURA 10. <i>SECCIÓN GEOMÉTRICA SG-01</i>	50
FIGURA 11. <i>SECCIÓN GEOMÉTRICA SG-02</i>	52
FIGURA 12. <i>SECCIÓN GEOMÉTRICA SG-01, EN CONDICIONES SEUDOESTÁTICAS (SLIDE)</i>	56
FIGURA 13. <i>SECCIÓN GEOMÉTRICA SG-02, EN CONDICIONES ESTÁTICAS (SLIDE)</i>	56
FIGURA 14. <i>SECCIÓN GEOMÉTRICA SG-02, EN CONDICIONES SEUDOESTÁTICAS (SLIDE)</i>	57

ANEXOS

ANEXO 1: ENSAYOS CAMPO Y LABORATORIO

- ANEXO 1.1.- Registro de calicatas
- ANEXO 1.2.- Ensayos de Laboratorio.

ANEXO 2: REPORTES DEL PROGRAMA SLIDE

- ANEXO 2.1.- SLIDE Analysis Información (sección geométrica SG-01)
- ANEXO 2.1.- SLIDE Analysis Información (sección geométrica SG-02)

ANEXO 3: PANEL FOTOGRÁFICO

- ANEXO 3.1.- Fotografías de la zona de estudio
- ANEXO 3.2.- Fotografías de labores en campo y laboratorio

ANEXO 4: PLANOS

- ANEXO 4.1.- Plano de ubicación y localización de la zona de estudio U-01
- ANEXO 4.2.- Plano de ubicación de calicatas UC-01
- ANEXO 4.3.- Plano topográfico del área de estudio T-01
- ANEXO 4.4.- Plano de ubicación de secciones del área de estudio PS-01
- ANEXO 4.5.- Plano del perfil longitudinal y secciones transversales PS-02
- ANEXO 4.6.- Plano geológico local GE-1
- ANEXO 4.7.- Plano geomorfológico local GM-1

RESUMEN

La presente tesis estudia la estabilidad de taludes en material de ceniza volcánica según los lineamientos de la Norma técnica peruana CE.020 Estabilización de suelos y taludes, para garantizar y salvaguardar las vidas de las personas que habitan en las laderas y pie de ellas, la evaluación y análisis se realiza en una zona específica del distrito de Calana de la provincia de Tacna.

En la presente tesis de investigación se ha determinado que el material de ceniza volcánica con el sistema clasificación SUCS corresponde a una arena limosa (SM) en la zona de estudio, presentan las siguientes condiciones de estabilidad: en la sección geométrica SG-01 los factores de seguridad en condición estática y pseudoestática son 2,105 y 1,278 respectivamente, cumple en condición estática y pseudoestática; en la sección geométrica SG-02 los factores de seguridad en condición estática y pseudoestática son 1.245 y 0,816 respectivamente, no cumpliendo con los mínimos requeridos de acuerdo a la Norma técnica peruana CE.020 Estabilización de suelos y taludes.

Palabras claves: Ceniza volcánica, equilibrio límite y factor de seguridad.

ABSTRACT

This thesis studies the stability of slopes in volcanic ash material according to the guidelines of the Peruvian Technical Standard CE.020 Stabilization of soils and slopes, to guarantee and safeguard the lives of the people who live on the slopes and at the foot of them, the evaluation and analysis is carried out in a specific area of the district of Calana in the province of Tacna.

In this research thesis, it has been determined that the volcanic ash material with the SUCS classification system corresponds to a silty sand (SM) in the study area, presenting the following stability conditions: In the geometric section SG-01 the factors security in static and pseudostatic condition are 2,105 and 1,278 respectively, it complies in static condition and not in pseudostatic condition; In the geometric section SG-02, the safety factors in static and pseudostatic conditions are 1,245 and 0,816 respectively, not complying with the minimum required according to the Peruvian Technical Standard CE.020 Stabilization of soils and slopes.

Keywords: Volcanic ash, limit equilibrium and safety factor.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la Asociación Pecuaria Hijos de Piedra Blanca, está conformado por suelos provenientes de ceniza volcánica, el talud natural de la zona presenta una inclinación variable de 24 a 38 grados y tiene una altura promedio de 21 metros, en donde se evidenció modificaciones recientes en ciertos tramos al pie del talud por excavaciones realizadas.

El análisis de estabilidad de talud se utiliza en muchas situaciones donde hay cambios repentinos en la pendiente del suelo o cuando las condiciones impiden que el terreno mantenga su pendiente natural.

Asimismo, el presente trabajo tiene como objetivo analizar la estabilidad del talud conformado por material de ceniza volcánica, recopilando información necesaria para la evaluación como son los parámetros de suelos y la geometría del talud para evaluar si el factor de seguridad es permisible.

Es por ello, en la presente investigación, se analizará la condición de estabilidad de taludes en material de ceniza volcánica con sección geométrica natural y modificada existente, producto de la excavación en el pie del talud, para garantizar y salvaguardar las vidas de las personas que habitan al pie de ellas.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

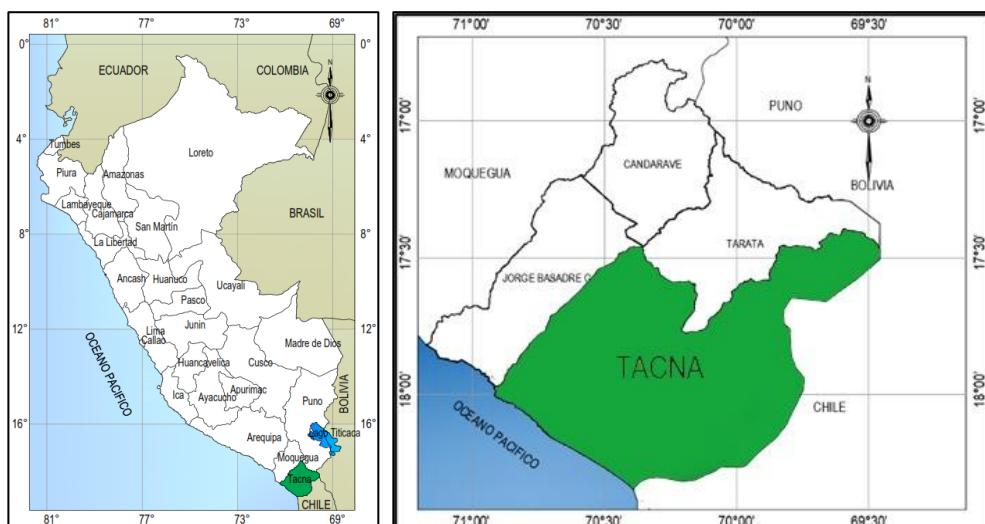
1.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

1.1.1. Ubicación y extensión del área de investigación

El área de estudio está ubicada en la zona de las laderas que colindan con la Av. Los ángeles en la Asociación Pecuaria Hijos de Piedra Blanca del distrito de Calana en la Provincia de Tacna (ver figura 1 y tabla 1).

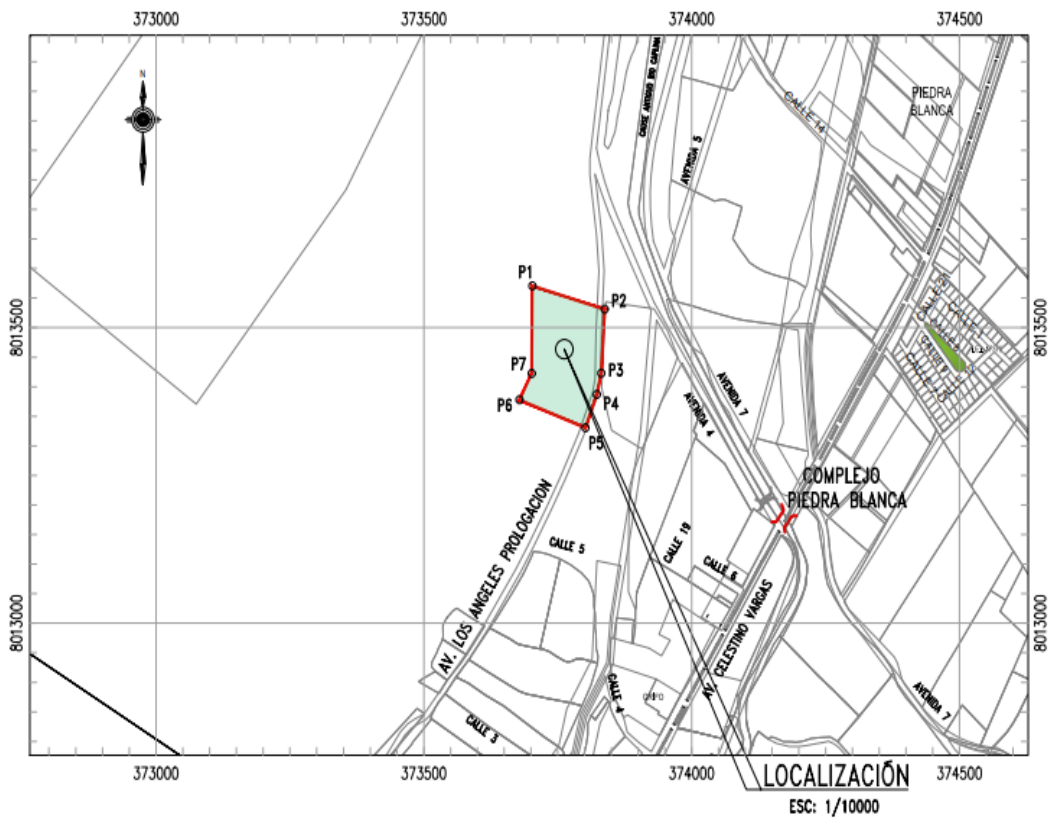
Figura 1.

Esquema de Macro localización del área de estudio.



NOTA: Ubicación Departamental (izquierda), Ubicación Provincial (derecha).
Elaboración propia, 2022.

Figura 2
Esquema de Micro Localización del área de estudio



NOTA: Delimitación del área de estudio en específico. Elaboración propia, 2022.

La zona de estudio comprende un área de 2.64839 ha (26,483.93 m²) con un perímetro de 676.94 ml. Se evaluó el talud presente en esta área para los fines de la investigación.

Tabla 1
Ubicación del área de estudio

Datos	Descripción
Región	Tacna
Provincia	Tacna
Distrito	Calana
Área de estudio	Asoc. Pecuaria Hijos de Piedra Blanca
Referencia	Av. Los Ángeles

NOTA: Elaboración propia, 2022.

1.1.2. Accesibilidad del área de estudio

El proyecto tiene diversos accesos, pero se hace referencia al más transitado:

- Av. Bolognesi, el viaje inicia desde la sede de la U.N.J.B.G., se inició con dirección a la Av. Celestino Vargas hasta el ovalo Gregorio Albarracín, una vez ahí, se continuo por la Av. Jorge Basadre Grohmann, luego por la Av. Los Ángeles, lograremos apreciar la Asoc. Pecuaria Hijos de Piedra Blanca en dónde se ubica el área de estudio.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:

A nivel mundial, cualquier zona o terreno que no sea horizontal, presentará fuerzas que busque el ángulo de reposo, siendo estas fuerzas de gravedad, filtración, entre otras que pueden ser de gran importancia y cuando estas fuerzas predominen en ese terreno, ocurre la inestabilidad del talud.

La zona de estudio es en la asociación pecuaria hijos de piedra blanca, en donde existen taludes conformados por material de ceniza volcánica, que actualmente han sido modificados por los propietarios de los predios

existentes al pie del talud natural, con la finalidad de ampliar el área de construcción

El problema fundamental es que se ha iniciado con la construcción de algunos predios al pie del talud, de acuerdo con la visita de campo se observa un talud natural en la zona que presenta una inclinación de 24° grados con una altura promedio de 21 metros. Además, se observa un talud modificado que presenta una inclinación promedio de 38° grados El talud modificado es susceptible a sufrir deslizamiento debido a los cortes que modifican la sección geométrica natural con la finalidad de ampliar el área de construcción de los predios al pie del talud.

Es importante la evaluación de la condición de estabilidad del talud de esta zona, porque se considera una zona de peligro, por las modificaciones del talud natural sin sustento técnico.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

2.2.1. Problema general:

PG: ¿Cuál es el resultado del análisis de estabilidad de talud existente en material de ceniza volcánica de la Asociación Pecuaria Hijos de Piedra Blanca - Tacna?

2.2.2. Problema específico:

P1: ¿Cuáles son las características físicas y mecánicas que presenta el material de ceniza volcánica de la Asociación Pecuaria Hijos de Piedra Blanca?

P2: ¿Cuál es el factor de seguridad estático y pseudo estático del talud existente en material de ceniza volcánica de la Asociación Pecuaria Hijos de Piedra Blanca?

2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN:

2.3.1. Hipótesis General:

HG: Existirá estabilidad del talud en material de ceniza volcánica de la Asociación Pecuaria Hijos de Piedra Blanca.

2.3.2. Hipótesis específicas:

H1: Realizando los ensayos como la humedad, granulometría, límites de consistencia, peso específico y los parámetros de resistencia, se determinará las características físicas y mecánicas que presenta el material de ceniza volcánica de la Asociación Pecuaria Hijos de Piedra Blanca

H2: Realizando los cálculos de los factores de seguridad de las secciones geométricas del talud se demostrará si los valores son admisibles con las especificaciones indicadas en la norma CE.020.

2.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:

Es importante evaluar el análisis de estabilidad del talud conformado por depósitos de cenizas volcánicas, considerando los cambios realizados a la sección geométrica del talud natural, producto de las excavaciones y cortes del talud realizado por los propietarios, esto con la finalidad de expandir sus áreas de construcción.

Al realizar los análisis de estabilidad de talud considerando el material que lo conforma (ceniza volcánica), con la sección natural y la sección modificada existente, se obtendrán factores de seguridad para determinar la condición de estabilidad de las secciones geométricas en evaluación.

La finalidad es garantizar la seguridad y las vidas de las personas que habitan en la Asociación Pecuaria Hijos de Piedra Blanca.

Este análisis para determinar la estabilidad de las secciones del talud genera un gran impacto social considerable que en la zona de estudio se ha verificado cambios en la sección natural del talud realizado por los pobladores sin ningún sustento técnico. De esta manera, podríamos

determinar la justificación en cuanto a la estabilización a largo plazo de este mismo como interés principal la población del área de estudio.

2.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:

2.5.1. Objetivo general:

Analizar la estabilidad de talud conformado por material de ceniza volcánica en la Asociación Pecuaria Hijos de Piedra Blanca - Tacna.

2.5.2. Objetivos específicos:

- Determinar las características físicas y mecánicas de la ceniza volcánica, en laboratorio y en campo.
- Calcular los factores de seguridad mediante equilibrio límite en condiciones estáticas y pseudo estático.

2.6. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN:

La presente tesis se enmarca dentro de los estudios topográficos y geotécnicos en la Asociación Pecuaria Hijos de Piedra Blanca. Para el caso de los estudios topográficos será necesario contar con planos en planta y perfil con las respectivas curvas de nivel. Para los estudios geotécnicos se contará con parámetros de resistencia al esfuerzo cortante de los suelos y el perfil estratigráfico del área de estudio.

La limitación de la presente investigación, fue el acceso a algunos predios por falta de autorización de los propietarios.

2.7. VARIABLES DE ESTUDIO:

2.7.1. Identificación de variables:

2.7.1.1. Variable independiente

- X1: Material de ceniza volcánica de la Asociación Pecuaria Hijos de Piedra Blanca - Tacna

2.7.1.2. Variable dependiente

- Y1: Análisis de Estabilidad de Talud

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN:

Toro (2014), en su tesis “Evaluación de la inestabilidad de taludes en la carretera Las Pirias- Cruce Lambayeque, San Ignacio.”, para obtener el título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Cajamarca, 147 pp.

Tiene como objetivo general evaluar la inestabilidad de talud que presente la carretera Las Pirias- Cruce Lambayeque, San Ignacio. Teniendo como resultados del sector de estudio, en la progresiva 14+090, un ángulo de fricción de 13.55° , una cohesión de 0.27 kg/cm^2 , una pendiente de talud de 62.80° y en la progresiva 15+280, se obtuvo un ángulo de fricción de 11.86° , una cohesión de 0.29 kg/cm^2 y un talud con pendiente de 72.25° . Trabajo de investigación que llegó a la conclusión que se identificaron 8 taludes inestables, las cuales se tomaron 2 para su evaluación con parámetros de resistencia mediante ensayo de corte directo, además concluye que los factores principales que causan la inestabilidad de taludes son los parámetros de resistencia y la pendiente del talud, determinado en promedio para aquellos que presenten ángulos de fricción de 12.71° y una cohesión a 27.46 KPa .

Este antecedente, es de gran importancia, puesto que es una tesis que evalúa los taludes presentes de su zona de estudio, determinando así los taludes más críticos y los factores influyentes más relevantes (parámetros de resistencia y la pendiente del talud). De esta manera, se tendrá cuidado en el desarrollo de los ensayos para determinar los parámetros de resistencia y la selección de las secciones geométricas para llevar a cabo mi investigación.

Mendoza (2017), en su tesis “Análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la Mina Antapaccay”, para obtener el título de Ingeniero Civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú, 78 pp.

Tiene como objetivo general determinar los parámetros de diseño de taludes de suelos de más de 100 metros de altura mediante un equilibrio de condiciones estáticas y pseudoestáticas. Teniendo como resultados los parámetros geotécnicos iniciales de $c(\text{kg/cm}^2)$ de 0153, una ϕ de 28° , parámetros de diseño de taludes, un ancho de banco de 4.2 m, un ángulo de interrampa de 32° y un ángulo de talud de 37° . Llegando a la conclusión después del análisis en condiciones estáticas y pseudoestáticas, tres variaciones de la misma sección inicial, la primera de 15 metros de altura de banco y 4.2 metros de ancho de banco, la segunda con la misma sección, pero con una plataforma intermedia de 20 metros de longitud,

mientras la tercera sección de igual forma es similar, pero con una altura de banco de 10 cm.

Esta tesis tiene gran importancia puesto que analiza la estabilidad de suelos que corresponde al frente de un talud de residuos mineros con altura considerable en una mina, en este caso mina Antapaccay. Además, de entender los factores que influyen en esta evaluación.

3.2. ESTABILIDAD DE TALUDES:

3.2.1. Definición

Como talud denominamos a la superficie inclinada, con respecto a la horizontal, que adoptan permanentemente o provisionalmente las estructuras de tierra. Estos pueden ser artificiales, cuando están contruidos por el hombre en sus obras de ingeniería (terraplén o desmonte), o naturales (laderas). Asimismo, pueden ser de suelos, rocas o mixtos, variando a su vez la metodología de estudio (Valiente, Sobrecases y Díaz, 2015).

Los taludes son denominados a toda superficie inclinada, de un macizo rocoso o suelo que éste forme un ángulo con la horizontal (Gerscovich, 2013).

3.2.2. Factores que inciden en la estabilidad de taludes.

a) Erosión

La erosión del suelo, es el cambio de la forma original de la superficie por acción del viento o el agua en temporadas de invierno, se produce con mayor énfasis la presencia de la humedad, los fuertes vientos que generan el desgaste de la pendiente constituye una característica principal de la remoción del material superficial cambiando la forma original de la pendiente.

b) Humedad

Se denomina humedad, al agua que se impregna en un cuerpo para la presente investigación constituye la cantidad de agua que el suelo contiene, siendo ésta una causa particular, ya que la precipitación genera modificaciones en la estructura del suelo, haciendo que la lluvia sature el suelo, debido a ello se origina la pérdida de consistencia de la matriz y rigidez.

c) Excavaciones

Toda excavación para obras para los residentes es una acción para aumentar la inestabilidad del suelo, es decir, el suelo es inestable, porque

durante la excavación cambia la estructura de la pendiente, lo que conduce a la deformación.

3.2.3. Métodos para evaluar la estabilidad de taludes

Existen diversos métodos para analizar la estabilidad del talud, esto dependerá de la geometría del talud, de las condiciones geotécnicas e hidráulicas y del análisis riguroso a realizar. Los métodos para evaluar la estabilidad de taludes se caracterizan por la superficie de falla presente que puede ser rectas en el caso de taludes infinitos, cuñas con tramos rectos, espiral logarítmica, circulares o de cualquier forma. A continuación, se presenta una lista de los métodos más usados en el análisis de la estabilidad de taludes: (Escobar, Carlos y Duque, 2017).

- Talud infinito. Superficie de falla recta, equilibrio de fuerzas, bloque delgado con presencia de nivel freático.
- Bloque o cuñas. Superficie de cuñas con tramos rectos, equilibrio de fuerzas, cuñas simples en algunos casos dobles o triples.
- Espiral logarítmica. La superficie de falla es una espiral logarítmica, presenta equilibrio de fuerzas y momentos.
- Arco circular. Superficie de falla circular, equilibrio de momentos y el círculo de falla es evaluado como un solo bloque.

- Ordinario de Fellenius. Superficie de falla circular, equilibrio de fuerzas, no considera las fuerzas entre dovelas.
- Bishop simplificado. Superficie de falla circular equilibrio de momentos, considera que todas las fuerzas cortantes entre dovelas son nulas.
- Janbu simplificado. Cualquier superficie de falla, equilibrio de fuerzas, asume que no hay fuerzas cortantes entre dovelas.
- Sueco modificado. Cualquier superficie de falla, equilibrio de fuerzas, considera que las fuerzas presentes entre dovelas tienen la misma dirección.
- Lowe y Karanfiath. Cualquier superficie de falla, equilibrio de fuerzas, considera que las fuerzas entre dovelas están inclinadas en un ángulo.
- Spencer. Cualquier superficie de falla, con equilibrio de momentos y fuerzas, donde la inclinación de las fuerzas laterales son las mismas.

En general, “los métodos basados en el círculo de rozamiento y distribución de tensiones efectivas normales a la superficie de rotura concentradas en un punto, dan valores por el lado de la seguridad. Son solo utilizables a nivel de anteproyecto cuando el suelo es homogéneo. Los

métodos “exactos” (Morgenstern y Price, Bishop, Janbu) son recomendables si se poseen herramientas informáticas adecuadas. El método de Bishop simplificado proporciona resultados con errores menores del 7%, es fácilmente introducible en ordenadores sencillos y se adapta bien a geometrías no convencionales y a suelos heterogéneos. Para suelos homogéneos y geometrías sencillas se recomienda el uso de ábacos. El análisis de estabilidad de macizos rocosos frente a roturas planas o en cuña requiere el uso de programas, aunque son fácilmente desarrollables por el propio usuario. Algunos métodos de equilibrio límite especialmente sencillos (talud indefinido; superficies complejas representadas por dos bloques, etc.) pueden ser muy útiles para efectuar estimaciones rápidas de la seguridad sin necesidad de acudir a programas de cálculo ni a gráficos de estabilidad” (Pérez de Ágreda, 2005).

Entre otros no mencionados se tienen al método de Sarma, método de los elementos finitos y métodos variacionales y se evalúan mediante la aplicación de softwares especializados como Slide de la línea Rocscience.

3.2.4. Factor de seguridad de un talud

“Actualmente, existen varias normativas nacionales e internacionales ampliamente aceptadas en Perú, en las que se regula los factores de seguridad a emplear. La elección de dicho coeficiente debe realizarse

considerando la temporalidad de la obra (provisional o definitiva) y la situación de cálculo (estática o sísmica). En la siguiente tabla puede consultarse una recopilación de los factores según las diferentes normativas” (Valiente, Sobrecases y Díaz, 2015).

Coeficientes de seguridad a emplear en el análisis de estabilidad de taludes

Tabla 2
Coeficientes de seguridad

NORMATIVA	TALUD TEMPORAL		TALUD PERMANENTE	
	ESTÁTICA	SÍSMICA	ESTÁTICA	SÍSMICA
AASHTO LRFD	1.33-1.53	1.1	1.33-1.53	1.1
NAVFAC-DM7	1.3-1.25	1.2-1.15	1.5	1.2-1.15
FHWA-NHI-11-032	-	1.1	-	1.1
CE.020	-	-	1.5	1.25

Nota: Recopilación de los factores según las diferentes normativas (Valiente, Sobrecases y Díaz, 2015).

El análisis de la estabilidad de un talud es un proceso en el que se evalúan cuantitativamente la interacción entre las fuerzas estabilizantes o resistentes y las fuerzas desestabilizantes o movilizantes que actúan sobre un talud (RNE, 2012).

La razón entre la resistencia al esfuerzo de corte del suelo y el esfuerzo cortante desarrollado a lo largo de la superficie de falla. “Un concepto del

elemento de protección hacia la falla de pendiente es la del valor atribuible a dividir la resistencia de reducción disponible del suelo junto con una superficie de deslizamiento importante por medio de la electricidad de corte requerida para mantener el equilibrio. El desafío del ingeniero en el precio de estudiar la estabilidad de una pendiente es determinar el aspecto de protección. En estándar, el aspecto de seguridad el factor de seguridad” (Escobar, Carlos y Duque, 2017).

“Para determinar si una ladera o talud es estable bajo las condiciones que prevalecen en un determinado sitio, generalmente se utiliza el término factor de seguridad. El valor aceptable del mismo es selecciona tomando en cuenta las consecuencias o riesgos que podría causar el deslizamiento. En laderas y taludes suele adoptarse valores que oscilan entre 1.25 y 1.5 o incluso superiores, dependiendo de la confianza que se tenga en los datos geotécnicos a utilizar en el análisis, así como en la información disponible sobre los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la estabilidad” (Oliva, 2015).

3.3. SUELOS DE ORIGEN VOLCÁNICO

Los suelos derivados de cenizas volcánicas tienen relevante importancia en el desarrollo de numerosos países de Asia, África, América y, en menor escala de Oceanía y Europa. Son suelos que están distribuidos en las

regiones eruptivas recientes, preferentemente alrededor del círculo de actividad volcánica circumpacífico y bajo condiciones ambientales muy diversas: se han descrito en Japón, Corea, Filipinas, Indonesia, Malasia, Región Pacífica de América, diversos países en África, en Europa, en la Unión Soviética, así como en numerosas islas oceánicas. Para América, los suelos de cenizas volcánicas han tenido una importancia destacada en el desarrollo agrícola, que ha sido una de las bases del crecimiento económico del continente, así como un factor de estabilidad social (Samper, 1966).

Los suelos de origen volcánico que se han desarrollado en el Centro y central sur de Chile, tienen de origen materiales piroclásticos en donde se incluye arenas, cenizas, etc., están relacionadas a la actividad volcánica cuaternaria. (Besoain, 1958)

3.4. PROGRAMA COMPUTACIONAL SLIDE V.6.0

El software SLIDE versión 6.0 distribuido por la empresa Rocscience, es una herramienta que calcula los factores de seguridad para diferentes secciones geométricas ingresadas por el usuario o importadas de un software de diseño en formato dxf.

El software SLIDE incluye los criterios de rotura para un análisis en suelos y en roca. Además, incluye herramientas para asignar la anisotropía

presente en la conformación de taludes, condiciones de sobrecarga y estructuras de contención.

Asimismo, presenta alternativas para seleccionar diversos métodos en una evaluación de la estabilidad de un talud, los métodos considerados son: Bishop simplificado, Morgentern-Price, Janbu simplificado y corregido, Fellenius, Spencer, entre otros. Además de la opción de imprimir reportes gráficos y estadísticos del análisis realizado.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1. CARACTERIZACIÓN DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

- Tipo: La presente investigación es aplicada, porque se hará uso de conocimientos básicos y necesarios para plantear una alternativa/ propuesta solución para la inestabilidad del área elegida para el estudio.
- Método: La presente investigación es cuantitativa, es necesario considerar un análisis detallado y cuidadoso, de esta forma se procede a describir y detallar los valores obtenidos, recogiendo así datos de campo necesarios para lograr determinar su condición con un factor de seguridad.
- Diseño: La presente investigación es descriptivo, puesto que se buscará diagnosticar el terreno para la determinación de las condiciones de estabilidad del talud

4.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO

4.2.1. Población de estudio

La población está constituida por los taludes conformados de ceniza volcánica de la asociación pecuaria hijos de piedra blanca de la ciudad de Tacna.

4.2.2. Muestra de estudio

Para la presente investigación, se consideran cada uno de los taludes de las laderas que fueron analizadas y que colindan con la Av. Los ángeles en la Asociación Pecuaria Hijos de Piedra Blanca de la ciudad de Tacna.

4.3. PROCESOS DE DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN:

4.3.1. Etapa preliminar

- a) Se recolectó información de la geología del cuadrángulo de Pachía (Hoja 36-v). (J. Wilson y W. Garcia,1962).
- b) Investigación bibliográfica: ceniza volcánica, estabilidad de talud, software aplicativo, norma CE0.20 del Reglamento Nacional de Edificación.

4.3.2. Etapa de campo

- a) Levantamiento topográfico de la zona de estudio, con detalles de las secciones geométricas el talud de la zona de análisis.
- b) Desarrollo de la investigación geotécnica que consistió en tres fases; Campo, donde se realizó la fase de reconocimiento del terreno, exploración con excavación de las calicatas, muestreo. Laboratorio, donde se determinó los ensayos estándar. Además, los ensayos especiales y Gabinete, en donde se procesan los datos obtenidos en las fases de campo y en el laboratorio de geotecnia.

4.3.3. Etapa de gabinete

- a) Análisis de las secciones geométricas del talud, de acuerdo al levantamiento topográfico realizado.
- b) Análisis de los parámetros del área de estudio y determinar lo que influirán en el análisis de la estabilidad del talud.
- c) Procesamiento en el software Slide bajo condiciones estáticas y pseudoestáticas, donde se interpretarán los resultados obtenidos.
- d) Conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO V

ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO

5.1. GENERALIDADES

Este capítulo se desarrolla para conocer las condiciones geológicas y geotécnicas del área de estudio, de acuerdo a los procedimientos indicados por la Norma E.050, para la ejecución de Estudios de Mecánica de Suelos (EMS) para los fines propuestos en el desarrollo de esta tesis.

5.2. ANTECEDENTES DEL ÁREA DE ESTUDIO

Se tiene la siguiente información técnica:

- **Geología del cuadrángulo de Pachía (Hoja 36-v)**

Se ha tomado como base el estudio según el proyecto del levantamiento del mapa geológico del Perú a la escala 1:100,000, realizado por la comisión de la carta geológica nacional, en el Sur del Perú. Específicamente el cuadrángulo de Pachía que está situado en el flanco occidental de los Andes, en el Departamento de Tacna, donde detallan las principales unidades geológicas del área de trabajo. (Wilson y García, 1962)

Se extrae la cartografía geológica regional para el ámbito territorial del área de estudio, que se encuentra enmarcado en formaciones de la era del Cenozoico, correspondientes a las formaciones de depósitos de ceniza (Q-c), formación Huaylillas (Ts-vhu) y depósitos aluviales (Q-al) del cuaternario, y es influenciado por los eventos tectónicos y estructurales, como consecuencia de la dinámica terrestre.

En el estudio de la Comisión Carta Geológica Nacional, por su carácter regional, se exponen las diferentes formaciones geológicas que hay en el área de estudio, y que luego de las verificaciones realizadas en campo, han servido de base para elaborar una interpretación litoestratigráfica y geomorfológica aplicada a los propósitos de la ingeniería para el desarrollo del estudio requerido.

5.3. GEOMORFOLOGÍA

5.3.1. Geomorfología regional

La región presenta varias formas topográficas. La zona nor-oriental de la región presenta mayor altura, que consiste en conos volcánicos hasta una altura de 5,500, m.s.n.m. y en el extremo sur-occidental de

la región presenta una topografía más suave, cuya altura varía entre los 500 m. y 1,000 m. de altitud.

5.3.2. Geomorfología local

Los rasgos morfológicos que presenta el área de estudio, corresponden a las actividades tectónicas y la acción de agentes naturales (agua, viento y gravedad) y de forma parcial la intervención de los propietarios de los predios existentes, estos contribuyen al modelamiento del relieve actual.

5.4. GEOLOGÍA

5.4.1. Geología regional

De acuerdo al reporte de los estudios de la geología del cuadrángulo de Pachía realizado por la Comisión Carta geológica Nacional, la litología de la zona de estudio está conformada por depósitos de ceniza y la formación Huaylillas, además en el fondo del valle y márgenes está conformado por depósitos del cuaternario de origen aluvial.

Litoestratigrafía.

“Ciertas zonas de la región de palca contienen depósitos de ceniza y tufo volcánico que forman un manto delgado y

discontinuo encima de las terrazas y depósitos de piedemonte. Los depósitos mayores de ceniza afloran en los Cerrillo Blancos de la esquina sur-occidental del cuadrángulo de Pachía y en los cursos inferiores de los ríos Caplina, Palca y Uchusuma. En la parte media del valle del Caplina las cenizas se encuentran como fajas angostas a lo largo del valle, y aproximadamente a 50 m. sobre el nivel del río” (Wilson y García, 1962).

5.4.2. Geología local

Depósitos de ceniza volcánica

“Litológicamente la ceniza volcánica consiste en polvo suelto de color blanco o rosado con fragmento de pómez blanca y cristalitas de cuarzo bipiramidal. Estos depósitos carecen completamente de estratificación y se presentan con una masa homogénea sin estructura, pero a cierta distancia debajo de la superficie, el depósito se presenta más compacto y con textura de un tufo.” (Wilson y García, 1962).

Estos depósitos de ceniza yacen en toda el área de estudio de la Asociación pecuaria hijos de Piedra Blanca del distrito de Calana en la ciudad de Tacna.

5.5. GEOTÉCNIA

5.5.1. Investigaciones geotécnicas

La investigación geotécnica se desarrolló en las siguientes etapas: campo, laboratorio y gabinete.

5.5.2. Trabajo de campo

En esta fase de la investigación se realizó con el objetivo de reconocer la accesibilidad, el tipo de terreno y los posibles inconvenientes para conseguir los fines del estudio.

Se realizó el reconocimiento de la zona de estudios, con la finalidad de coordinar con los propietarios las autorizaciones previo a la ejecución de las labores específicas para el desarrollo de los trabajos de campo.

De acuerdo al área de estudio y los taludes que lo conforman se consideró tramos del talud, para la distribución de las calicatas.

En esta fase de campo se realizó considerando las siguientes normas:

- NTP 339.162 / ASTM D 420
- NTP 339.151 / ASTM D 4220
- NTP 339.143 / ASTM D 1558.

Figura 3

Vistas del talud natural existente de la zona de estudio



En la figura 3, se puede observar las vistas del talud natural existente conformado por ceniza volcánica, presenta coloración beige, presenta un ángulo global del talud promedio de 24° .

Figura 4

Vistas del talud modificado existente de la zona de estudio.



En la figura 4, se puede observar las vistas del talud modificado por las excavaciones en el pie del talud, conformado por ceniza volcánica,

presenta coloración rosácea, presenta un ángulo global del talud promedio de 38°.

5.5.2.1. Ubicación y muestreo de calicatas

Estas calicatas fueron ubicadas convenientemente a una distancia y profundidad correspondiente, que nos proporciona información confiable del suelo del área de investigación.

Se realizó 05 calicatas distribuidas en la corona y al pie del talud para el muestreo correspondiente. Asimismo, se referencio la ubicación de coordenadas de las calicatas con un equipo GPS, marca Garmin, modelo GPSMAP 64s.

Tabla 3

Ubicación de calicatas

UBICACIÓN DE CALICATAS						
DESCRIPCIÓN		TIPO	MUESTRA	PROFUDIDAD	COORDENADAS	
CALANA	C-01	A cielo Abierto	M-01	0,00 m a 2,60 m	8013517	373715
CALANA	C-02	A cielo Abierto	M-02	0,00 m a 2,80 m	8013157	373572
CALANA	C-03	A cielo Abierto	M-03	0,00 m a 3,00 m	8013352	373714
CALANA	C-04	A cielo Abierto	M-04	0,00 m a 1,60 m	8013456	373802
CALANA	C-05	A cielo Abierto	M-05	0,00 m a 1,50 m	8013491	373811

Nota: Elaboración propia, 2022.

5.5.2.2. Ensayo de densidad natural

El ensayo permitirá conocer la densidad que presenta un suelo, es decir la densidad húmeda y seca de los suelos. Estos valores son importantes y necesarios en el desarrollo de algunos ensayos y cálculos. Se desarrolla según la siguiente norma:

- Densidad de campo – Método cono de arena ASTM D 1556; AASHTO T191.

Tabla 4
Densidad natural

ENSAYO INSITU - DENSIDAD NATURAL						
DESCRIPCIÓN		PROFUNDIDAD	COORDENADAS		ESTRATO	DENSIDAD INSITU (gr/cm ³)
CALANA	C-01	0,00 m a 2,60 m	8013517	373715	E - 01	1,131
CALANA	C-02	0,00 m a 2,80 m	8013157	373572	E - 01	1,280
CALANA	C-03	0,00 m a 3,00 m	8013352	373714	E - 01	1,175
CALANA	C-04	0,00 m a 1,60 m	8013456	373802	E - 01	1,140
CALANA	C-05	0,00 m a 1,50 m	8013491	373811	E - 01	1,169

Nota: Elaboración propia, 2022.

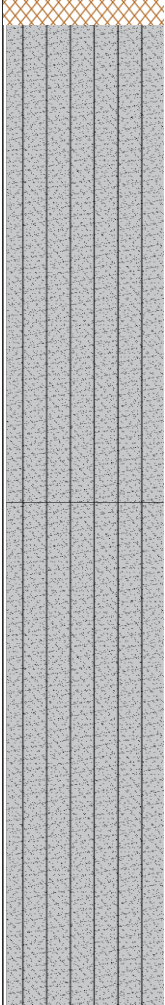
5.5.3. Perfil estratigráfico

Corresponde a la descripción de las exploraciones realizadas en el área de estudio.

Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS, NTP 339.134.

Figura 5



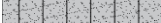
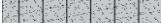
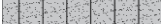
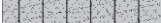
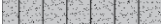
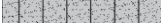

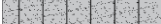
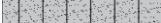
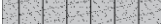
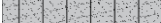
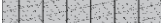
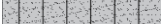
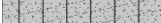
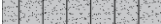
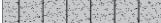

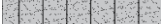
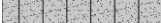

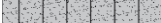

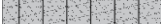

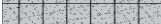
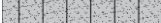
Perfil estratigráfico del suelo de la calicata C-01.

PROF. (m)	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION		NIVEL DE AGUA	DESCRIPCION DEL ESTRATO	MUESTRA N°
		SUCS	AASHTO			
0.1		SM	A-2-4 (0)	No encontrado	Prof. (m) : 0.00 m a 0.10 m Cubierta	S/M
0.2					Material antropogenico propio con espesor promedio de 0.10 m	
0.3						
0.4						
0.5						
0.6						
0.7						
0.8						
0.9						
1						
1.1						
1.2						
1.3						
1.4						
1.5						
1.6						
1.7						
1.8						
1.9						
2						
2.1						
2.2						
2.3						
2.4						
2.5						
2.6						
					Prof. (m) : 0.10 m a 2.60 m No presenta indice de plasticidad	
					Conformado por un material de arenas y limos de color beige. El suelo muestreado se clasifica según la ASTM como areno limosa (SM), la cual presenta en su composición 17.0 % de agregado grueso y 83.0 % agregado fino, con humedad natural de 2.93 %, no presenta plasticidad, en la calicata se presenta lente de material consolidado con un espesor de 0.40 m. a una profundidad de 0.90 m.	M-01

Fuente: Elaboración propia, 2022 (Anexo 01)

Figura 6

Perfil estratigráfico del suelo de la calicata C-02.

PROF. (m)	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION		NIVEL DE AGUA	DESCRIPCION DEL ESTRATO	MUESTRA N°
		SUCS	AASHTO			
0.1					Prof. (m) : 0.00 m a 0.10 m Cubierta	S/M
0.2					Material antropogenico propio con espesor promedio de 0.10 m	
0.3						
0.4						
0.5						
0.6						
0.7						
0.8					Prof. (m) : 0.10 m a 2.80 m No presenta indice de plasticidad	
0.9						
1					Conformado por un material de arenas y limos de color beige. El suelo muestreado se clasifica según la ASTM como areno limosa (SM), la cual presenta en su composición	
1.1					34.6 % de agregado grueso y 65.4 % agregado fino, con humedad natural de 2.42 %	
1.2					%, no presenta plasticidad, en la calicata se presenta lente de material consolidado con un espesor de 0.30 m. a una profundidad de	
1.3					1.50 m.	M-02
1.4		SM	A-2-4 (0)	No encontrado		
1.5						
1.6						
1.7						
1.8						
1.9						
2						
2.1						
2.2						
2.3						
2.4						
2.5						
2.6						
2.7						
2.8						

Nota: Elaboración propia, 2022 (Anexo 01)

Figura 7

Perfil estratigráfico del suelo de la calicata C-03.

PROF. (m)	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION		NIVEL DE AGUA	DESCRIPCION DEL ESTRATO	MUESTRA N°
		SUCS	AASHTO			
0.1		SM	A-2-4 (0)	No encontrado	Prof. (m) : 0.00 m a 0.10 m Cubierta	M-03
0.2					Material antropogenico propio con espesor promedio de 0.10 m	
0.3						
0.4						
0.5						
0.6						
0.7						
0.8						
0.9						
1						
1.1						
1.2						
1.3						
1.4						
1.5						
1.6						
1.7						
1.8						
1.9						
2						
2.1						
2.2						
2.3						
2.4						
2.5						
2.6						
2.7						
2.8						
2.9						
3						

Fuente: Elaboración propia, 2022 (Anexo 01)

Figura 8

Perfil estratigráfico del suelo de la calicata C-04.

PROF. (m)	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION		NIVEL DE AGUA	DESCRIPCION DEL ESTRATO	MUESTRA N°
		SUCS	AASHTO			
0.1		SM	A-2-4 (0)	No encontrado	Prof. (m) : 0.00 m a 0.10 m Cubierta	M-04
0.2					Material antropogenico propio con espesor promedio de 0.10 m	
0.3						
0.4						
0.5					Prof. (m) : 0.10 m a 1.60 m	
0.6					No presenta indice de plasticidad	
0.7						
0.8					Conformado por un material de arenas y limos de color beige. El suelo muestreado se clasifica según la ASTM como arena limosa (SM), la cual presenta en su composición	
0.9					19.0 % de agregado grueso y 81.0 % agregado fino, con humedad natural de 3.26 %	
1					, no presenta plasticidad, en la calicata se presenta fragmentos de roca del tipo volcanico distribuida en el estrato.	
1.1						
1.2						
1.3						
1.4						
1.5						
1.6						

Nota: Elaboración propia, 2022 (Anexo 01)

Figura 9

Perfil estratigráfico del suelo de la calicata C-05.

PROF. (m)	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION		NIVEL DE AGUA	DESCRIPCION DEL ESTRATO	MUESTRA N°
		SUCS	AASHTO			
0.1		SM	A-2-4 (0)	No encontrado	Prof. (m) : 0.00 m a 0.10 m Cubierta	M-05
0.2					Material antropogenico propio con espesor promedio de 0.10 m	
0.3						
0.4						
0.5						
0.6						
0.7						
0.8						
0.9						
1						
1.1						
1.2						
1.3						
1.4						
1.5						

Nota: Elaboración propia, 2022 (Anexo 01)

5.5.4. Trabajo de laboratorio

Los trabajos de laboratorio consisten en evaluar los diferentes parámetros de los suelos por medio de ensayos físicos mecánicos de acuerdo a los lineamientos establecidos por la American Society of Testing and Materials (ASTM).

Tabla 5
Ensayos estándar

RELACIÓN DE ENSAYOS	NTP	NORMA ASTM	NORMA AASHTO	PROPOSITO DEL ENSAYO
Determinación del contenido de humedad	NTP 339.127	D 2216-05	T-265	Determinar el contenido de humedad del suelo.

Análisis granulométrico de suelos por tamizado	NTP 339.128	D 422	T-27	Para determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo
Determinación de límite líquido de los suelos	NTP 339.129	D 4318	T-89	Hallar el contenido de agua entre los estados líquido y plástico
Determinación de límite plástico de los suelos e índice de plasticidad	NTP 339.129	D 4318	T-90	Hallar el contenido de agua entre los estados plásticos y semisólido
Sistema Unificada de Clasificación de suelos	NTP 339.134	D 2487	M 145	Identificar el tipo de suelos según los estándares existentes.
Compactación de suelos utilizando energía modificada	NTP 339.141	D 1556	T-180	Ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada
Peso específico y Absorción de agregado grueso	NTP 400.021	C – 128	T-85	Determinar la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción y se aplica para de partículas de agregado grueso.
Determinación del índice de densidad y peso unitario mínimos de suelos	NTP 339.138	D 4254	T-224	Determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario del suelo
Gravedad específica de sólidos de suelo mediante picnómetro	NTP 339.131	D - 854	T-100	Determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de suelo por medio de un picnómetro.

Tabla 6

Ensayos especiales

RELACIÓN DE ENSAYOS	NTP	NORMA ASTM	NORMA AASHTO	PROPOSITO DEL ENSAYO
Valor equivalente de arena de suelos y agregado fino	NTP 339.146	D-2419	T-176	Indicar, bajo condiciones estándar, las proporciones relativas de suelos arcillosos o finos plásticos y polvo en suelos granulares y agregados finos
Corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas	NTP 339.171	D-3080	-	Determinación de la resistencia al corte consolidado drenada de un suelo en corte directo

Nota: Elaboración propia, 2022.

5.5.4.1. Contenido de humedad de suelos

Se determinó el contenido de humedad de las muestras representativas de las calicatas, según la norma:

- Contenido de humedad de suelos, (NTP 339.127; ASTM D 2216).

Tabla 7

Contenido de humedad de suelos

CONTENIDO DE HUMEDAD						
DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD	UBICACIÓN	ESTRATO	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		
CALANA C-01	0,00 m a 2,60 m	8013517 373715	E - 01	2,93%		
CALANA C-02	0,00 m a 2,80 m	8013157 373572	E - 01	2,42%		
CALANA C-03	0,00 m a 3,00 m	8013352 373714	E - 01	1,95%		
CALANA C-04	0,00 m a 1,60 m	8013456 373802	E - 01	3,26%		
CALANA C-05	0,00 m a 1,50 m	8013491 373811	E - 01	3,19%		

Nota: Elaboración propia.

5.5.4.2. Análisis Granulométrico de suelos por tamizado

Este ensayo permite la determinación de la clasificación granulométrica de una muestra por medio de tamices con aberturas cuadrada de diferentes medidas, además se realiza de acuerdo a la siguiente norma:

- Análisis granulométrico de suelo por tamizado (NTP 339.128;

ASTM D-422)

Tabla 8

Análisis granulométrico de suelo

TAMIZ	mm	PORCENTAJE QUE PASA				
		C- 01	C-02	C-03	C- 04	C- 05
3"	75					
2 1/2"	63					
2"	50				100,00	100,00
1 1/2"	37,5	100,00	100,00	100,00	99,13	98,95
1"	25	97,33	96,43	97,85	96,26	94,88
3/4"	19	94,49	88,33	95,58	93,52	93,89
1/2"	12,5	90,92	82,81	92,45	90,17	91,26
3/8"	9,5	88,49	78,62	90,41	87,00	89,73
1/4"	6,25	85,08	74,74	87,48	83,98	86,63
Nº 4	4,75	82,98	73,12	85,41	81,08	84,35
Nº 8	2,36	82,98	73,12	85,41	81,08	84,35
Nº 10	2	78,92	69,08	81,49	75,61	79,74
Nº 20	0,85	70,05	61,82	72,65	66,53	70,41
Nº 40	0,425	57,04	61,82	59,58	53,47	56,60
Nº 60	0,25	53,36	50,39	55,81	49,83	52,85
Nº 80	0,18	53,36	46,50	55,81	49,83	52,85
Nº 100	0,15	43,83	34,46	45,67	40,14	41,90
Nº 200	0,075	33,55	22,95	35,18	29,23	30,68

Nota: Elaboración propia, 2022

5.5.4.3. Límite de Consistencia

Los límites de consistencia del suelo también conocido como Límites de Atterberg, se desarrolló el ensayo de límite líquido y límite plástico, para determinar el índice de plasticidad según norma:

- Determinación de límite líquido, (NTP 339.129; ASTM D 4318;

AASHTO T-89).

- Determinación de límite plástico, (NTP 339.129; ASTM D 4318; AASHTO T-90).

Tabla 9
Límite de consistencia

LÍMITE DE ATTERBERG								
DESCRIPCION		PROFUNDIDAD	COORDENADAS		ESTRATO	LÍMITE LIQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
CALANA	C-01	0,00 m a 2,60 m	8013517	373715	E - 01	34	NP	NP
CALANA	C-02	0,00 m a 2,80 m	8013157	373572	E - 01	32	NP	NP
CALANA	C-03	0,00 m a 3,00 m	8013352	373714	E - 01	33	NP	NP
CALANA	C-04	0,00 m a 1,60 m	8013456	373802	E - 01	31	NP	NP
CALANA	C-05	0,00 m a 1,50 m	8013491	373811	E - 01	30	NP	NP

Nota: Elaboración propia, 2022.

5.5.4.4. Clasificación de suelos

La clasificación para este estudio se desarrolla de acuerdo a lo indicado por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS (Unified Soil Classification System (USCS)). Este sistema clasifica por nombre y por términos simbólicos a los suelos.

Tabla 10
Clasificación de suelos

CLASIFICACIÓN DE SUELOS							
DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD	COORDENADAS	ESTRATO	SUCS ASTM D4287	AASHTO ASTM D3282		
CALANA	C-01	0,00 m a 2,60 m	8013517 373715	E - 01	SM	A-2-4 (0)	
CALANA	C-02	0,00 m a 2,80 m	8013157 373572	E - 01	SM	A-2-4 (0)	
CALANA	C-03	0,00 m a 3,00 m	8013352 373714	E - 01	SM	A-2-4 (0)	
CALANA	C-04	0,00 m a 1,60 m	8013456 373802	E - 01	SM	A-2-4 (0)	
CALANA	C-05	0,00 m a 1,50 m	8013491 373811	E - 01	SM	A-2-4 (0)	

Nota: Elaboración propia, 2022.

5.5.4.5. Compactación de suelos utilizando energía modificada

Es un ensayo que representa la modificación del ensayo de Proctor estándar, que considera un aumento de la energía de compactación (2700 kN-m/m³), de igual forma el número de golpes por capa a 56 y el número de capas a 5. por lo tanto, se considera un aumentando en el peso del martillo (pisón metálico) a 4.54 kg y la altura de caída del mismo a 18" (45.57 cm).

El ensayo tiene por objetivo determinar el contenido de humedad para el cual el suelo alcanza su máxima densidad seca en laboratorio y se desarrolla mediante la siguiente normativa:

- Compactación de suelos utilizando energía modificada (NTP 339.141; ASTM D 1557; AASHTO T 180; MTC E 115).

Tabla 11
Compactación de suelo utilizando energía modificada

ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELO CON ENERGÍA MODIFICADA							
DESCRIPCIÓN		PROFUNDIDAD	COORDENADAS		ESTRATO	DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)	HUMEDAD ÓPTIMA (%)
CALANA	C-01	0,00 m a 2,60 m	8013517	373715	E - 01	1,392	21,00%
CALANA	C-02	0,00 m a 2,80 m	8013157	373572	E - 01	1,456	18,30%
CALANA	C-03	0,00 m a 3,00 m	8013352	373714	E - 01	1,372	19,80%
CALANA	C-04	0,00 m a 1,60 m	8013456	373802	E - 01	1,440	20,50%
CALANA	C-05	0,00 m a 1,50 m	8013491	373811	E - 01	1,520	21,00%

Fuente: Elaboración propia, 2022.

5.5.4.6. Peso específico y absorción de gruesos

El ensayo es realizado según la Norma NTP 400.021 y con el objeto de establecer el procedimiento para determinar la densidad, densidad relativa (peso específico) y la absorción del agregado grueso.

- Peso específico y absorción de gruesos, (NTP 400.021; ASTM C - 128; MTC E 206).

Tabla 12
Peso específico y absorción de gruesos

PESO ESPECÍFICO						
DESCRIPCIÓN		PROFUNDIDAD	COORDENADAS		ESTRATO	PESO ESPECÍFICO (gr/cm3)
CALANA	C-01	0,00 m a 2,60 m	8013517	373715	E - 01	2,585
CALANA	C-02	0,00 m a 2,80 m	8013157	373572	E - 01	2,590
CALANA	C-03	0,00 m a 3,00 m	8013352	373714	E - 01	2,554
CALANA	C-04	0,00 m a 1,60 m	8013456	373802	E - 01	2,539

CALANA	C-05	0,00 m a 1,50 m	8013491	373811	E - 01	2,564
--------	------	-----------------	---------	--------	--------	-------

Nota: Elaboración propia, 2022.

5.5.4.7. Densidad seca mínima de suelos

Este método de ensayo determina el índice de densidad y peso unitario mínimos de los suelos.

La densidad mínima de suelos se determina según la siguiente norma:

- Densidad seca mínima de suelos (NTP 339.138; ASTM D4254)

Tabla 13

Densidad seca mínima de suelos

DENSIDAD MINIMA						
DESCRIPCION	PROFUNDIDAD	COORDENADAS	ESTRATO	DENSIDAD MiNIMA (gr/cm3)		
CALANA C-01	0,00 m a 2,60 m	8013517 373715	E - 01	0,864		
CALANA C-02	0,00 m a 2,80 m	8013157 373572	E - 01	1,088		
CALANA C-03	0,00 m a 3,00 m	8013352 373714	E - 01	0,910		
CALANA C-04	0,00 m a 1,60 m	8013456 373802	E - 01	0,888		
CALANA C-05	0,00 m a 1,50 m	8013491 373811	E - 01	0,925		

Nota: Elaboración propia, 2022.

5.5.4.8. Gravedad específica de sólidos de suelo mediante picnómetro

Ensayo realizado de acuerdo a la norma NTP 339.131, con el objetivo de determinar la gravedad específica de sólidos en suelo que pasan el tamiz N° 4 (4,75 mm) utilizando un picnómetro. El ensayo se desarrolla de acuerdo a la norma siguiente:

- Gravedad específica de sólidos de suelo, (NTP 339.131 ASTM D-854; MTC E 113).

Tabla 14

Gravedad específica de suelo

GRAVEDAD ESPECÍFICA						
DESCRIPCIÓN		PROFUNDIDAD	COORDENADAS		ESTRATO	GRAVEDAD ESPECÍFICA (gr/cm ³)
CALANA	C-01	0,00 m a 2,60 m	8013517	373715	E - 01	2,115
CALANA	C-02	0,00 m a 2,80 m	8013157	373572	E - 01	2,176
CALANA	C-03	0,00 m a 3,00 m	8013352	373714	E - 01	2,123
CALANA	C-04	0,00 m a 1,60 m	8013456	373802	E - 01	2,181
CALANA	C-05	0,00 m a 1,50 m	8013491	373811	E - 01	2,193

Nota: Elaboración propia, 2022.

5.5.4.9. Valor equivalente de arena de suelos

Ensayo con el propósito de analizar bajo condiciones estándar a los materiales que pasan el tamiz N°4, considerando el término “equivalente de arena”, representa el concepto de que los suelos granulares y

agregados finos son mezclas de partículas gruesas son favorables. Por lo tanto, la arena y generalmente arcillas o finos plásticos y polvo, son desfavorables.

Este método de ensayo asigna un valor a la cantidad relativa de fineza y condición del material arcilloso presente en una muestra de suelo. Este procedimiento de ensayo se rige bajo lineamiento de la norma:

- Valor equivalente de arena de suelos (NTP 339.146; ASTM D-2419; MTC E 114).

Tabla 15

Valor equivalente de arena de suelos

EQUIVALENTE DE ARENA						
DESCRIPCIÓN		PROFUNDIDAD	COORDENADAS		ESTRATO	EQUIVALENTE DE ARENA (%)
CALANA	C-01	0,00 m a 2,60 m	8013517	373715	E - 01	50,00%
CALANA	C-02	0,00 m a 2,80 m	8013157	373572	E - 01	51,00%
CALANA	C-03	0,00 m a 3,00 m	8013352	373714	E - 01	45,00%
CALANA	C-04	0,00 m a 1,60 m	8013456	373802	E - 01	48,00%
CALANA	C-05	0,00 m a 1,50 m	8013491	373811	E - 01	47,00%

Nota: Elaboración propia, 2022.

5.5.4.10. Ensayo de corte directo de suelos

Este ensayo consiste en colocar la muestra en una caja de corte de un equipo para someterlo a un esfuerzo normal especificado y en condición de drenando y no drenado. Además, consolidando la muestra con el

esfuerzo normal aplicado, considerando valores de consolidación primaria de la muestra, desplazando en un marco horizontal respecto a una velocidad constante de deformación para obtener la fuerza de corte, además de los desplazamientos horizontales presentados durante la falla en la muestra. Se desarrolla de acuerdo a la siguiente norma:

- Ensayo de corte directo, (NTP 339.171; ASTM D-3080; MTC E 123).

Tabla 16
Resultados del ensayo de corte directo

ENSAYO DE CORTE DIRECTO							
DESCRIPCIÓN		PROFUNDIDAD	COORDENADAS		ESTRATO	COHESIÓN (kg/cm ²)	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)
CALANA	C-01	0,00 m a 2,60 m	8013517	373715	E - 01	-	-
CALANA	C-02	0,00 m a 2,80 m	8013157	373572	E - 01	-	-
CALANA	C-03	0,00 m a 3,00 m	8013352	373714	E - 01	0,053	32,479
CALANA	C-04	0,00 m a 1,60 m	8013456	373802	E - 01	-	-
CALANA	C-05	0,00 m a 1,50 m	8013491	373811	E - 01	0,023	32,097

Nota: Elaboración propia, 2022.

5.6. SISMICIDAD

De acuerdo a las normas de diseño sísmico resistente NTE E.030 (2018), El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación

de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica.

Con la finalidad de determinar la aceleración máxima horizontal en suelo (factor Z), se consideró las zonas sísmicas en las que se divide el territorio peruano de acuerdo a las provincias y distritos. De acuerdo a la ubicación del área de estudio se tiene; Zona 4 y factor $Z=0,45$.

Asimismo, considerando las recomendaciones del cuerpo de ingenieros del ejército de los Estados Unidos, Hynes y Franklin (1984) que sugieren el uso de coeficientes sísmico para condiciones pseudoestáticas igual al 50% de la aceleración máxima de diseño. Aceptando la sugerencia se considera el valor de 0.225 (g), como la aceleración máxima horizontal en suelo para la evaluación en condiciones pseudoestáticas.

5.7. DETERMINACIÓN DE SECCIONES GEOMÉTRICAS

Considerando el talud natural y el talud modificado existente del área de estudio, se determinaron dos (02) secciones geométricas para el análisis con el software Slide.

Asimismo, se utilizó los parámetros del suelo de las calicatas C-03 y C-05 por presentar influencia directa en las secciones geométricas seleccionadas.

5.7.1. Información técnica utilizada

En el desarrollo de la presente tesis se utilizó la siguiente información técnica:

- Plano topográfico a escala 1:25,000
- Secciones del talud en el área estudio
- Parámetros físicos y de resistencia de los ensayos de laboratorio

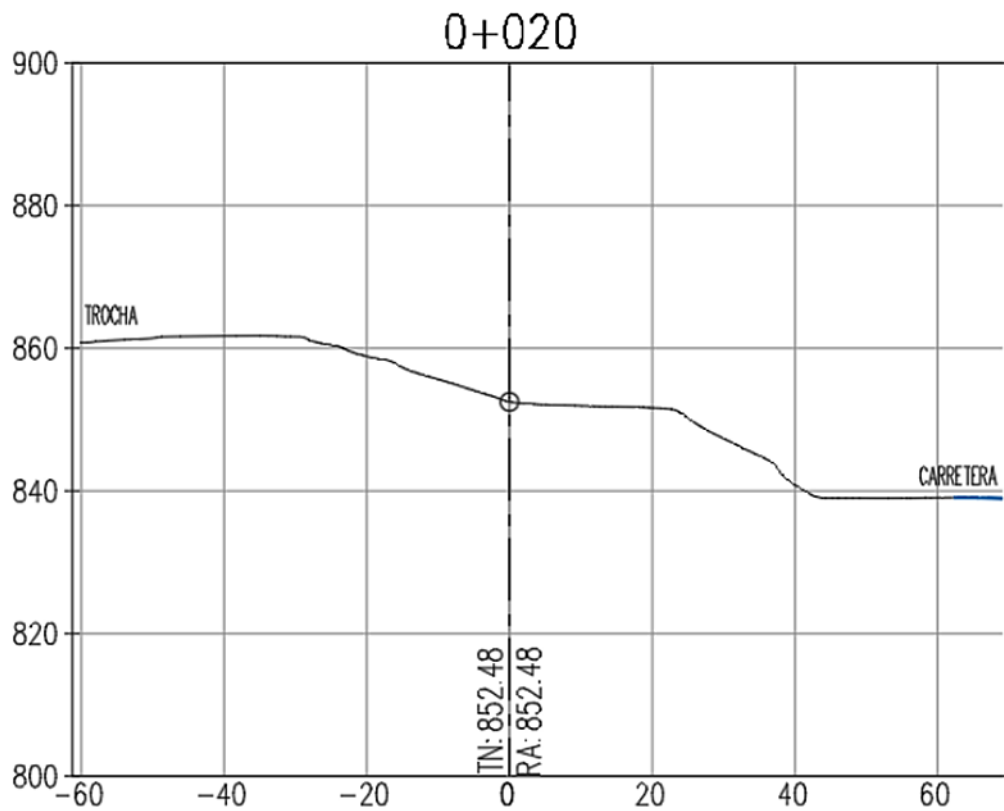
5.7.2. Secciones evaluadas

Se consideraron dos (02) secciones geométricas representativas del talud de acuerdo al levantamiento topográfico realizado, con la finalidad de realizar el análisis mediante el programa computacional Slide 6.0 de la empresa Rocscience.

Además, se realizó la evaluación de dos secciones geométricas considerando un talud natural y un talud modificado (excavación al pie del talud).

Figura 10

Sección geométrica SG-01

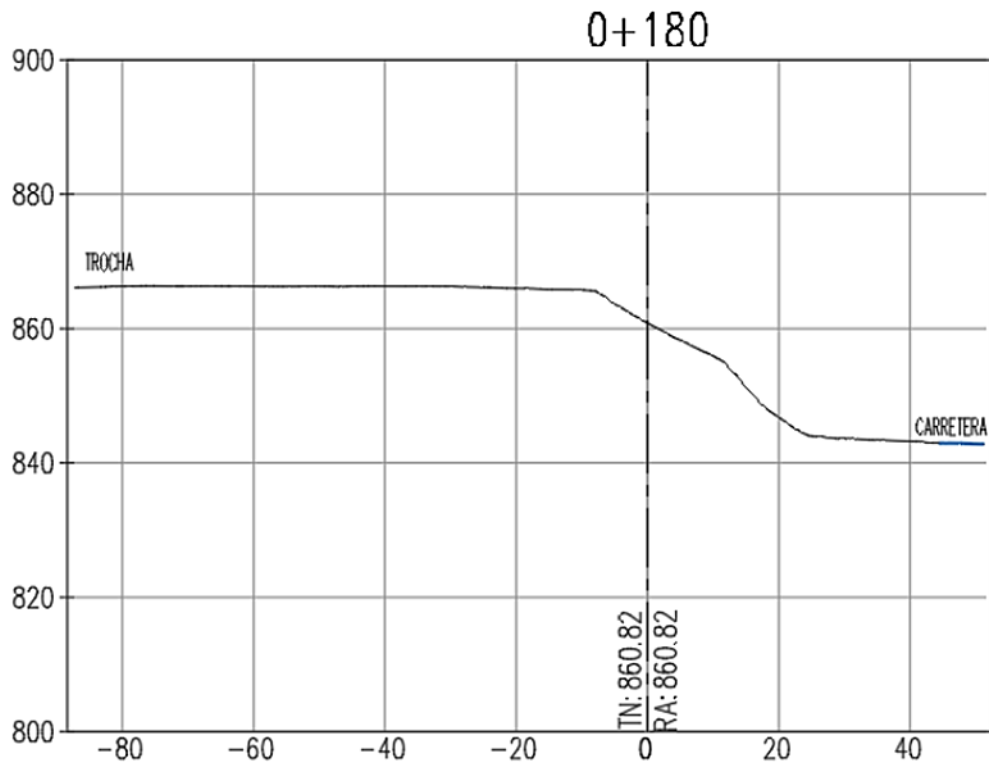


Nota: Elaboración propia, 2022.

En la figura 10, se puede observar la sección geométrica del talud natural existente conformado por ceniza volcánica, presenta un ángulo global del talud promedio de 24°, con una altura promedio de 14 metros.

Figura 11

Sección geométrica SG-02



Nota: Elaboración propia, 2022.

En la figura 11, se puede observar la sección geométrica del talud modificado existente conformado por ceniza volcánica, presenta un ángulo global del talud promedio de 38° , con una altura promedio de 21 metros.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. ANÁLISIS GEOTÉCNICO

A continuación, se detalla las características físicas y mecánicas de las calicatas C-03 y C-05, considerando el requerimiento de información para la evaluación del talud.

Tabla 17

Parámetros del suelo

Parámetros de suelo		
Calicata	C-03	C-05
Clasificación SUCS	SM (Arena limosa)	SM (Arena limosas)
Profundidad	0,10 a 3,00 m.	0,10 a 1,50 m.
Contenido de humedad	1,95 %	3,19 %
Límite líquido	33	30
Límite plástico	NP	NP
Índice de plasticidad	NP	NP
Densidad natural	0,91 gr/cm ³	0,925 gr/cm ³
Cohesión	0,053 kg/cm ²	0,023 kg/cm ²
Ángulo de fricción	32.479 °	32.097

Nota: Elaboración Propia

Del análisis geotécnico de resultados a los ensayos de campo y laboratorio, se determinó que el tipo de suelos en el área de estudio corresponde a una arena limosa (SM) con grado de compacidad baja.

Asimismo, las calicatas C-04 y C-05 presentan mayor porcentaje de clastos de roca volcánicas a diferencia de las calicatas C-01, C-02 y C-03.

De la comparación de los valores en la densidad natural de las calicatas C-03 y C-05, se verifica que tiene influencia el mayor porcentaje de grava presente en la calicata C-05.

6.2. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Según la norma Ce.0.20 Estabilización de Suelos y Taludes, del Reglamento Nacional de Edificaciones. Para la evaluación de las secciones del talud existente, se considera que el factor de seguridad mínimo del talud deberá ser 1.5 para condiciones estáticas y de 1.25 para condiciones pseudoestáticas

El análisis se desarrolló empleando el programa Slide v6.0, con la siguiente configuración de los parámetros básicos para el proyecto.

Tabla 18

Información para el proyecto en el programa Slide 6.0

Project Settings	
Stress Units	Metric
Filure Direction	Left to Right
Methods	Boshop simplified
Define Slope Limits	Second set of limits
Seismic Load Coefficient	0.225

Fuente: Elaboración propia

Las secciones geométricas analizadas para el modelamiento en el software Slide, son SG-01 y SG-02, con respecto al plano topográfico elaborado. Además, considerando las características geotécnicas de las calicatas que influirán son C-03 y C-05 respectivamente.

A continuación, se muestran el análisis grafico realizado en el programa Slide en condiciones estáticas y pseudoestáticas.

Figura 12

Sección geométrica SG-01, en condiciones estáticas (SLIDE)

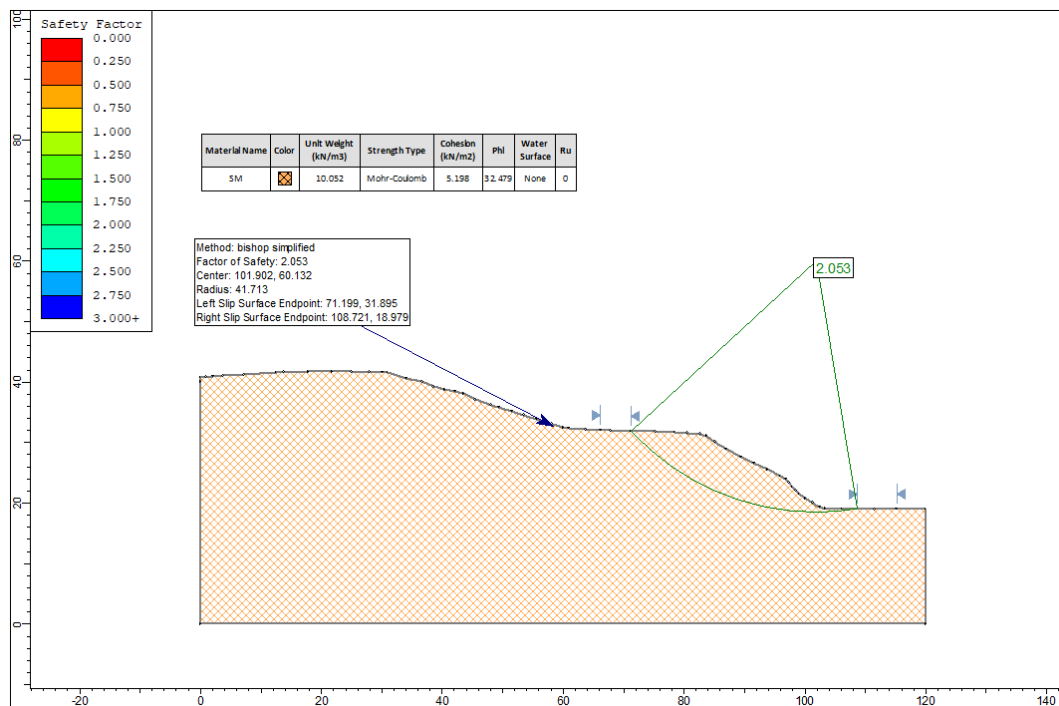


Figura 123

Sección geométrica SG-01, en condiciones pseudoestáticas (SLIDE)

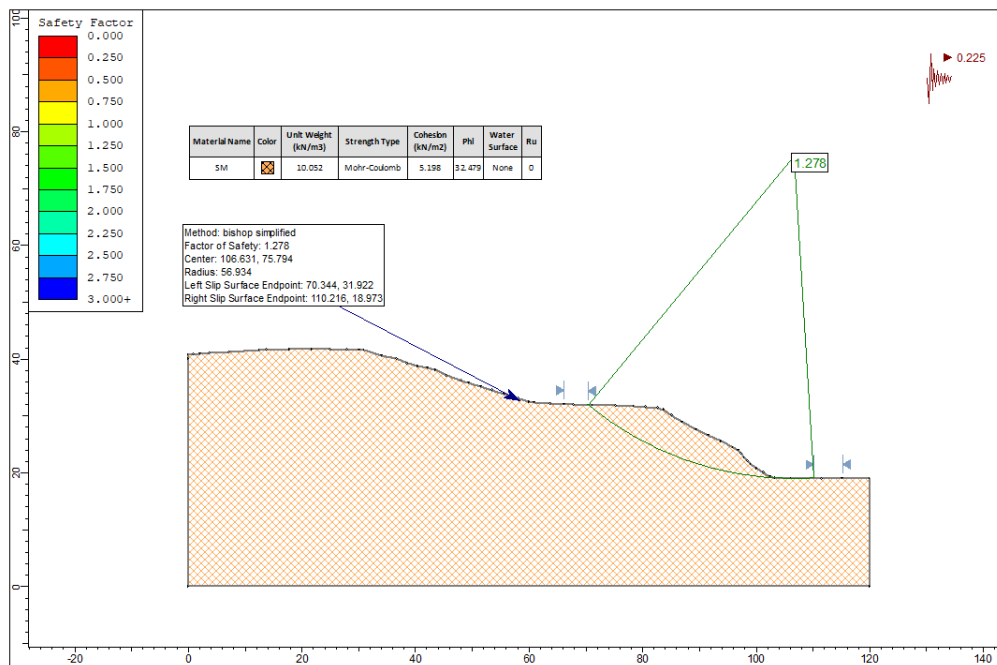


Figura 14

Sección geométrica SG-02, en condiciones estáticas (SLIDE)

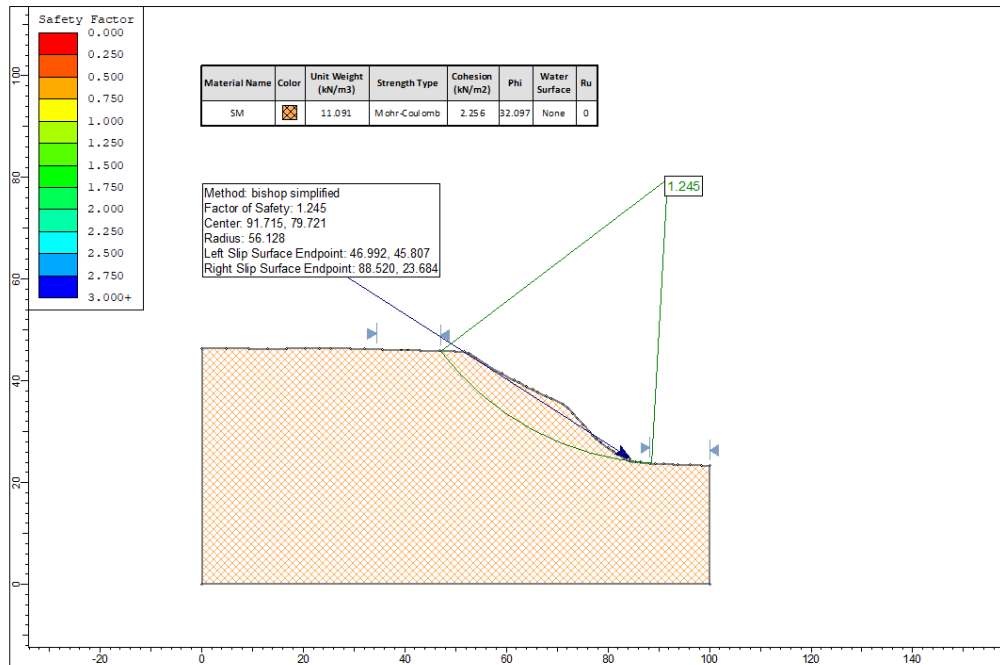
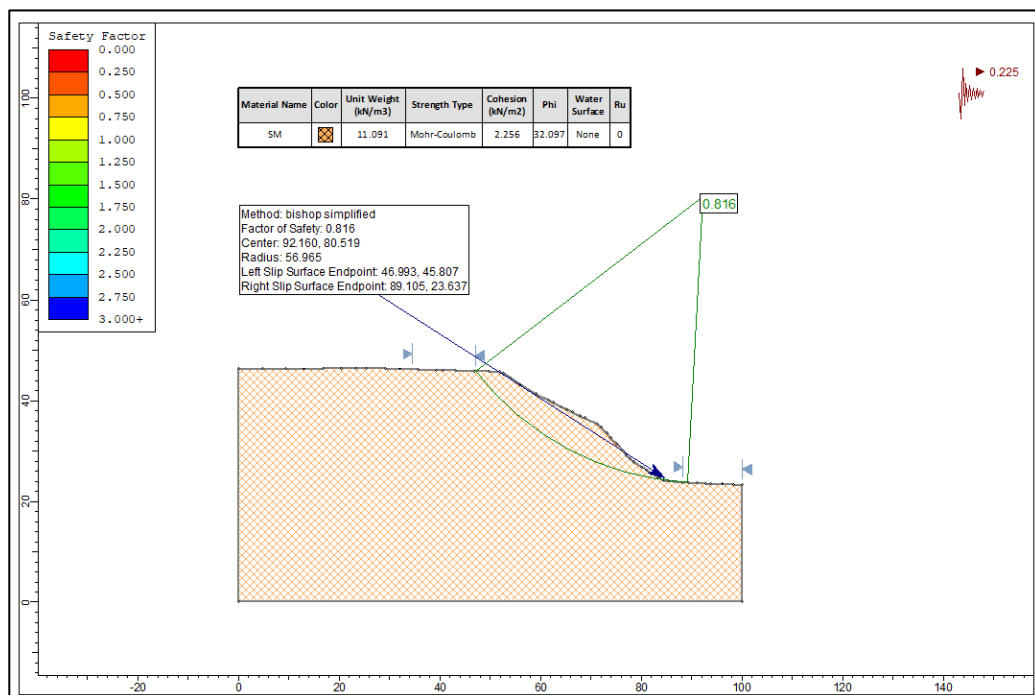


Figura 136

Sección geométrica SG-02, en condiciones pseudoestáticas (SLIDE)



Con la finalidad de analizar la condición de estabilidad de las secciones geométricas SG-01 (talud natural) y SG-02 (talud modificado) y determinar el factor de seguridad para verificar si es admisible con la norma Ce.0.20 Estabilización de Suelos y Taludes. Se obtuvieron los siguientes resultados por el método de Bishop.

Tabla 19

Factor de seguridad calculado

Sección geométrica	Condición de evaluación	Factor de seguridad mínimo (CE.0.20 – R.N.E.)	Factor de seguridad – BISHOP (SLIDE)
SG-01	Estáticas	1,50	2,105
SG-01	Seudoestáticas	1,25	1,278
SG-02	Estáticas	1,50	1,245
SG-02	Seudoestáticas	1,25	0,816

Nota: Elaboración propia, 2022.

Se puede apreciar en la tabla 19, la comparación de los resultados obtenidos en el cálculo del factor de seguridad por los métodos de BISHOP. Se puede ver que los valores del factor de seguridad disminuyen notablemente en el talud modificado (SG-02), además se verificó la influencia del aumento del ángulo global del talud.

Los factores de seguridad calculados según el modelamiento en el software Slide, para condiciones estáticas son 2,105 y 1.245 para las secciones geométrica SG-01 y SG-02, considerando un cambio del ángulo del talud de 24° a 38°.

Asimismo, los resultados para condiciones pseudoestáticas son 1,278 y 0,816 para las secciones geométrica SG-01 y SG-02, considerando un cambio del ángulo del talud de 24° a 38°.

Además, existe una diferencia en la altura del talud de las secciones evaluadas considerando la vulnerabilidad según su pendiente, la altura global del talud en estudio es de 21 metros.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- Según el análisis geológico geotécnico el área de estudio es un depósito de ceniza, con el sistema clasificación SUCS corresponde a una arena limosa (SM) con grado de compacidad baja, con presencia de clastos sub angulosos de roca volcánica.
- De los ensayos realizados al material de ceniza volcánica presentes en las exploraciones en la zona de estudio, presentan los siguientes parámetros; densidad In situ entre 1,131 y 1,280 gr/cm³; contenido de humedad entre 1,95 y 3,26 %; limite liquido entre 30 y 34; densidad máxima entre 1,372 y 1,456 gr/cm³; peso específico entre 2,539 y 2,590 gr/cm³; densidad mínima entre 0.864 y 1.088 gr/cm³; gravedad especifica entre 2,115 y 2,193 gr/cm³; equivalente de arena entre 45 y 51 %; ángulo de fricción 32,097 y 32,479° ; cohesión 0,023 y 0,053 kg/cm².
- La evaluación de la estabilidad de las secciones geométricas del talud mediante el programa SLIDE, se realizó teniendo en cuenta los parámetros obtenidos en el análisis geológico geotécnico y las secciones

topográficas obtenidas, los valores del factor de seguridad se han obtenido haciendo uso del método BISHOP cuyos valores se describen a continuación:

- En la sección geométrica SG-01 en condición estática el factor de seguridad es 2,105 y en condición pseudoestática el factor de seguridad es 1,278, en esta sección se cumple con el mínimo en condiciones estáticas y pseudoestática.
 - En la sección geométrica SG-02 en condición estática el factor de seguridad es 1,245 y en condición pseudoestática el factor de seguridad es 0,816, en esta sección no se cumple con el mínimo en condiciones estáticas y en condición pseudoestática.
- De acuerdo a la normativa Ce.0.20 del Reglamento Nacional de Edificaciones, en la sección geométrica SG-01, según la evaluación cumple con los factores de seguridad en condición estática y pseudoestática.
- De acuerdo a la normativa Ce.0.20 del Reglamento Nacional de Edificaciones, en la sección geométrica SG-02 según la evaluación no cumple con los factores de seguridad en condición estática y pseudoestática.

7.2. RECOMENDACIONES

- Para determinar los parámetros de resistencia se ha observado la importancia del tiempo de saturación de las muestras del material de ceniza volcánica durante la ejecución del ensayo de corte directo.
- Difundir y concientizar la información de las influencias del factor de seguridad para la estabilidad de las secciones del talud donde actualmente hay expansión poblacional, es decir, la población existente en la zona de la parte inferior del talud entre otros. Esto nos daría un mejor control de las secciones geométricas del talud, con mayor importancia luego de observado que en las zonas estudiadas en la presente tesis hay una necesidad de ampliar el área de los terrenos existentes para ampliar sus áreas de construcción.
- Es importante ampliar el análisis de la condición de estabilidad con interacción del talud bajo la influencia de otras condiciones estructurales en la corona o pie del talud, como posibles edificaciones y la influencia de estructuras de contención; para calcular factores de seguridad en diferentes situaciones con este tipo de suelos considerados geológicamente como depósitos de ceniza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM D2487–06. Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)”

Escobar, P., Carlos, E. y Duque-Escobar, G. (2017). *Geotecnia para el trópico andino. Departamento de Matemáticas y Estadística.*

Gerscovich, D. (2013). *Estabilidad de Taludes.* Sao Paulo: Oficina de Textos.

Norma de Diseño Sismo Resistente. (2018). *Reglamento Nacional de Edificaciones.* Perú.

Mendoza (2017), “*Análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la Mina Antapaccay*”, [Tesis de pregrado, Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú]. Recuperado de: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/PUCP_c8ba971aeaa40c23e53b74f6faa85834/Details

Oliva, A. O. (2015). *Estabilidad de taludes y laderas. Análisis cuantitativo y cualitativo.* Grupo ITEICO Euroamericano, Ingeniería del Terreno Instrumentación y Control.

Pérez de Ágreda, E. A. (2005). *Estabilidad de Taludes.* Departamento de Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. E.T.S. de

Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Catalunya.

R.N.E. (2012). CE 020 *Estabilización de suelos y taludes*. Normas Legales El Peruano.

Hynes, G. M. y Franklin, A.G. (1984), *Rationalizing the seismic Coefficient Method*.

Toro, J. (2014). *Evaluación de la inestabilidad de taludes en la carretera las Pirias- cruce Lambayeque, San Ignacio*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca- Perú]. Recuperado de <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/476/T%20625.7%20T676%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>


Valiente, R., Sobrecases, S. y Díaz, A. (2015). *Estabilidad de Taludes: Conceptos básicos, parámetros de diseño y métodos de cálculo*. Revista Civilizate, Nro. 7.



Wilson, J. y García, W. (1962). *Geología del Cuadrángulo de Pachía (Hoja 36-v)*, Boletín 04: Carta Geológica Nacional.

ANEXO 1: ENSAYOS CAMPO Y LABORATORIO

- ANEXO 1.1.- Registro de calicatas
- ANEXO 1.2.- Ensayos de Laboratorio.


REGISTRO DE CALICATA (ASTM D 2488)

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA		
UBICACION: ASOC. PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA	FECHA: Enero - 2022	
CALICATA: C-01	ZONA: CALANA	
LEYENDA:	COORDENADA UTM: 8013517 N 373715 E	

PROF. (m)	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION		NIVEL DE AGUA	DESCRIPCION DEL ESTRATO	MUESTRA N°
		SUCS	AASHTO			
0.1					Prof. (m) : 0.00 m a 0.10 m Cubierta	S/M
0.2		SM	A-2-4 (0)	No encontrado	Material antropogenico propio con espesor promedio de 0.10 m	M-01
0.3						
0.4						
0.5						
0.6						
0.7						
0.8						
0.9						
1						
1.1						
1.2						
1.3						
1.4					Prof. (m) : 0.10 m a 2.60 m No presenta indice de plasticidad	
1.5	Conformado por un material de arenas y limos de color beige. El suelo muestreado se clasifica según la ASTM como arena limosa (SM), la cual presenta en su composición 17.0 % de agregado grueso y 83.0 % agregado fino, con humedad natural de 2.93 %, no presenta plasticidad, en la calicata se presenta lente de material consolidado con un espesor de 0.40 m. a una profundidad de 0.90 m.					
1.6						
1.7						
1.8						
1.9						
2						
2.1						
2.2						
2.3						
2.4						
2.5						
2.6						
2.7						
2.8						
2.9						
3						






REGISTRO DE CALICATA (ASTM D 2488)

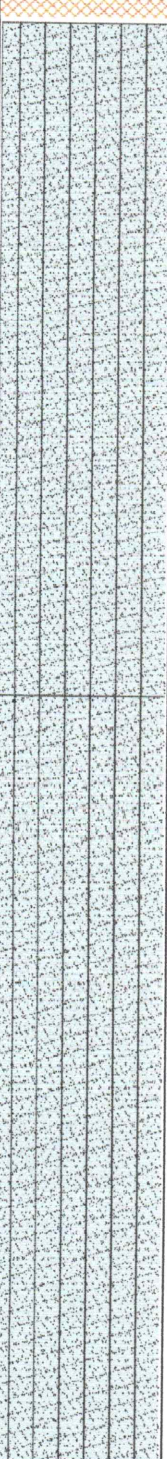
PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA		
UBICACION: ASOC. PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA	FECHA: Enero - 2022	
CALICATA: C-02	ZONA: GALANA	
LEYENDA:	COORDENADA UTM: 8013157 N 373572 E	

PROF. (m)	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION		NIVEL DE AGUA	DESCRIPCION DEL ESTRATO	MUESTRA N°
		SUCS	AASHTO			
0.1					Prof. (m) : 0.00 m a 0.10 m Cubierta	S/M
0.2					Material antropogenico propio con espesor promedio de 0.10 m	
0.3						
0.4						
0.5						
0.6						
0.7						
0.8						
0.9						
1						
1.1						
1.2						
1.3						
1.4						
1.5		SM	A-2-4 (0)	No encontrado	Prof. (m) : 0.10 m a 2.80 m No presenta indice de plasticidad Conformado por un material de arenas y limos de color beige. El suelo muestreado se clasifica según la ASTM como areno limosa (SM), la cual presenta en su composición 34.6 % de agregado grueso y 65.4 % agregado fino, con humedad natural de 2.42 %, no presenta plasticidad, en la calicata se presenta lente de material consolidado con un espesor de 0.30 m. a una profundidad de 1.50 m.	M-02
1.6						
1.7						
1.8						
1.9						
2						
2.1						
2.2						
2.3						
2.4						
2.5						
2.6						
2.7						
2.8						
2.9						
3						






REGISTRO DE CALICATA (ASTM D 2488)


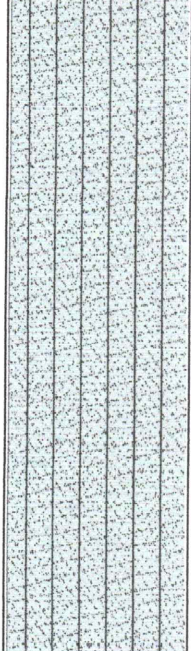
PROYECTO:	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA			
UBICACION:	ASOC. PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA	FECHA:		Enero - 2022
CALICATA:	C-03	ZONA:		CALANA
LEYENDA:	 Cubierta  SM	COORDENADA UTM:		8013352 N 373714 E

PROF. (m)	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION		NIVEL DE AGUA	DESCRIPCION DEL ESTRATO	MUESTRA N°
		SUCS	AASHTO			
0.1		SM	A-2-4 (0)	No encontrado	Prof. (m) : 0.00 m a 0.10 m Cubierta	M-03
0.2					Material antropogenico propio con espesor promedio de 0.10 m	
0.3						
0.4						
0.5						
0.6						
0.7						
0.8						
0.9						
1.0						
1.1						
1.2						
1.3						
1.4						
1.5						
1.6						
1.7						
1.8						
1.9						
2.0						
2.1						
2.2						
2.3						
2.4						
2.5						
2.6						
2.7						
2.8						
2.9						
3.0						






REGISTRO DE CALICATA (ASTM D 2488)

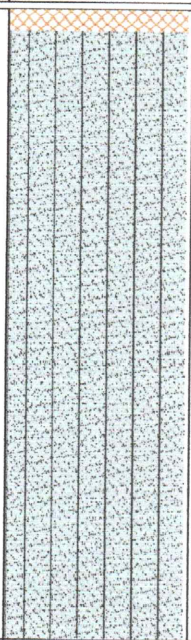
PROYECTO:	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA			
UBICACION:	ASOC. PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA	FECHA:		Enero - 2022
CALICATA:	C-04	ZONA:		CALANA
LEYENDA:	 Cubierta  SM	COORDENADA UTM:		8013456 N 373802 E

PROF. (m)	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION		NIVEL DE AGUA	DESCRIPCION DEL ESTRATO	MUESTRA N°
		SUCS	AASHTO			
0.1					Prof. (m) : 0.00 m a 0.10 m Cubierta	
0.2		SM	A-2-4 (0)	No encontrado	Material antropogenico propio con espesor promedio de 0.10 m	M 04
0.3						
0.4						
0.5						
0.6						
0.7						
0.8						
0.9						
1						
1.1						
1.2						
1.3						
1.4						
1.5						
1.6						
1.7						
1.8						
1.9						
2						
2.1						
2.2						
2.3						
2.4						
2.5						
2.6						
2.7						
2.8						
2.9						
3						



REGISTRO DE CALICATA (ASTM D 2488)

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA		
UBICACION: ASOC. PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA	FECHA: Enero- 2022	
CALICATA: C-05	ZONA: CALANA	
LEYENDA:  Cubierta  SM	COORDENADA UTM: 8013491 N	
	373811 E	

PROF. (m)	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION		NIVEL DE AGUA	DESCRIPCION DEL ESTRATO	MUESTRA N°
		SUCS	AASHTO			
0.1		SM	A-2-4 (0)	No encontrado	Prof. (m) : 0.00 m a 0.10 m Cubierta	M-05
0.2					Material antropogenico propio con espesor promedio de 0.10 m	
0.3						
0.4						
0.5						
0.6						
0.7						
0.8						
0.9						
1						
1.1						
1.2						
1.3						
1.4						
1.5						
1.6						
1.7						
1.8						
1.9						
2						
2.1						
2.2						
2.3						
2.4						
2.5						
2.6						
2.7						
2.8						
2.9						
3						



ENSAYO ESTANDAR PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

ASTM D 422, AASHTO T 88

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE GENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA

UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA

CALICATA: C-01

FECHA: ENERO 2022

ZONA: CALANA

MUESTRA: M-01

Peso de Tara (gr) : 88.70

Muestra Neta Húmeda (gr) : 10074.3

Peso Grava Seca (gr) : 1666.0

Tara + M. Húmeda (gr) : 682.20

Muestra Seca (gr) : 9787.5

Peso Arena Seca (gr) : 8121.5

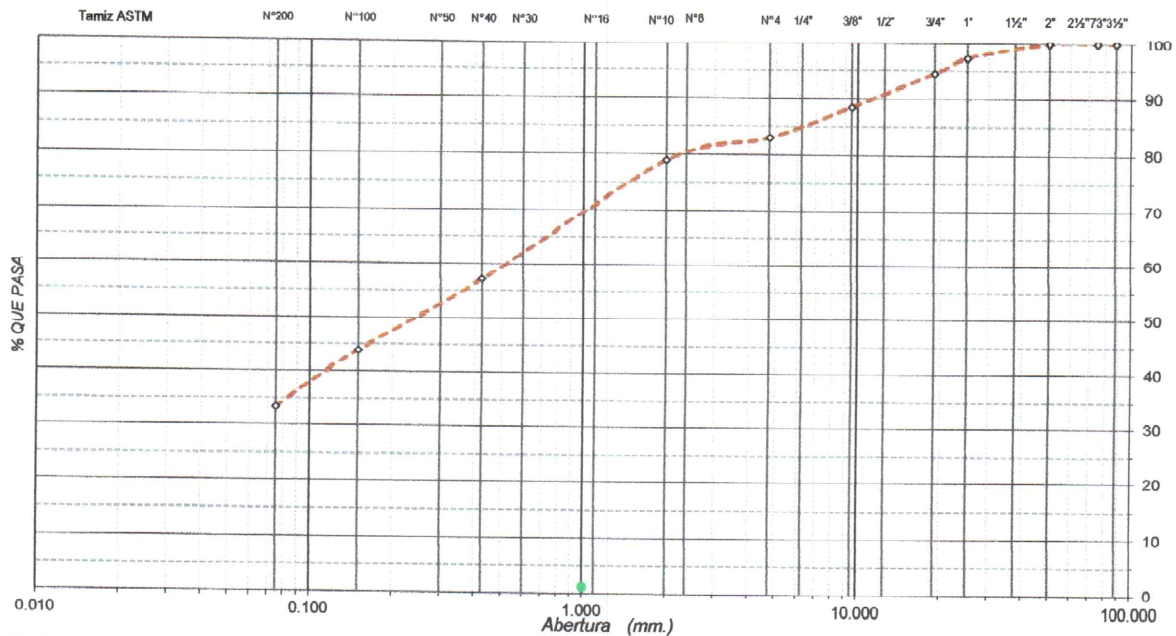
Tara + M. Seca (gr) : 665.30

Humedad Material (%) : 2.93

Fracción fina (gr) : 447.9

Tamices ASTM	Abertura en mm.	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN
31/2"	88.000	0.00	0.00	100.00	La muestra representa al estrato E-01
3"	75.000	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	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	2.67	2.67	97.33	
Resultados del ensayo					
3/4"	19.000	2.84	5.51	94.49	Bolonería (%) : 0.00
1/2"	12.500	3.58	9.08	90.92	Grava (%) : 17.02
3/8"	9.500	2.43	11.51	88.49	Arena (%) : 82.98
1/4"	6.250	3.40	14.92	85.08	Mod.Fineza (%) : 2.17
Nº4	4.750	2.10	17.02	82.98	Pasa Nº4 : 82.98
Nº8	2.360	0.00	17.02	82.98	Pasa Nº10 : 78.92
Nº10	2.000	4.06	21.08	78.92	Pasa Nº40 : 57.04
Nº20	0.484	8.87	29.95	70.05	Pasa Nº200 : 33.55
Nº30	0.590	0.00	29.95	70.05	
Clasificación de Suelos					
Nº40	0.425	13.01	42.96	57.04	SUCS : SM
Nº60	0.279	3.69	46.64	53.36	AASHTO * : A-2-4 (0)
Nº80	0.210	0.00	46.64	53.36	
Límites de Consistencia					
Nº100	0.150	9.52	56.17	43.83	LL : 34
Nº200	0.075	10.28	66.45	33.55	
Base		33.55	100.00		

Gráfico Análisis Granulométrico



OBSERVACIONES: Muestra obtenida en la calicata, representa al estrato encontrado.



LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D 4318 - AASHTO T 89 - 90

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA
UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA
FECHA: ENERO - 2022
ZONA: CALANA
CALICATA: C-01
MUESTRA: M-01

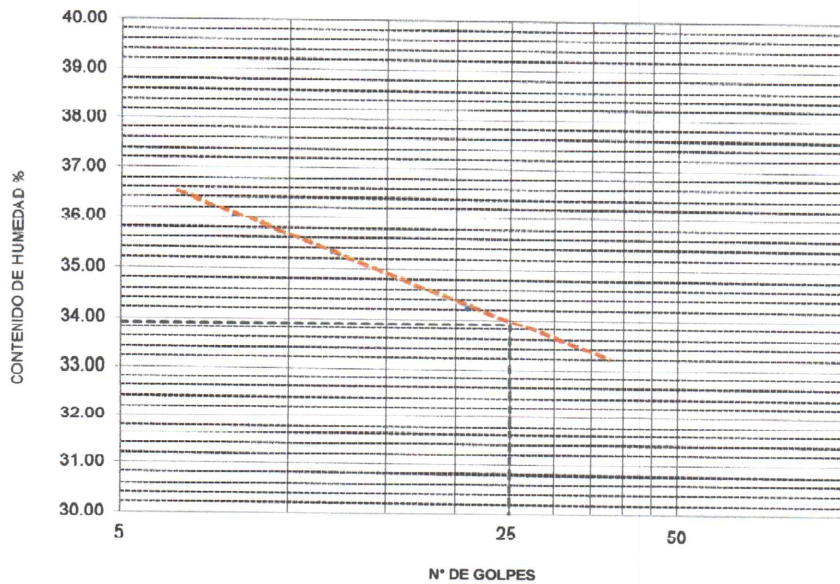
LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO ASTM D 4318 - AASHTO T 89

Muestra o ensayo	1	2	3
No DE GOLPES	8	12	21
RECIPIENTE No	I	II	III
Pr + Ph	38.90	38.84	39.41
Pr + Ps	33.02	32.79	33.70
P. AGUA	5.88	6.05	5.71
Pr	16.71	15.67	17.02
Ps	10.31	17.12	16.68
% DE HUMEDAD	36.1	35.3	34.2

LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318 - AASHTO T 90

RECIPIENTE No		
Pr + Pl		
Pr + Ps	NP	NP
P. AGUA		
Pr		
Ps		
% DE HUMEDAD		



RESULTADOS:

LÍMITE LÍQUIDO %: 34

LÍMITE PLÁSTICO %:

ÍNDICE DE PLASTICIDAD %:

No. Golpes	Factor K
20	0.974
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

OBSERVACIONES: EL MUESTREO SE REALIZO EN COORDINACION CON EL SOLICITANTE

Pr = PESO DEL RECIPIENTE	TEMPERATURA DE SECADO: HORNO: (X) 110° C (X)	AGUA USADA: ()
Ph = PESO HUMEDO	TIEMPO DE SECADO: 24 HORAS	DESTILADA: ()
Ps = PESO SECO	PREPARACION DE LA MUESTRA: Saturacion del material 24 Horas tamiz N° 40	POTABLE: (X)



Gravedad específica de sólidos de suelo mediante picnometro
NPT 339.131; ASTM D 854

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA

UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA **CALICATA:** C-01

FECHA: ENERO - 2022 **ZONA:** CALANA **MUESTRA:** M-01

N° de Prueba	1	2	3
N° de Frasco	a		
Peso Material Seco C (g)	103.60		
Peso de Frasco (fiola) + Agua (g)	679.00		
Peso de Frasco (fiola) + Agua + Peso Material S (g)	782.60		
Peso Material S + Agua en el Frasco (fiola) (g)	733.70		
Volumen de Masa - Volumen de Vacíos B (cm ³)	48.90		
Peso Material Seco A (g)	103.60		
Temperatura del Agua (°C)	27		
Factor de Corrección del Agua E	0.99831		
Volumen de Masa D (cm ³)	48.90		
Gravedad Específica (g/cm ³)	2.115		

Resultados Obtenidos

Gravedad Específica (g/cm ³)	2.115
--	-------

Observaciones: Muestra obtenida en la calicata, representa al estrato encontrado.



EQUIVALENTE DE ARENA
MTC E 114 - ASTM D 2419

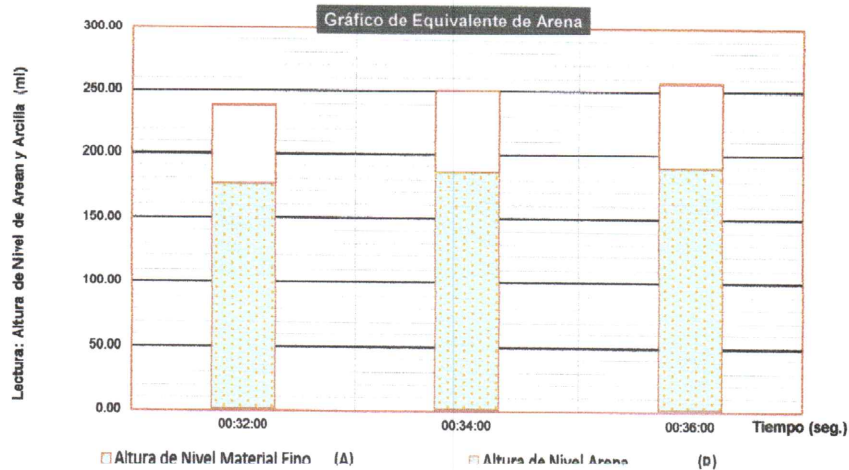
PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA

UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA

FECHA: ENERO - 2022 **ZONA:** CALANA **CALICATA:** C-01 **MUESTRA:** M-01

DESCRIPCION	C-01		
MUESTRA N°	M-01		
HORA DE ENTRADA	00:00:00	00:02:00	00:04:00
HORA DE SALIDA	00:10:00	00:12:00	00:14:00
HORA DE ENTRADA	00:12:00	00:14:00	00:16:00
HORA DE SALIDA	00:32:00	00:34:00	00:36:00
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (pulg)	3.80	3.80	3.90
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (pulg)	1.90	1.90	2.00
EQUIVALENTE DE ARENA	50.00	50.00	51.28
EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO (%)	50 %		

OBSERVACIONES: EL MUESTREO SE REALIZO EN COORDINACION CON EL SOLICITANTE



DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA
ASTM D 1556

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA

SOLICITA: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA

CALICATA: C-01

FECHA: ENERO - 2022

ZONA: CALANA

MUESTRA: M-01

Item	DESCRIPCION	
-	Nº de la prueba	1
-	Profundidad del hoyo (m)	0.15
1	Peso de la arena + frasco (gr.)	7212
2	Peso de la arena que queda + frasco (gr.)	2533
3	Peso de la arena empleada 1-2 (gr.)	4679
4	Peso de la arena en el cono y la placa (gr.)	1736
5	Peso de la arena empleada para llenar el hoyo 3-4 (gr.)	2943
6	Densidad de la arena (gr/cm3)	1.46
10	Volumen del hoyo 5/6 (cm3)	2016
11	Peso tierra húmeda y piedras (gr.)	2506
12	Peso de las piedras retenidas 3/4" (gr.)	286
13	Peso de tierra húmeda 11-12 (gr.)	2220
14	Volumen de las piedras 12/p.e. (cm3)	111
15	Volumen del hueco ocupado por la tierra 10-14 (cm3)	1905
16	Densidad húmeda 13/15 (gr/cm3)	1.165
17	Porcentaje de humedad(Humedómetro) %	3.00
18	Densidad seca (16*100)/(100+17) (gr/cm3)	1.131

OBSERVACIONES :

Muestra obtenida en la calicata , representa al estrato encontrado.



ENSAYO ESTÁNDAR PARA DETERMINAR DENSIDAD MÍNIMA Y PESO UNITARIO
ASTM D 4254

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA

UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. GALANA

CALICATA: C-01

FECHA: ENERO - 2022

ZONA: GALANA

MUESTRA: M-01

MOLDE UTILIZADO

VOLUMEN DEL MOLDE (cm³): 3028.4 PESO DEL MOLDE (gr.) : 8770 MOLDE Nro. 1

DATOS DEL ENSAYO

NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
PESO SUELO + MOLDE	11400	11471	11400		
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	2710	2701	2690		
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	0.89	0.89	0.89		

CONTENIDO DE HUMEDAD

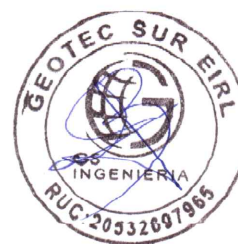
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	5
PESO SUELO HÚMEDO + TARA	214.10	214.10	214.10		
PESO SUELOS SECO + TARA	207.60	207.60	207.60		
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	6.50	6.50	6.50		
PESO DE SUELO SECO	207.60	207.60	207.60		
CONTENIDO DE AGUA	3.13	3.13	3.13		
PESO VOLUMETRICO SECO	0.87	0.86	0.86		

DENSIDAD MÍNIMA SECA :

0.86

gr/cc

OBSERVACIONES : Muestra obtenida en la calicata , representa al estrato encontrado.



ENSAYO ESTÁNDAR DE PRUEBA PARA GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN
ASTM C-127

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE GENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA

UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA

CALICATA: C-01

FECHA: ENERO - 2022

ZONA: CALANA

MUESTRA: M-01

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

DATOS	1	2	Promedio
Peso de tara	98.31	95.14	
Peso de canastilla	0	0	
Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	562.35	586.39	
Peso Mat. Seco (en aire)	547.12	570.34	
Peso canastilla + Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)	275.31	291.21	
A Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	464.04	491.25	
B Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)	275.31	291.21	
C Vol de masas + Vol de vacios = A-B	188.73	200.04	
D Peso Mat. Seco en estufa (105°C)	448.81	475.2	
E Vol de masas = C-(A-D)	173.5	183.99	
Pe Bulk (Base Seca) = D/C	2.378	2.376	2.377
Pe Bulk (Base Saturada) = A/C	2.459	2.456	2.457
Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.587	2.583	2.585
% de Absorción = ((A-D)/D)*100	3.39	3.38	3.385

OBSERVACIONES : Muestra obtenida en la calicata , representa al estrato encontrado.



ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN LABORATORIO – ENERGÍA MODIFICADA

ASTM D 1557

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA

UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA

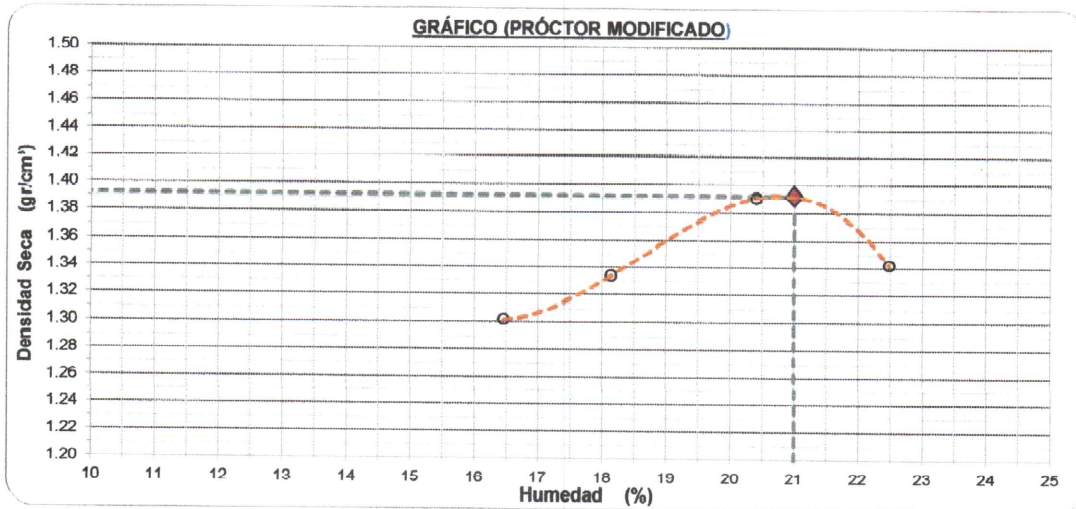
CALICATA C-01

FECHA ENERO - 2022

ZONA: CALANA

MUESTRA : M-01

Proctor Modificado "A"		Peso Molde: 4069.0 gr		Volumen Molde: 937.3 cc	
Prueba N°		01	02	03	04
Numero de capas		5	5	5	5
Numero de golpes		56	56	56	56
Peso suelo + molde	gr.	5490	5546	5638	5610
Peso suelo compactado	gr.	1421.00	1477.00	1569.00	1541.00
Densidad húmeda	gr/cm³	1.316	1.576	1.674	1.644
Humedad					
Tara N°		3	2	4	1
Peso de tara	gr.	88.3	88.7	90.3	136.3
Tara + suelo húmedo	gr.	410.3	420.9	398.4	408.7
Tara + suelo seco	gr.	364.8	369.9	346.2	358.7
Peso de agua	gr.	45.5	51.0	52.2	50.0
Peso de suelo seco	gr.	276.5	281.2	255.9	222.4
Humedad	%	16.46	18.14	20.40	22.48
Densidad Seca	gr/cm³	1.302	1.334	1.390	1.342



Máxima Densidad Seca (gr/cm³)

1.392

Óptimo Contenido Humedad(%)

21.00



ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

ASTM D 422, AASHTO T 88

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA -TACNA

UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA

CALICATA: C-02

FECHA: ENERO - 2022

ZONA: CALANA

MUESTRA: M-01

Peso de Tara (gr) :

119.90

Muestra Neta Húmeda (gr):

8813.9

Peso Grava Seca (gr) :

2313.0

Tara + M. Húmeda (gr) :

925.20

Muestra Seca (gr) :

8605.9

Peso Arena Seca (gr) :

6292.9

Tara + M. Seca (gr) :

906.20

Humedad Material (%) :

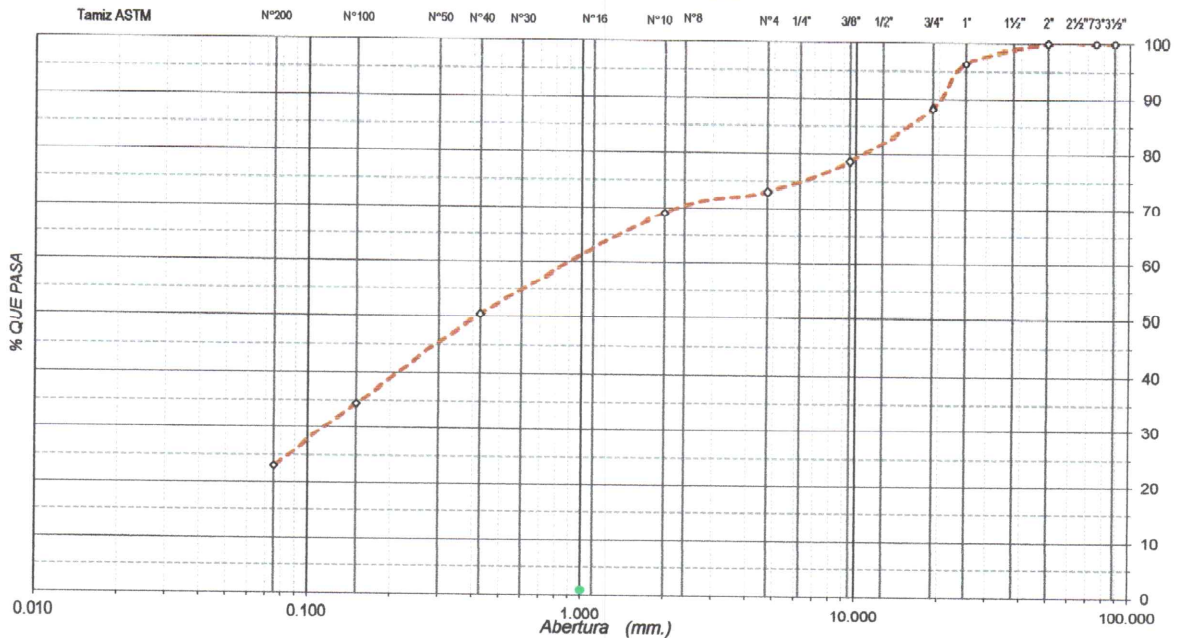
2.42

Fracción fina (gr) :

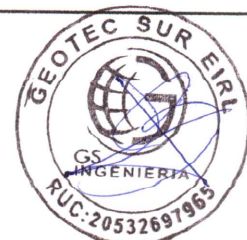
522.6

Tamices ASTM	Abertura en mm.	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN
31/2"	88.000	0.00	0.00	100.00	La muestra representa al estrato E-01
3"	75.000	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	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	3.57	3.57	96.43	
					Resultados del ensayo
3/4"	19.000	8.10	11.67	88.33	Botonería (%) : 0.00
1/2"	12.500	5.52	17.19	82.81	Grava (%) : 20.86
3/8"	9.500	4.19	21.38	78.62	Arena (%) : 73.12
1/4"	6.250	3.88	25.26	74.74	Mod.Fineza (%) : 2.88
Nº4	4.750	1.62	26.88	73.12	Pasa Nº4 : 73.12
Nº8	2.360	0.00	26.88	73.12	Pasa Nº10 : 69.08
Nº10	2.000	4.04	30.92	69.08	Pasa Nº40 : 50.39
Nº20	0.848	7.26	38.18	61.82	Pasa Nº200 : 22.95
Nº30	0.590	0.00	38.18	61.82	
Nº40	0.425	11.43	49.61	50.39	Clasificación de Suelos
Nº60	0.279	3.89	53.50	46.50	SUCS : SM
Nº80	0.210	0.00	53.50	46.50	AASHTO : A-2-4 (0)
Nº100	0.150	12.03	65.54	34.46	Límites de Consistencia
Nº200	0.075	11.52	77.05	22.95	L.L. : 32
Base		22.95	100.00		

Gráfico Análisis Granulométrico



OBSERVACIONES: Muestra obtenida en la calicata, representa al estrato encontrado.



**LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D 4318 - AASHTO T 89**

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA
UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA
FECHA: ENERO - 2022
ZONA: CALANA
CALICATA: C-02
MUESTRA: M-01

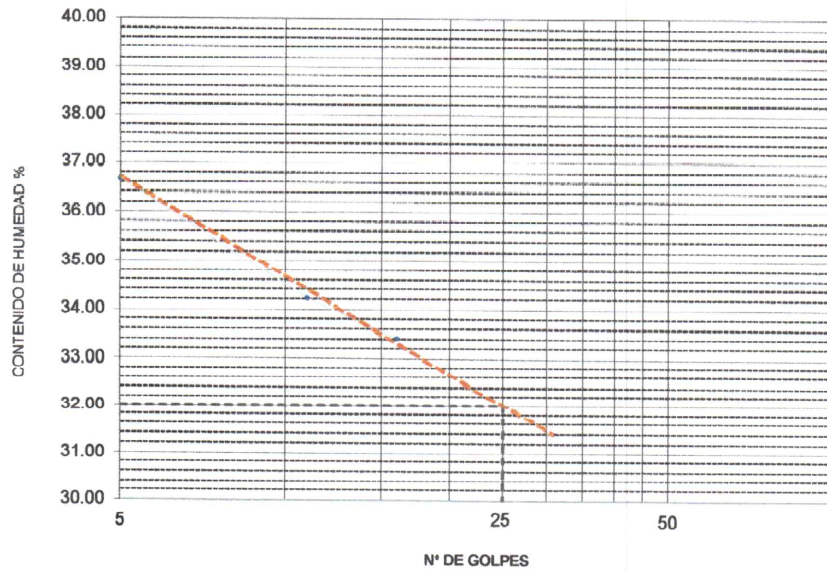
LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO MTC 110 - ASTM D 4318 - AASHTO T 89

Muestra o ensayo	1	2	3
No DE GOLPES	5	11	16
RECIPIENTE No	I	II	III
Pr + Ph	38.00	38.76	38.12
Pr + Ps	32.02	32.99	31.14
P. AGUA	5.98	5.77	4.98
Pr	15.71	16.13	16.24
Ps	16.31	16.86	14.90
% DE HUMEDAD	36.7	34.2	33.4

LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318 - AASHTO T 89

RECIPIENTE No			
Pr + Ph			
Pr + Ps	NP	NP	
P. AGUA			
Pr			
Ps			
% DE HUMEDAD			



RESULTADOS:

LÍMITE LÍQUIDO %: 32

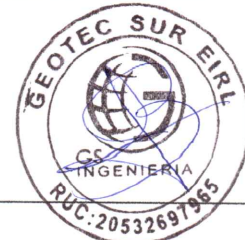
LÍMITE PLÁSTICO %:

ÍNDICE DE PLASTICIDAD %:

No. Golpes	Factor K
20	0.974
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

OBSERVACIONES: EL MUESTREO SE REALIZO EN COORDINACION CON EL SOLICITANTE

Pr = PESO DEL RECIPIENTE	TEMPERATURA DE SECADO:	HORNO: (X)	110° C (X)	AGUA USADA: ()
Ph = PESO HUMEDO	TIEMPO DE SECADO:	24 HORAS		DESTILADA: ()
Ps = PESO SECO	PREPARACION DE LA MUESTRA: Saturacion del material 24 Horas tamiz N° 40			POTABLE: (X)



Gravedad Específica de sólidos de suelo mediante picnometro
NPT 339.131; ASTM D 854

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA -TACNA

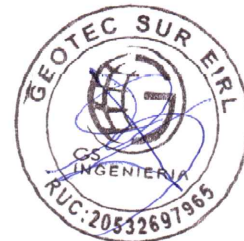
UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA **CALICATA:** C-02
FECHA: ENERO - 2022 **ZONA:** CALANA **MUESTRA :** M-01

N° de Prueba	1	2	3
N° de Frasco	a	b	
Peso Material Seco C (g)	107.60		
Peso de Frasco (fiola) + Agua (g)	686.20		
Peso de Frasco (fiola) + Agua + Peso Material S (g)	793.80		
Peso Material S + Agua en el Frasco (fiola) (g)	744.40		
Volumen de Masa - Volumen de Vacíos B (cm ³)	49.40		
Peso Material Seco A (g)	107.60		
Temperatura del Agua (°C)	24		
Factor de Corrección del Agua E	0.99903		
Volumen de Masa D (cm ³)	49.40		
Gravedad Específica (g/cm ³)	2.176		

Resultados Obtenidos

Gravedad Específica (g/cm ³)	2.176
--	-------

Observaciones : Muestra obtenida en la calicata , representa al estrato encontrado.



EQUIVALENTE DE ARENA
MTC E 114 - ASTM D 2419

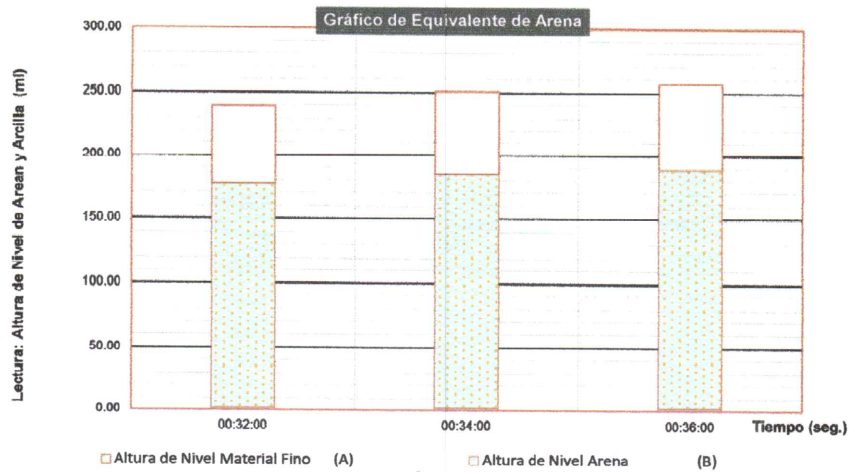
PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA -TACNA

UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA

FECHA: ENERO - 2022 **ZONA:** CALANA **CALICATA:** C-02 **MUESTRA:** M 01

DESCRIPCION	C-02		
MUESTRA N°	M-01		
HORA DE ENTRADA	00:00:00	00:02:00	00:04:00
HORA DE SALIDA	00:10:00	00:12:00	00:14:00
HORA DE ENTRADA	00:12:00	00:14:00	00:16:00
HORA DE SALIDA	00:32:00	00:34:00	00:36:00
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (pulg)	4.00	4.00	4.00
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (pulg)	2.00	2.10	2.00
EQUIVALENTE DE ARENA	50.00	52.50	50.00
EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO (%)	51 %		

OBSERVACIONES : EL MUESTREO SE REALIZO EN COORDINACION CON EL SOLICITANTE



PROYECTO ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA -TACNA

SOLICITA: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA **CALICATA:** C-02

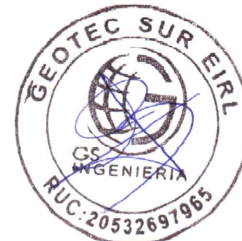
FECHA ENERO - 2022 **ZONA:** CALANA **MUESTRA :** M-01

DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA
ASTM D 1556

Item	DESCRIPCION		
-	Nº de la prueba		1
-	Profundidad del hoyo	(m)	0.15
1	Peso de la arena + frasco	(gr.)	7148
2	Peso de la arena que queda + frasco	(gr.)	2643
3	Peso de la arena empleada 1-2	(gr.)	4505
4	Peso de la arena en el cono y la placa	(gr.)	1736
5	Peso de la arena empleada para llenar el hoyo 3-4 (gr.)		2769
6	Densidad de la arena	(gr/cm3)	1.46
10	Volumen del hoyo 5/6	(cm3)	1897
11	Peso tierra húmeda y piedras	(gr.)	2441
12	Peso de las piedras retenidas 3/4"	(gr.)	299
13	Peso de tierra húmeda 11-12	(gr.)	2142
14	Volumen de las piedras 12/p.e.	(cm3)	115
15	Volumen del hueco ocupado por la tierra 10-14 (cm3)		1781
16	Densidad húmeda 13/15	(gr/cm3)	1.203
17	Porcentaje de humedad(Humedómetro)	%	2.50
18	Densidad seca $(16 \times 100) / (100 + 17)$	(gr/cm3)	1.173

OBSERVACIONES :

Muestra obtenida en la calicata , representa al estrato encontrado.



ENSAYO ESTÁNDAR PARA DETERMINAR DENSIDAD MÍNIMA Y PESO UNITARIO
ASTM D 4254

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA -TACNA

UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA

CALICATA: C-02

FECHA: ENERO - 2022

ZONA: CALANA

MUESTRA: M-01

MOLDE UTILIZADO

VOLUMEN DEL MOLDE (cm3): 3028.4 PESO DEL MOLDE (gr.) : 8770 MOLDE Nro. 1

DATOS DEL ENSAYO

NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
PESO SUELO + MOLDE	12101	12112	12090		
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	3331	3342	3320		
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1.10	1.10	1.10		

CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	5
PESO SUELO HÚMEDO + TARA	210.40	210.40	210.40		
PESO SUELOS SECO + TARA	207.80	207.80	207.80		
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	2.60	2.60	2.60		
PESO DE SUELO SECO	207.80	207.80	207.80		
CONTENIDO DE AGUA	1.25	1.25	1.25		
PESO VOLUMETRICO SECO	1.09	1.09	1.08		

DENSIDAD MÍNIMA SECA :

1.088

gr/cc

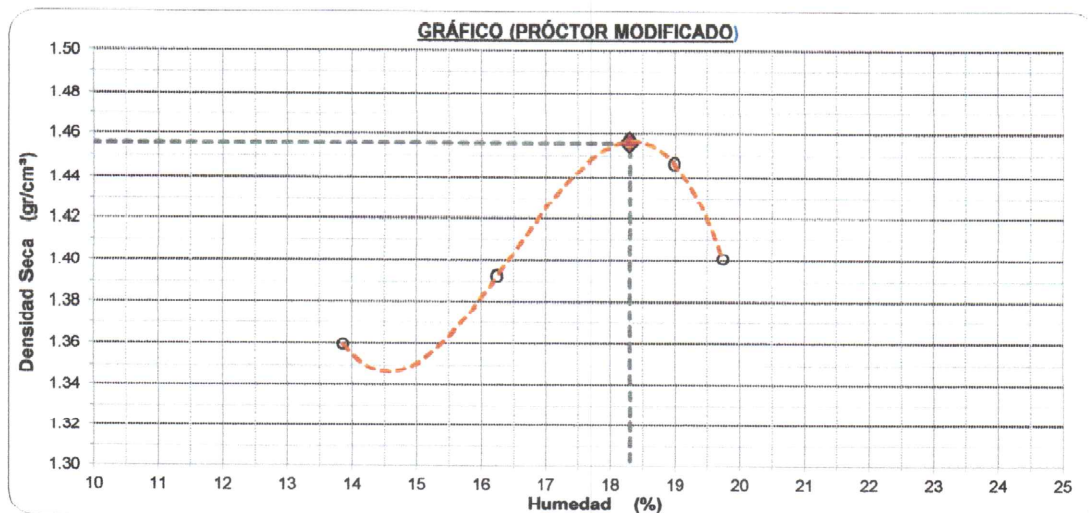
OBSERVACIONES : Muestra obtenida en la calicata , representa al estrato encontrado.



ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN LABORATORIO – ENERGÍA MODIFICADA
ASTM D 1557

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA -TACNA
UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA
FECHA: ENERO - 2022 **ZONA:** CALANA **CALICATA:** C-02
MUESTRA: M-01

Proctor Modificado "A"		Peso Molde: 4069.0 gr		Volumen Molde: 937.3 cc	
Prueba N°		01	02	03	04
Numero de capas		5	5	5	5
Numero de golpes		56	56	56	56
Peso suelo + molde	gr.	5520	5586	5682	5641
Peso suelo compactado	gr.	1451.00	1517.00	1613.00	1572.00
Densidad húmeda	gr/cm ³	1.548	1.618	1.721	1.677
Humedad					
Tara N°		3	2	4	1
Peso de tara	gr.	79.6	95.4	85.3	96.1
Tara + suelo húmedo	gr.	389.2	432.4	395.7	425.2
Tara + suelo seco	gr.	351.5	385.3	346.2	370.9
Peso de agua	gr.	37.7	47.1	49.5	54.3
Peso de suelo seco	gr.	272.0	289.9	260.9	274.8
Humedad	%	13.86	16.24	18.99	19.75
Densidad Seca	gr/cm ³	1.360	1.392	1.446	1.401



Máxima Densidad Seca (gr/cm³) **1.456** Óptimo Contenido Humedad(%) **18.30**



ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

ASTM D 422, AASHTO T 88

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA

UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA

CALICATA: C-03

FECHA: ENERO - 2022

ZONA: CALANA

MUESTRA: M-01

Peso de Tara (gr) : 136.20

Muestra Neta Húmeda (gr) : 9406.4

Peso Grava Seca (gr) : 1346.0

Tara + M. Húmeda (gr) : 882.40

Muestra Seca (gr) : 9226.1

Peso Arena Seca (gr) : 7880.1

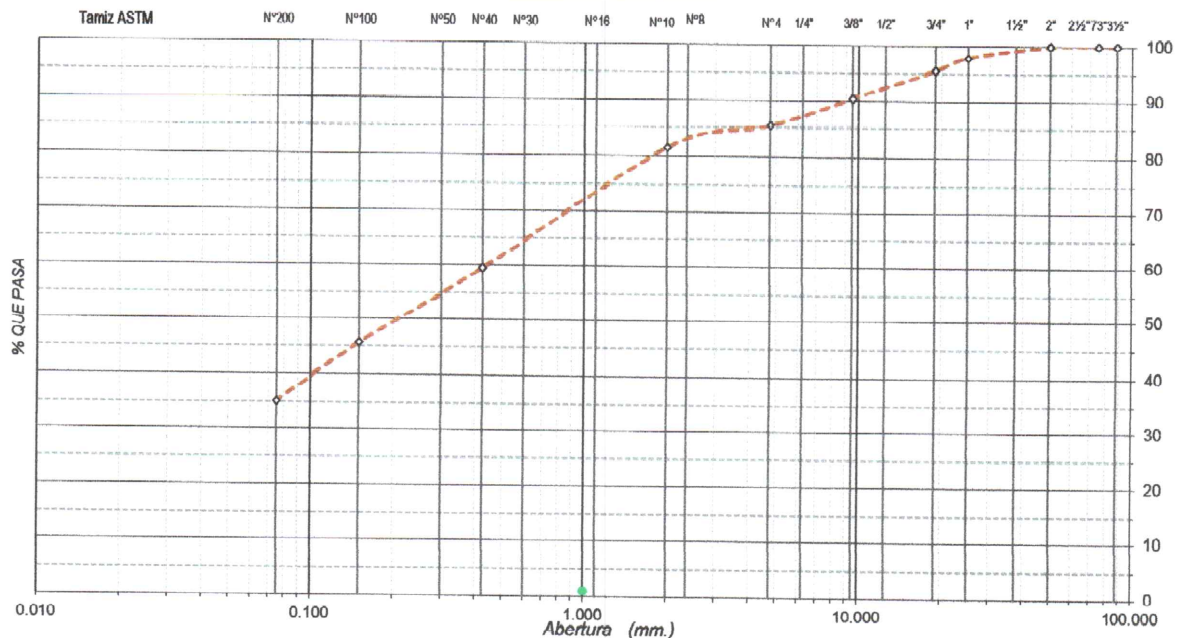
Tara + M. Seca (gr) : 868.10

Humedad Material (%) : 1.95

Fracción fina (gr) : 402.8

Tamices ASTM	Abertura en mm.	% Retenido Parcial	% Retenido ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN
3 1/2"	88.000	0.00	0.00	100.00	La muestra representa al estrato E-01
3"	75.000	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	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	2.15	2.15	97.85	
					Resultados del ensayo
3/4"	19.000	2.28	4.42	95.58	Bolonería (%) : 0.00
1/2"	12.500	3.13	7.55	92.45	Grava (%) : 14.59
3/8"	9.500	2.04	9.59	90.41	Arena (%) : 85.41
1/4"	6.250	2.93	12.52	87.48	Mod.Fineza (%) : 2.00
Nº4	4.750	2.07	14.59	85.41	Pasa Nº4 : 85.41
Nº8	2.360	0.00	14.59	85.41	Pasa Nº10 : 81.49
Nº10	2.000	3.92	18.51	81.49	Pasa Nº40 : 59.58
Nº20	0.848	8.84	27.35	72.65	Pasa Nº200 : 35.18
Nº30	0.590	0.00	27.35	72.65	
Nº40	0.425	13.06	40.42	59.58	Clasificación de Suelos
Nº60	0.279	3.77	44.19	55.81	SUCS : SM
Nº80	0.210	0.00	44.19	55.81	AASHTO * : A-4 (0)
Nº100	0.150	10.14	54.33	45.67	Límites de Consistencia
Nº200	0.075	10.50	64.82	35.18	LL : 33
Base		35.18	100.00		

Gráfico Análisis Granulométrico



OBSERVACIONES: Muestra obtenida en la calicata, representa al estrato encontrado.



**LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D 4318 - AASHTO T 89**

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA
UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA
FECHA: ENERO - 2022 **ZONA:** CALANA **CALICATA:** C-03
MUESTRA: M-01

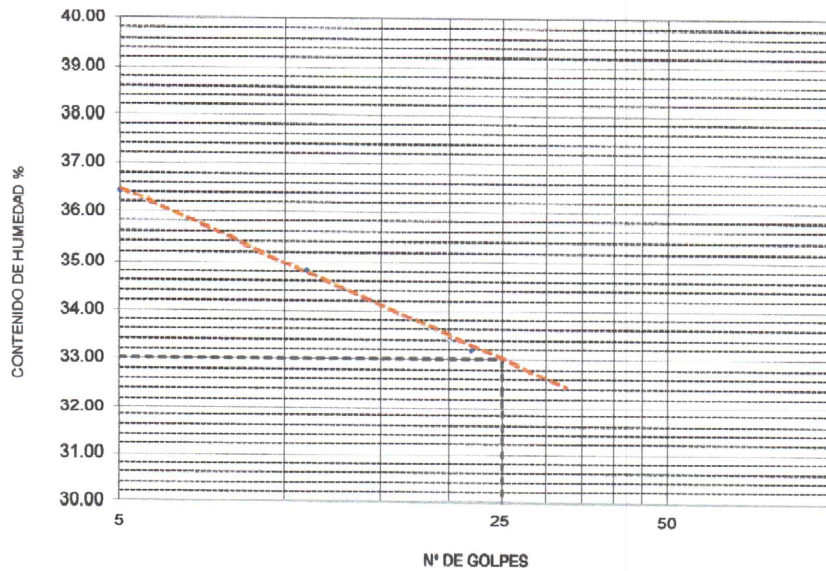
LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO MTC 110 - ASTM D 4318 - AASHTO T 89

Muestra o ensayo	1	2	3
No DE GOLPES	5	11	22
RECIPIENTE No	I	II	III
Pr + Ph	40.74	46.49	39.39
Pr + Ps	34.31	38.67	33.35
P. AGUA	6.43	7.82	6.04
Pr	16.66	10.22	13.15
Ps	17.65	22.45	18.20
% DE HUMEDAD	36.4	34.8	33.2

LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318 - AASHTO T 89

RECIPIENTE No		
Pr + Ph		
Pr + Ps	NP	NP
P. AGUA		
Pr		
Ps		
% DE HUMEDAD		



RESULTADOS:

LÍMITE LÍQUIDO %: 33
 LÍMITE PLÁSTICO %:
 ÍNDICE DE PLASTICIDAD %:

No. Golpes	Factor K
20	0.974
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

OBSERVACIONES: Muestra obtenida en la calicata, representa al estrato encontrado.

Pr = PESO DEL RECIPIENTE	TEMPERATURA DE SECADO:	HORNO: (X) 110° C (X)	AGUA USADA: ()
Ph = PESO HUMEDO	TIEMPO DE SECADO:	24 HORAS	DESTILADA: ()
Po = PESO SECO	PREPARACION DE LA MUESTRA: Saturacion del material 24 Horas tamiz N° 40		POTABLE: (X)



Gravedad Específica de sólidos de suelo mediante picnometro

NPT 339.131; ASTM D 854

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA

UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA

CALICATA: C-03

FECHA: ENERO - 2022

ZONA: CALANA

MUESTRA: M-01

N° de Prueba	1	2	3
N° de Frasco	a	b	
Peso Material Seco C (g)	99.10		
Peso de Frasco (fiola) + Agua (g)	680.80		
Peso de Frasco (fiola) + Agua + Peso Material S (g)	779.90		
Peso Material S + Agua en el Frasco (fiola) (g)	733.30		
Volumen de Masa - Volumen de Vacíos B (cm ³)	46.60		
Peso Material Seco A (g)	99.10		
Temperatura del Agua (°C)	27		
Factor de Corrección del Agua E	0.99831		
Volumen de Masa D (cm ³)	46.60		
Gravedad Específica (g/cm ³)	2.123		

Resultados Obtenidos

Gravedad Específica (g/cm ³)	2.123
--	-------

Observaciones: Muestra obtenida en la calicata, representa al estrato encontrado.



EQUIVALENTE DE ARENA
MTC E 114 - ASTM D 2419

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA

UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA

CALICATA: C-03

FECHA: ENERO - 2022

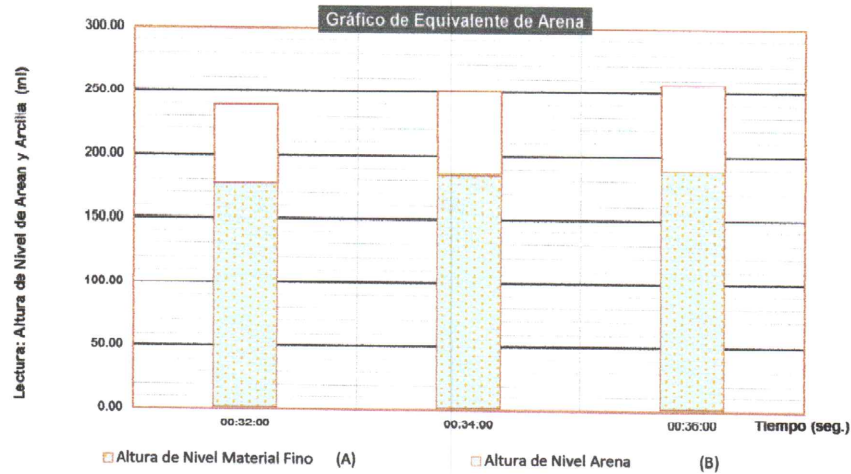
ZONA: CALANA

MUESTRA: M-01

DESCRIPCION	C-03		
	M-01		
MUESTRA N°	M-01		
HORA DE ENTRADA	00:00:00	00:02:00	00:04:00
HORA DE SALIDA	00:10:00	00:12:00	00:14:00
HORA DE ENTRADA	00:12:00	00:14:00	00:16:00
HORA DE SALIDA	00:32:00	00:34:00	00:36:00
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (pulg)	3.70	3.60	3.70
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (pulg)	1.60	1.60	1.70
EQUIVALENTE DE ARENA	43.24	44.44	45.95
EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO (%)	45 %		

OBSERVACIONES :

Muestra obtenida en la calicata , representa al estrato encontrado.



PROYECTO ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA

SOLICITA: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA

CALICATA: C-03

FECHA ENERO - 2022

ZONA: CALANA

MUESTRA : M-01

DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA
ASTM D 1556

Item	DESCRIPCION	
-	Nº de la prueba	1
-	Profundidad del hoyo (m)	0.15
1	Peso de la arena + frasco (gr.)	7021
2	Peso de la arena que queda + frasco (gr.)	2304
3	Peso de la arena empleada 1-2 (gr.)	4717
4	Peso de la arena en el cono y la placa (gr.)	1736
5	Peso de la arena empleada para llenar el hoyo 3-4 (gr.)	2981
6	Densidad de la arena (gr/cm3)	1.46
10	Volumen del hoyo 5/6 (cm3)	2042
11	Peso tierra húmeda y piedras (gr.)	2305
12	Peso de las piedras retenidas 3/4" (gr.)	286
13	Peso de tierra húmeda 11-12 (gr.)	2019
14	Volumen de las piedras 12/p.e. (cm3)	111
15	Volumen del hueco ocupado por la tierra 10-14 (cm3)	1931
16	Densidad húmeda 13/15 (gr/cm3)	1.045
17	Porcentaje de humedad(Humedómetro) %	2.00
18	Densidad seca (16*100)/(100+17) (gr/cm3)	1.025

OBSERVACIONES :

Muestra obtenida en la calicata , representa al estrato encontrado.



ENSAYO ESTÁNDAR PARA DETERMINAR DENSIDAD MÍNIMA Y PESO UNITARIO
ASTM D 4254

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA

UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA

CALICATA: C-03

FECHA: ENERO - 2022

ZONA: CALANA

MUESTRA: M-01

MOLDE UTILIZADO

VOLUMEN DEL MOLDE (cm³): 3028.4 PESO DEL MOLDE (gr.) : 8770 MOLDE Nro. 1

DATOS DEL ENSAYO

NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
PESO SUELO + MOLDE	11631	11626	11615		
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	2861	2856	2845		
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	0.94	0.94	0.94		

CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	5
PESO SUELO HÚMEDO + TARA	214.10	214.10	214.10		
PESO SUELOS SECO + TARA	207.60	207.60	207.60		
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	6.50	6.50	6.50		
PESO DE SUELO SECO	207.60	207.60	207.60		
CONTENIDO DE AGUA	3.13	3.13	3.13		
PESO VOLUMETRICO SECO	0.92	0.91	0.91		

DENSIDAD MÍNIMA SECA :

0.91

gr/cc

OBSERVACIONES : Muestra obtenida en la calicata , representa al estrato encontrado.



ENSAYO ESTÁNDAR DE PRUEBA PARA GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN
ASTM C-127

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA

UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA

CALICATA: C-03

FECHA: ENERO - 2022

ZONA: CALANA

MUESTRA: M-01

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION

DATOS	1	2	Promedio
Peso de tara	106.81	102.43	
Peso de canastilla	0	0	
Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	666.79	586.35	
Peso Mat. Seco (en aire)	647.93	570.14	
Peso canastilla + Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)	329.12	284.68	
A Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	559.98	483.92	
B Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)	329.12	284.68	
C Vol de masas + Vol de vacios = A-B	230.86	199.24	
D Peso Mat. Seco en estufa (105°C)	541.12	467.71	
E Vol de masas = C-(A-D)	212	183.03	
Pe Bulk (Base Seca) = D/C	2.344	2.347	2.346
Pe Bulk (Base Saturada) = A/C	2.426	2.429	2.427
Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.552	2.555	2.554
% de Absorción = ((A-D)/D)*100	3.49	3.47	3.476

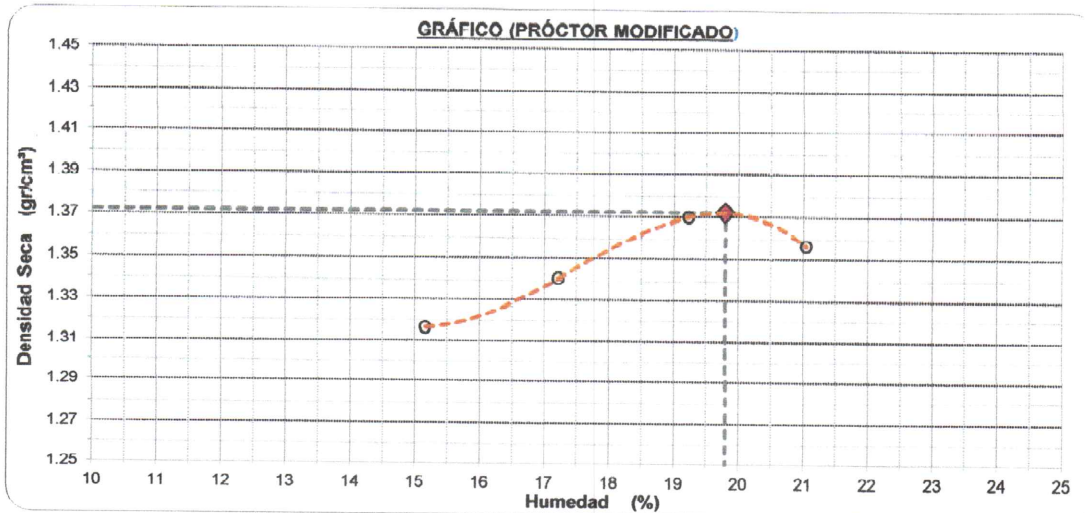
OBSERVACIONES : Muestra obtenida en la calicata , representa al estrato encontrado.



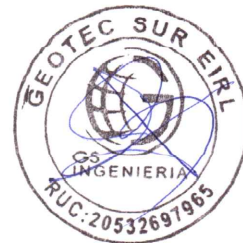
ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN LABORATORIO - ENERGÍA MODIFICADA
ASTM D 1557

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA
UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA
FECHA: ENERO - 2022 **ZONA:** CALANA **CALICATA MUESTRA:** C-03 M-01

Proctor Modificado "A"		Peso Molde: 4069.0 gr		Volumen Molde: 937.3 cc	
Prueba N°		01	02	03	04
Numero de capas		5	5	5	5
Numero de golpes		56	56	56	56
Peso suelo + molde	gr.	5490	5542	5600	5608
Peso suelo compactado	gr.	1421.00	1473.00	1531.00	1539.00
Densidad húmeda	gr/cm ³	1.516	1.572	1.633	1.642
Humedad					
Tara N°		3	2	4	1
Peso de tara	gr.	88.7	119.9	136.3	88.3
Tara + suelo húmedo	gr.	363.6	441.9	419.6	356.3
Tara + suelo seco	gr.	327.4	394.6	373.9	309.7
Peso de agua	gr.	36.2	47.3	45.7	46.6
Peso de suelo seco	gr.	238.7	274.7	237.6	221.4
Humedad	%	15.17	17.22	19.23	21.05
Densidad Seca	gr/cm ³	1.316	1.341	1.370	1.356



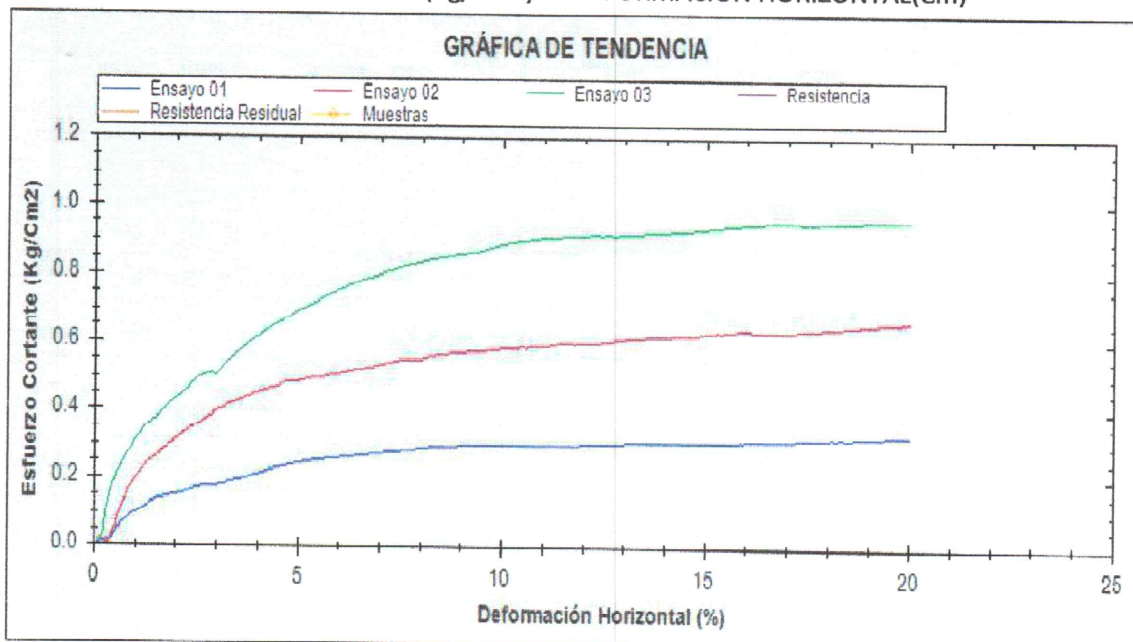
Máxima Densidad Seca (gr/cm³) 1.372 Óptimo Contenido Humedad(%) 19.80



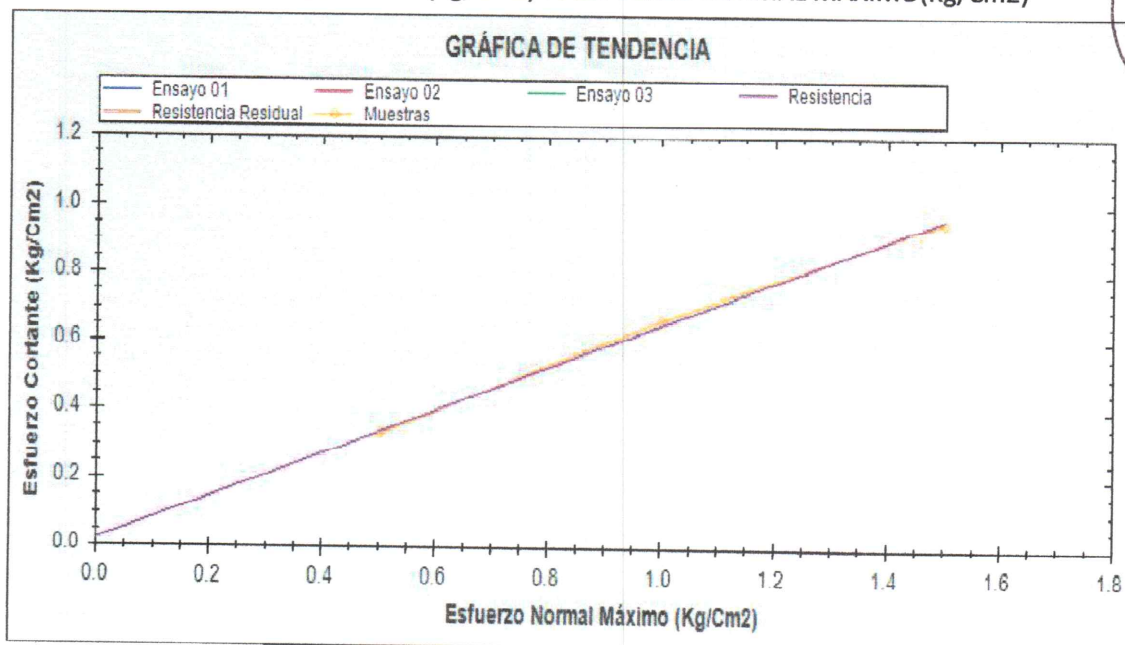
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Proyecto	: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA – TACNA, 2020		
Código	: 00340	Informe	: CORTE DIRECTO D-3080
Fecha	: 20/05/2021	Hora	: 01:47:38 p.m.
Exploración	: CALICATA C-03	Muestra	: MUESTRA-01
Freático	: NP	Estrato	: 3.00
Cohesión	: 0.0232	Ángulo	: 32.0967

ESFUERZO CORTANTE(Kg/Cm²) vs DEFORMACIÓN HORIZONTAL(Cm)



ESFUERZO CORTANTE(Kg/Cm²) vs ESFUERZO NORMAL MÁXIMO(Kg/Cm²)





ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Proyecto : ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA – TACNA, 2020

Codigo : 00340 Informe : CORTE DIRECTO D-3080

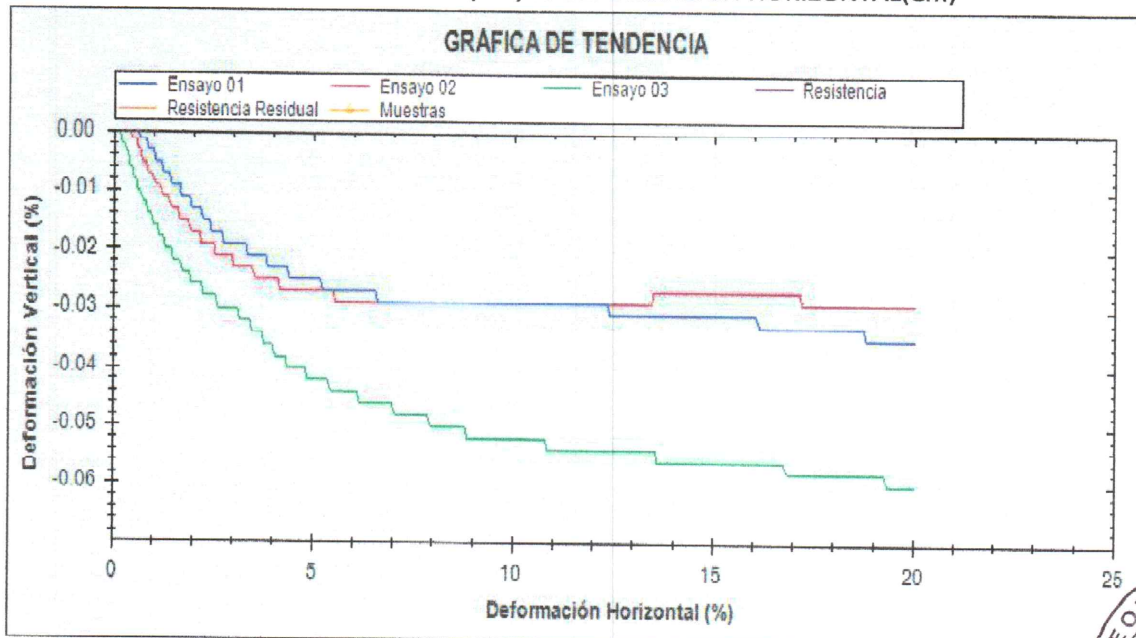
Fecha : 20/05/2021 Hora : 01:47:38 p.m.

Exploración : CALICATA C-03 Muestra : MUESTRA-01

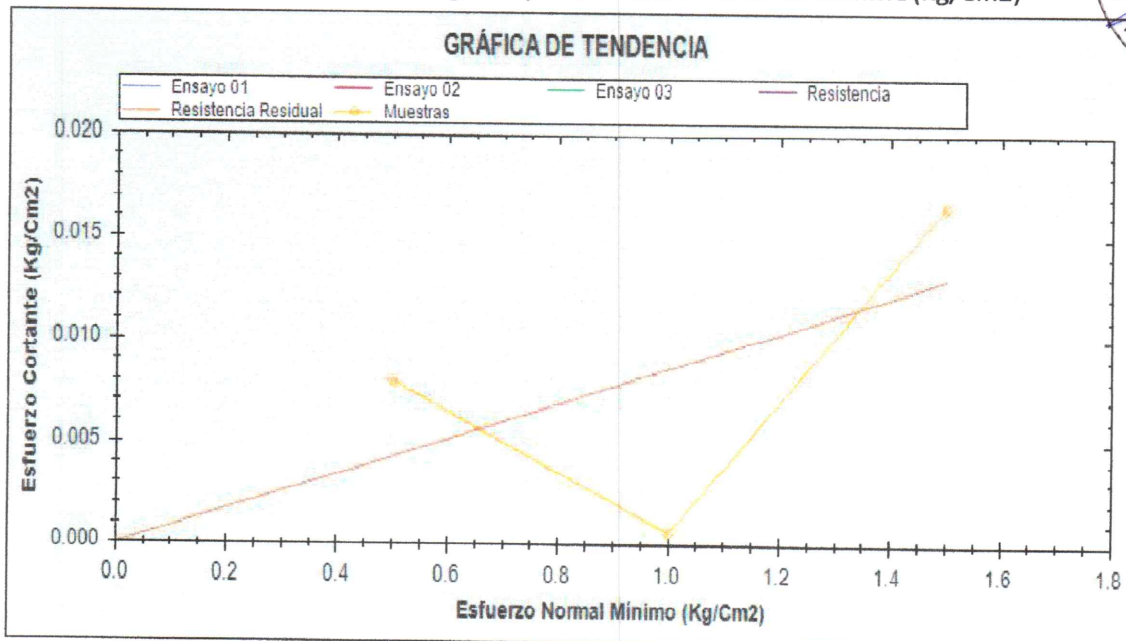
Freático : NP Estrato : 3.00

Cohesión : 0.0000 Ángulo : 0.4934

DEFORMACIÓN VERTICAL(Cm) vs DEFORMACION HORIZONTAL(Cm)



ESFUERZO CORTANTE(Kg/Cm2) vs ESFUERZO NORMAL MÍNIMO(Kg/Cm2)



ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN LABORATORIO - ENERGÍA MODIFICADA
ASTM D 1557

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA

UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA

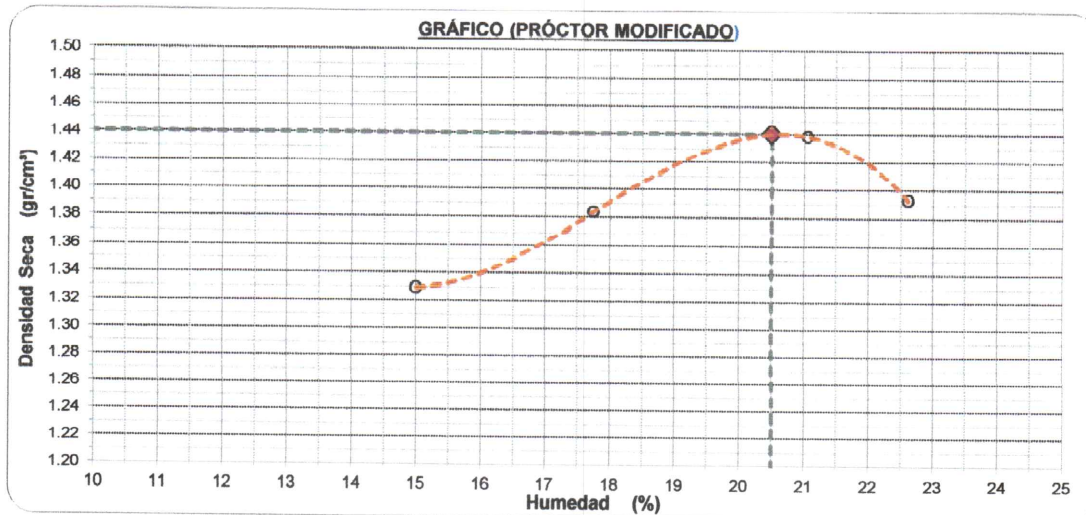
CALICATA: C-04

FECHA: ENERO - 2022

ZONA: CALANA

MUESTRA: M-01

Proctor Modificado "A"		Peso Molde: 4069.0 gr		Volumen Molde: 937.3 cc	
Prueba Nº		01	02	03	04
Numero de capas		5	5	5	5
Numero de golpes		56	56	56	56
Peso suelo + molde	gr.	5502	5596	5701	5670
Peso suelo compactado	gr.	1433.00	1527.00	1632.00	1601.00
Densidad húmeda	gr/cm ³	1.529	1.629	1.741	1.708
Humedad					
Tara Nº		3	2	4	1
Peso de tara	gr.	90.1	95.6	86.3	91.5
Tara + suelo húmedo	gr.	452.4	395.3	375.1	416.3
Tara + suelo seco	gr.	405.1	350.1	324.9	356.4
Peso de agua	gr.	47.3	45.2	50.2	59.9
Peso de suelo seco	gr.	315.0	254.5	238.6	264.9
Humedad	%	15.00	17.74	21.06	22.61
Densidad Seca	gr/cm ³	1.329	1.384	1.438	1.393



Máxima Densidad Seca (gr/cm³)

1.440

Óptimo Contenido Humedad(%)

20.50



ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

ASTM D 422, AASHTO T 88

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA

UBIGACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA

CALICATA: C-04

FECHA: ENERO - 2022

ZONA: CALANA

MUESTRA: M-01

Peso de Tara (gr) : 125.36

Muestra Neta Húmeda (gr) : 11202.1

Peso Grava Seca (gr) : 2059.0

Tara + M. Húmeda (gr) : 658.32

Muestra Seca (gr) : 10848.1

Peso Arena Seca (gr) : 8789.1

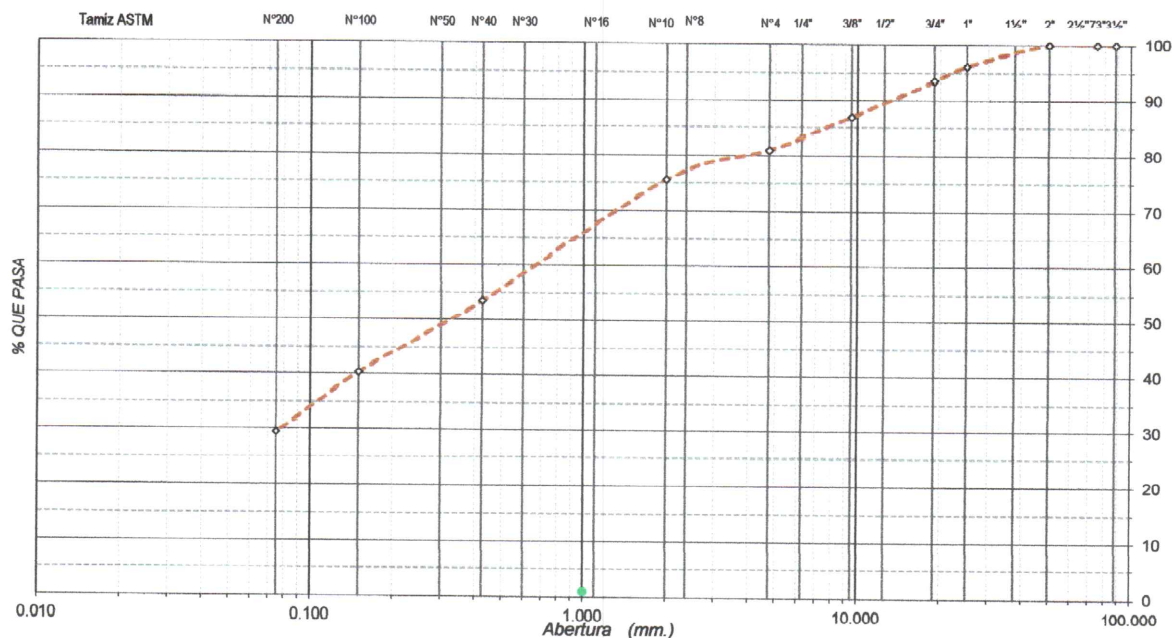
Tara + M. Seca (gr) : 641.48

Humedad Material (%) : 3.26

Fracción fina (gr) : 450.1

Tamices ASTM	Abertura en mm.	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN	
31/2"	88.000	0.00	0.00	100.00	La muestra representa al estrato E-01	
3"	75.000	0.00	0.00	100.00		
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	100.00		
2"	50.000	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	37.500	0.88	0.88	99.12		
1"	25.000	2.88	3.75	96.25		
Resultados del ensayo						
3/4"	19.000	2.75	6.50	93.50	Bolonería (%) : 0.00	
1/2"	12.500	3.36	9.86	90.14	Grava (%) : 18.98	
3/8"	9.500	3.18	13.04	86.96	Arena (%) : 81.02	
1/4"	6.250	3.03	16.08	83.92	Mod.Fineza (%) : 2.38	
Nº4	4.750	2.90	18.98	81.02	Pasa Nº4 : 81.02	
Nº8	2.360	0.00	18.98	81.02	Pasa Nº10 : 75.58	
Nº10	2.000	5.44	24.42	75.58	Pasa Nº40 : 53.56	
Nº20	0.848	9.03	33.45	66.55	Pasa Nº200 : 29.46	
Nº30	0.590	0.00	33.45	66.55	Clasificación de Suelos	
Nº40	0.425	12.99	46.44	53.56	SUCS : SM	
Nº60	0.279	3.62	50.06	49.94	AASHTO * : A-2-4 (0)	
Nº80	0.210	0.00	50.06	49.94	Límites de Consistencia	
Nº100	0.150	9.63	59.69	40.31	LL : 31	
Nº200	0.075	10.84	70.54	29.46		
Base		29.46	100.00			

Gráfico Análisis Granulométrico



OBSERVACIONES: Muestra obtenida en la calicata, representa al estrato encontrado.



LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D 4318 - AASHTO T 89

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA
UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA
FECHA: ENERO - 2022
ZONA: CALANA
CALICATA: C-04
MUESTRA: M-01

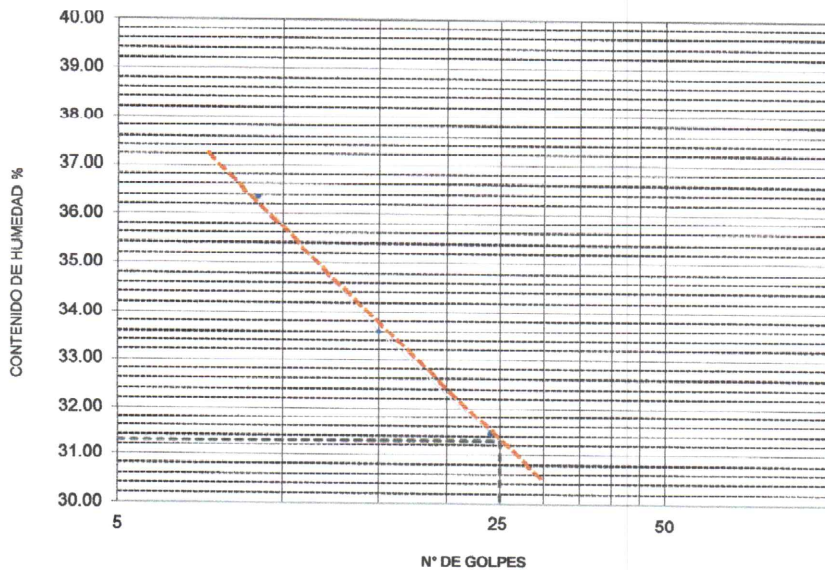
LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO MTC 110 - ASTM D 4318 - AASHTO T 89

Muestra o ensayo	1	2	3
No DE GOLPES	9	15	24
RECIPIENTE No	I	II	III
Pr + Ph	41.25	42.30	41.06
Pr + Ps	34.85	36.02	35.81
P. AGUA	6.40	6.37	6.05
Pr	17.25	17.06	16.58
Ps	17.60	18.90	19.23
% DE HUMEDAD	36.4	33.6	31.5

LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318 - AASHTO T 89

RECIPIENTE No		
Pr + Ph		
Pr + Ps	NP	NP
P. AGUA		
Pr		
Ps		
% DE HUMEDAD		



RESULTADOS:

LÍMITE LÍQUIDO %: 31
LÍMITE PLÁSTICO %:
ÍNDICE DE PLASTICIDAD %:

No. Golpes	Factor K
20	0.974
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

OBSERVACIONES: Muestra obtenida en la calicata, representa al estrato encontrado.

Pr = PESO DEL RECIPIENTE TEMPERATURA DE SECADO: HORNO: (X) 110° C (X) AGUA USADA: ()
Ph = PESO HUMEDO TIEMPO DE SECADO: 24 HORAS DESTILADA: ()
Ps = PESO SECO PREPARACION DE LA MUESTRA: Saturacion del material 24 Horas tamiz N° 40 POTABLE: (X)



Gravedad Específica de sólidos de suelo mediante picnometro
NPT 339.131; ASTM D 854

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA

UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CAI ANA **CALICATA:** C-04

FECHA: ENERO - 2022 **ZONA:** CAI ANA **MUESTRA:** M-01

N° de Prueba	1	2	3
N° de Frasco	a		
Peso Material Seco C (g)	101.30		
Peso de Frasco (fiola) + Agua (g)	684.35		
Peso de Frasco (fiola) + Agua + Peso Material S (g)	782.65		
Peso Material S + Agua en el Frasco (fiola) (g)	736.28		
Volumen de Masa - Volumen de Vacíos B (cm ³)	46.37		
Peso Material Seco A (g)	101.30		
Temperatura del Agua (°C)	27		
Factor de Corrección del Agua E	0.99831		
Volumen de Masa D (cm ³)	46.37		
Gravedad Específica (g/cm ³)	2.181		

Resultados Obtenidos	
Gravedad Específica (g/cm ³)	2.181

Observaciones : Muestra obtenida en la calicata , representa al estrato encontrado.



EQUIVALENTE DE ARENA
MTC E 114 - ASTM D 2419

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA

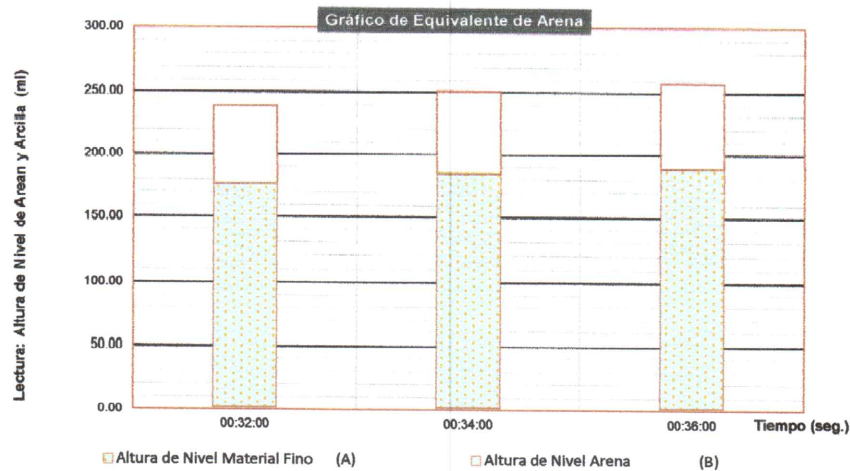
UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA

FECHA: ENERO - 2022 ZONA: CALANA GALICATA: C-04 MUESTRA: M-01

DESCRIPCION	C-04		
MUESTRA N°	M-01		
HORA DE ENTRADA	00:00:00	00:02:00	00:04:00
HORA DE SALIDA	00:10:00	00:12:00	00:14:00
HORA DE ENTRADA	00:12:00	00:14:00	00:16:00
HORA DE SALIDA	00:32:00	00:34:00	00:36:00
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (pulg)	3.90	4.00	3.90
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (pulg)	1.90	1.90	1.90
EQUIVALENTE DE ARENA	48.72	47.50	48.72
EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO (%)	48 %		

OBSERVACIONES :

Muestra obtenida en la calicata , representa al estrato encontrado.



PROYECTO ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA

SOLICITA: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA

CALICATA: C-04

FECHA ENERO - 2022

ZONA: GALANA

MUESTRA : M-01

DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA
ASTM D 1556

Item	DESCRIPCION	
-	N° de la prueba	1
-	Profundidad del hoyo	(m) 0.15
1	Peso de la arena + frasco	(gr.) 6932
2	Peso de la arena que queda + frasco	(gr.) 2360
3	Peso de la arena empleada 1-2	(gr.) 4572
4	Peso de la arena en el cono y la placa	(gr.) 1736
5	Peso de la arena empleada para llenar el hoyo 3-4 (gr.)	2836
6	Densidad de la arena	(gr/cm3) 1.46
10	Volumen del hoyo 5/6	(cm3) 1942
11	Peso tierra húmeda y piedras	(gr.) 2434
12	Peso de las piedras retenidas 3/4"	(gr.) 261
13	Peso de tierra húmeda 11-12	(gr.) 2173
14	Volumen de las piedras 12/p.e.	(cm3) 101
15	Volumen del hueco ocupado por la tierra 10-14 (cm3)	1841
16	Densidad húmeda 13/15	(gr/cm3) 1.180
17	Porcentaje de humedad(Humedómetro)	% 3.50
18	Densidad seca (16*100)/(100+17)	(gr/cm3) 1.140

OBSERVACIONES :

Muestra obtenida en la calicata , representa al estrato encontrado.



ENSAYO ESTÁNDAR PARA DETERMINAR DENSIDAD MÍNIMA Y PESO UNITARIO
ASTM D 4254

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE GENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA

UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. GALANA

CALICATA: C-04

FECHA: ENERO - 2022

ZONA: CALANA

MUESTRA: M-01

MOLDE UTILIZADO

VOLUMEN DEL MOLDE (cm³): 3028.4 PESO DEL MOLDE (gr.) : 8770 MOLDE Nro. 1

DATOS DEL ENSAYO

NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
PESO SUELO + MOLDE	11556	11538	11529		
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	2786	2768	2759		
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	0.92	0.91	0.91		

CONTENIDO DE HUMEDAD

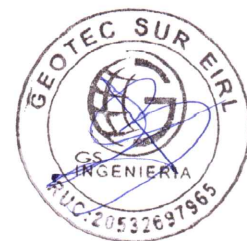
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	5
PESO SUELO HÚMEDO + TARA	214.10	214.10	214.10		
PESO SUELOS SECO + TARA	207.60	207.60	207.60		
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	6.50	6.50	6.50		
PESO DE SUELO SECO	207.60	207.60	207.60		
CONTENIDO DE AGUA	3.13	3.13	3.13		
PESO VOLUMETRICO SECO	0.89	0.89	0.88		

DENSIDAD MÍNIMA SECA :

0.89

gr/cc

OBSERVACIONES : Muestra obtenida en la calicata , representa al estrato encontrado.



ENSAYO ESTÁNDAR DE PRUEBA PARA GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN
ASTM C-127

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA
UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA **CALICATA:** C-04
FECHA: ENERO - 2022 **ZONA:** CALANA **MUESTRA:** M-01

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION			
DATOS	1	2	Promedio
Peso de tara	89.36	90.27	
Peso de canastilla	0	0	
Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	521.36	495.68	
Peso Mat. Seco (en aire)	505.27	480.21	
Peso canastilla + Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)	252.24	236.29	
A Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	432	405.41	
B Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)	252.24	236.29	
C Vol de masas + Vol de vacios = A-B	179.76	169.12	
D Peso Mat. Seco en estufa (105°C)	415.91	389.94	
E Vol de masas = C-(A-D)	163.67	153.65	
Pe Bulk (Base Seca) = D/C	2.314	2.306	2.310
Pe Bulk (Base Saturada) = A/C	2.403	2.397	2.400
Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.541	2.538	2.539
% de Absorción = ((A-D)/D)*100	3.87	3.97	3.918

OBSERVACIONES : Muestra obtenida en la calicata , representa al estrato encontrado.



ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN LABORATORIO - ENERGÍA MODIFICADA

ASTM D 1557

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA

UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA

FECHA ENERO - 2022

ZONA: CALANA

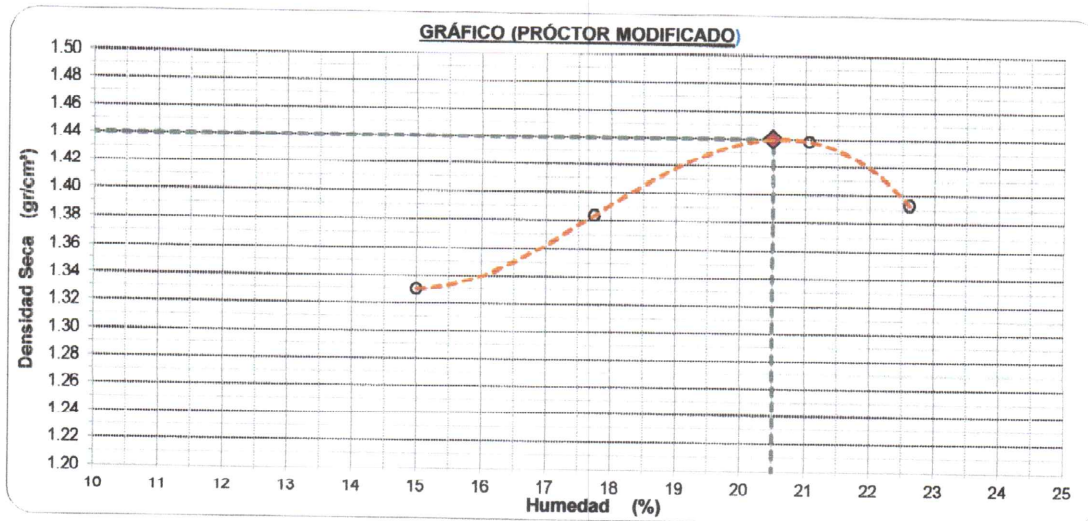
CALICATA

C-04

MUESTRA :

M-01

Proctor Modificado "A"		Peso Molde: 4069.0 gr		Volumen Molde: 937.3 cc	
Prueba N°		01	02	03	04
Numero de capas		5	5	5	5
Numero de golpes		56	56	56	56
Peso suelo + molde	gr.	5502	5596	5701	5670
Peso suelo compactado	gr.	1433.00	1527.00	1632.00	1601.00
Densidad húmeda	gr/cm ³	1.529	1.629	1.741	1.708
Humedad					
Tara N°		3	2	4	1
Peso de tara	gr.	90.1	95.6	86.3	91.5
Tara + suelo húmedo	gr.	452.4	395.3	375.1	416.3
Tara + suelo seco	gr.	405.1	350.1	324.9	356.4
Peso de agua	gr.	47.3	45.2	50.2	59.9
Peso de suelo seco	gr.	315.0	254.5	238.6	264.9
Humedad	%	15.00	17.74	21.06	22.61
Densidad Seca	gr/cm ³	1.329	1.384	1.438	1.393



Máxima Densidad Seca (gr/cm³)

1.440

Óptimo Contenido Humedad(%)

20.50



ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
ASTM D 422, AASHTO T 88

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA

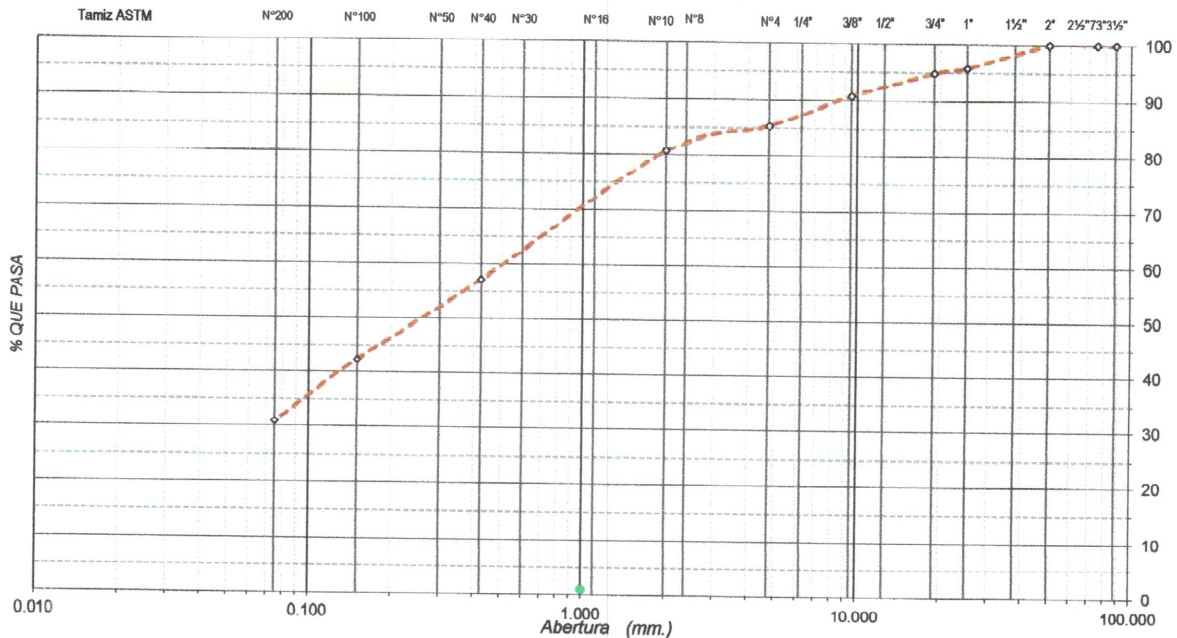
UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA **CALICATA:** C-05

FECHA: ENERO - 2022 **ZONA:** CALANA **MUESTRA:** M-01

Peso de Tara (gr) :	116.29	Muestra Neta Húmeda (gr):	11770.0	Peso Grava Seca (gr) :	1670.0
Tara + M. Húmeda (gr) :	632.18	Muestra Seca (gr) :	11406.4	Peso Arena Seca (gr) :	9736.4
Tara + M. Seca (gr) :	616.24	Humedad Material (%) :	3.19	Fracción fina (gr) :	505.3

Tamices ASTM	Abertura en mm.	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN
31/2"	88.000	0.00	0.00	100.00	La muestra representa al estrato E-01
3"	75.000	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	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	4.09	4.09	95.91	
					Resultados del ensayo
3/4"	19.000	0.99	5.08	94.92	Bolonería (%) : 0.00
1/2"	12.500	2.64	7.71	92.29	Grava (%) : 14.64
3/8"	9.500	1.53	9.24	90.76	Arena (%) : 85.36
1/4"	6.250	3.11	12.35	87.65	Mod.Finezza (%) : 2.08
Nº4	4.750	2.29	14.64	85.36	Pasa Nº4 : 85.36
Nº8	2.360	0.00	14.64	85.36	Pasa Nº10 : 80.70
Nº10	2.000	4.66	19.30	80.70	Pasa Nº40 : 57.28
Nº20	0.484	9.44	28.75	71.25	Pasa Nº200 : 31.04
Nº30	0.590	0.00	28.75	71.25	
					Clasificación de Suelos
Nº40	0.425	13.97	42.72	57.28	SUCS : SM
Nº60	0.279	3.80	46.52	53.48	AASHTO : A-2-4 (0)
Nº80	0.210	0.00	46.52	53.48	
					Limites de Consistencia
Nº100	0.150	11.08	57.60	42.40	LL : 30
Nº200	0.075	11.35	68.96	31.04	
Base		31.04	100.00		

Gráfico Análisis Granulométrico



OBSERVACIONES : Muestra obtenida en la calicata , representa al estrato encontrado.



**LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D 4318 - AASHTO T 89**

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA
UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. GALANA
FECHA: ENERO - 2022 **ZONA:** CALANA **CALICATA:** C-05 **MUESTRA:** M-01

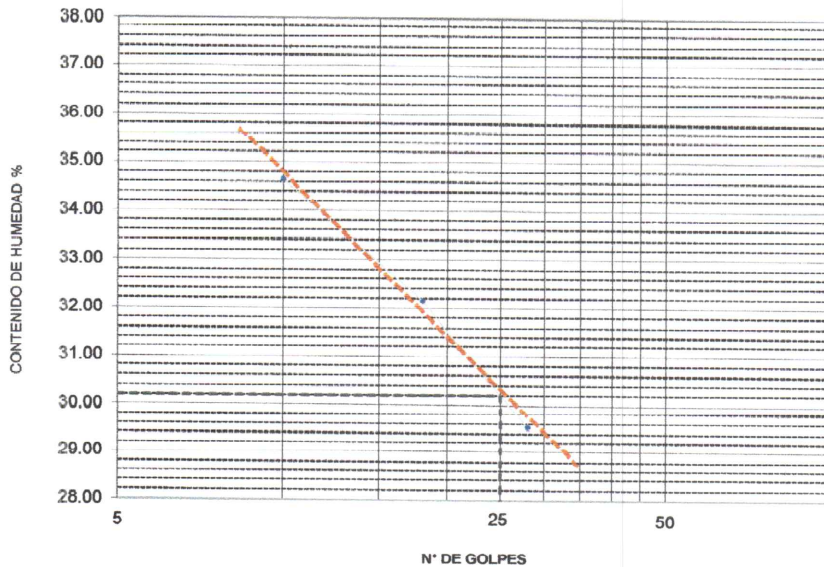
LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO MTC 110 - ASTM D 4318 - AASHTO T 89

Muestra o ensayo	1	2	3
No DE GOLPES	10	18	28
RECIPIENTE No	I	II	III
Pr + Ph	41.65	43.66	40.25
Pr + Ps	35.14	37.06	34.56
P. AGUA	6.51	6.60	5.69
Pr	16.35	16.53	15.29
Ps	18.79	20.53	19.27
% DE HUMEDAD	34.6	32.1	29.5

LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318 - AASHTO T 89

RECIPIENTE No		
Pr + Ph		
Pr + Ps	NP	NP
P. AGUA		
Pr		
Ps		
% DE HUMEDAD		



RESULTADOS:

LÍMITE LÍQUIDO %: 30
 LÍMITE PLÁSTICO %:
 ÍNDICE DE PLASTICIDAD %:

No. Golpes	Factor K
20	0.974
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

OBSERVACIONES: Muestra obtenida en la calicata, representa al estrato encontrado.

Pr = PESO DEL RECIPIENTE	TEMPERATURA DE SECADO:	HORNO: (X)	110° C (X)	AGUA USADA: ()
Ph = PESO HUMEDO	TIEMPO DE SECADO:	24 HORAS		DESTILADA: ()
Ps = PESO SECO	PREPARACION DE LA MUESTRA: Saturacion del material 24 Horas tamiz N° 40			POTABLE: (X)



**Gravedad Específica de sólidos de suelo mediante picnometro
NPT 339.131; ASTM D 854**

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA

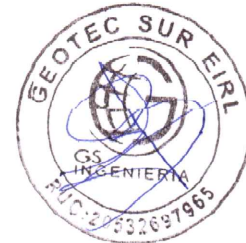
UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA **CALICATA:** C-05

FECHA: ENERO - 2022 **ZONA:** CALANA **MUESTRA:** M-01

N° de Prueba	1	2	3
N° de Frasco	a		
Peso Material Seco C (g)	110.25		
Peso de Frasco (fiola) + Agua (g)	682.47		
Peso de Frasco (fiola) + Agua + Peso Material S (g)	792.72		
Peso Material S + Agua en el Frasco (fiola) (g)	742.54		
Volumen de Masa - Volumen de Vacíos B (cm ³)	50.18		
Peso Material Seco A (g)	110.25		
Temperatura del Agua (°C)	27		
Factor de Corrección del Agua E	0.99831		
Volumen de Masa D (cm ³)	50.18		
Gravedad Específica (g/cm ³)	2.193		

Resultados Obtenidos	
Gravedad Específica (g/cm ³)	2.193

Observaciones : Muestra obtenida en la calicata , representa al estrato encontrado.



EQUIVALENTE DE ARENA
MTC E 114 - ASTM D 2419

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA

UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA

FECHA: ENERO - 2022

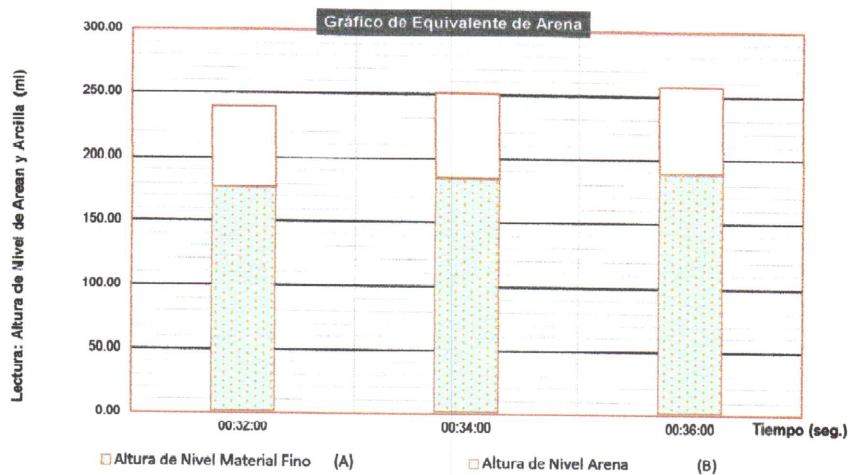
ZONA: CALANA

CALICATA: C-05

MUESTRA: M-01

DESCRIPCION	C-05		
MUESTRA N°	M-01		
HORA DE ENTRADA	00:00:00	00:02:00	00:04:00
HORA DE SALIDA	00:10:00	00:12:00	00:14:00
HORA DE ENTRADA	00:12:00	00:14:00	00:16:00
HORA DE SALIDA	00:32:00	00:34:00	00:36:00
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (pulg)	4.00	4.00	4.10
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (pulg)	1.90	1.90	1.90
EQUIVALENTE DE ARENA	47.50	47.50	46.34
EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO (%)	47 %		

OBSERVACIONES: Muestra obtenida en la calicata, representa al estrato encontrado.



PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA

SOLICITA: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA

CALICATA: C-05

FECHA: ENERO - 2022

ZONA: CALANA

MUESTRA: M-01

DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA
ASTM D 1556

Ítem	DESCRIPCION	
-	Nº de la prueba	1
-	Profundidad del hoyo (m)	0.15
1	Peso de la arena + frasco (gr.)	6859
2	Peso de la arena que queda + frasco (gr.)	2407
3	Peso de la arena empleada 1-2 (gr.)	4452
4	Peso de la arena en el cono y la placa (gr.)	1745
5	Peso de la arena empleada para llenar el hoyo 3-4 (gr.)	2707
6	Densidad de la arena (gr/cm3)	1.46
10	Volumen del hoyo 5/6 (cm3)	1854
11	Peso tierra húmeda y piedras (gr.)	2523
12	Peso de las piedras retenidas 3/4" (gr.)	283
13	Peso de tierra húmeda 11-12 (gr.)	2240
14	Volumen de las piedras 12/p.e. (cm3)	110
15	Volumen del hueco ocupado por la tierra 10-14 (cm3)	1744
16	Densidad húmeda 13/15 (gr/cm3)	1.285
17	Porcentaje de humedad(Humedómetro) (%)	3.50
18	Densidad seca $(16 \cdot 100) / (100 + 17)$ (gr/cm3)	1.241

OBSERVACIONES:

Muestra obtenida en la calicata, representa al estrato encontrado.



ENSAYO ESTÁNDAR PARA DETERMINAR DENSIDAD MÍNIMA Y PESO UNITARIO
ASTM D 4254

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA

UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. GALANA

CALICATA: C-05

FECHA: ENERO - 2022

ZONA: CALANA

MUESTRA: M-01

MOLDE UTILIZADO

VOLUMEN DEL MOLDE (cm³): 3028.4 PESO DEL MOLDE (gr.): 8770 MOLDE Nro. 1

DATOS DEL ENSAYO

NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
PESO SUELO + MOLDE	11658	11629	11641		
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	2888	2859	2871		
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	0.95	0.94	0.95		

CONTENIDO DE HUMEDAD

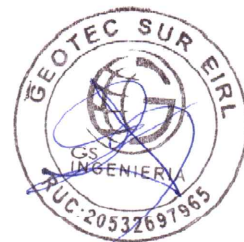
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	5
PESO SUELO HÚMEDO + TARA	236.25	236.25	236.25		
PESO SUELOS SECO + TARA	230.14	230.14	230.14		
PESO DE LA TARA	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	6.11	6.11	6.11		
PESO DE SUELO SECO	230.14	230.14	230.14		
CONTENIDO DE AGUA	2.65	2.65	2.65		
PESO VOLUMETRICO SECO	0.93	0.92	0.92		

DENSIDAD MÍNIMA SECA :

0.92

gr/cc

OBSERVACIONES : Muestra obtenida en la calicata , representa al estrato encontrado.



ENSAYO ESTÁNDAR DE PRUEBA PARA GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN
ASTM C-127

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA
UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA **CALICATA:** C-05
FECHA: ENERO - 2022 **ZONA:** CALANA **MUESTRA:** M-01

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION			
DATOS	1	2	Promedio
Peso de tara	101.36	97.23	
Peso de canastilla	0	0	
Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	621.34	562.34	
Peso Mat. Seco (en aire)	606.27	546.27	
Peso canastilla + Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)	305.68	275.38	
A Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	519.98	465.11	
B Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)	305.68	275.38	
C Vol de masas + Vol de vacios = A-B	214.3	189.73	
D Peso Mat. Seco en estufa (105°C)	503.91	449.04	
E Vol de masas = C-(A-D)	198.23	173.66	
Pe Bulk (Base Seca) = D/C	2.351	2.367	2.359
Pe Bulk (Base Saturada) = A/C	2.426	2.451	2.439
Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.542	2.586	2.564
% de Absorción = ((A-D)/D)*100	3.19	3.58	3.384

OBSERVACIONES: Muestra obtenida en la calicata, representa al estrato encontrado.



ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN LABORATORIO – ENERGÍA MODIFICADA

ASTM D 1557

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA

UBICACIÓN: ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - DIST. CALANA

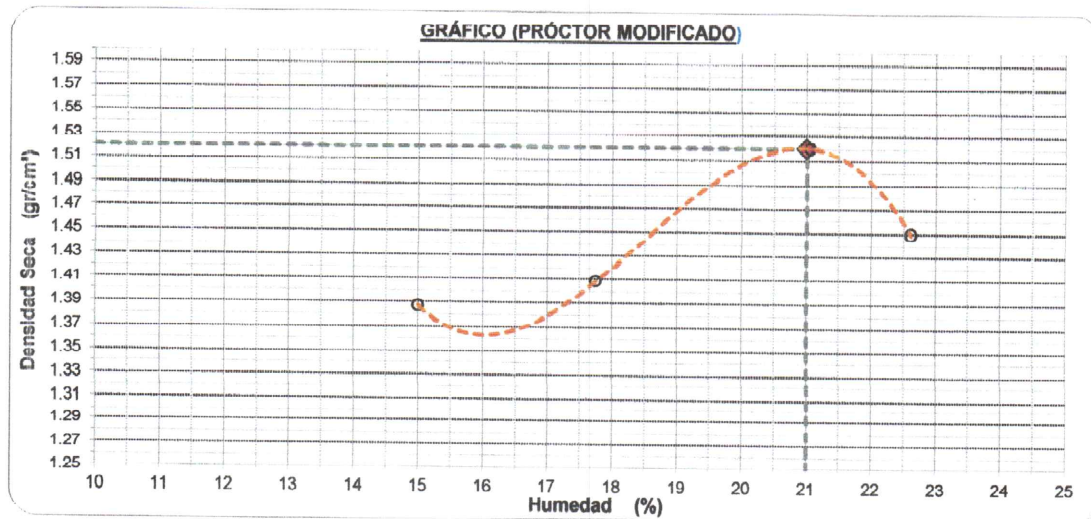
CALICATA: C-05

FECHA: ENERO - 2022

ZONA: CALANA

MUESTRA: M-01

Proctor Modificado "A"		Peso Molde: 4069.0 gr		Volumen Molde: 937.3 cc	
Prueba N°		01	02	03	04
Numero de capas		5	5	5	5
Numero de golpes		56	56	56	56
Peso suelo + molde	gr.	5564	5623	5794	5735
Peso suelo compactado	gr.	1495.00	1554.00	1725.00	1666.00
Densidad húmeda	gr/cm ³	1.595	1.658	1.840	1.777
Humedad					
Tara N°		3	2	4	1
Peso de tara	gr.	90.1	95.6	86.3	91.5
Tara + suelo húmedo	gr.	452.4	395.3	375.1	416.3
Tara + suelo seco	gr.	405.1	350.1	324.9	356.4
Peso de agua	gr.	47.3	45.2	50.2	59.9
Peso de suelo seco	gr.	315.0	254.5	238.6	264.9
Humedad	%	15.00	17.74	21.06	22.61
Densidad Seca	gr/cm ³	1.387	1.408	1.520	1.450



Máxima Densidad Seca (gr/cm³)

1.520

Óptimo Contenido Humedad(%)

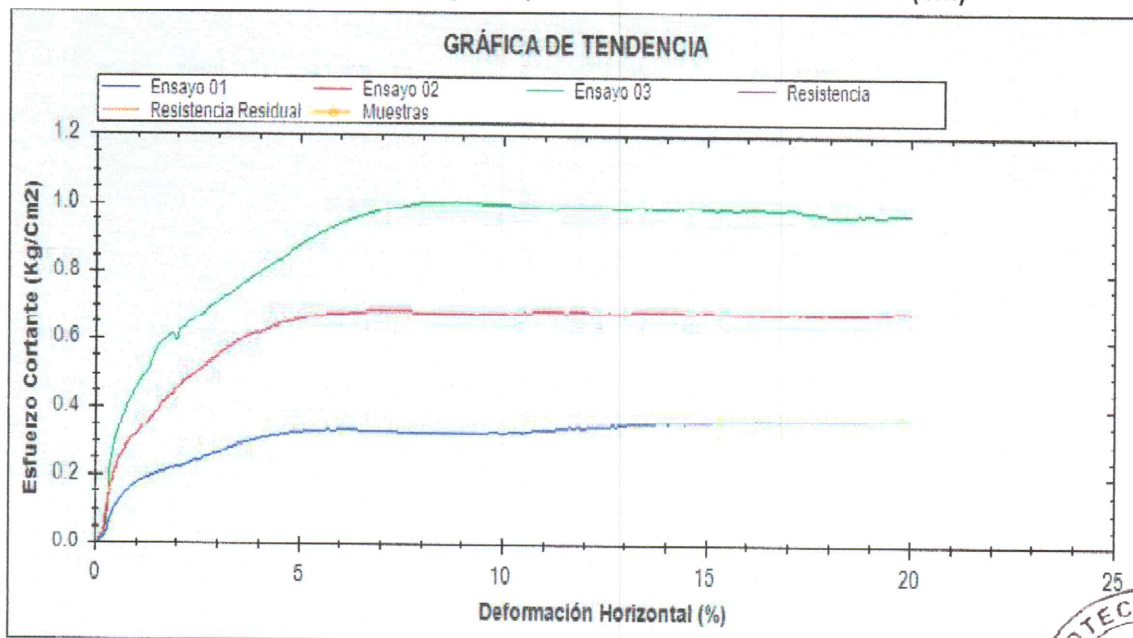
21.00



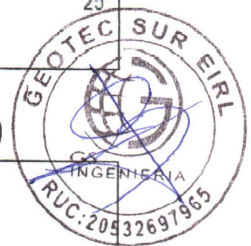
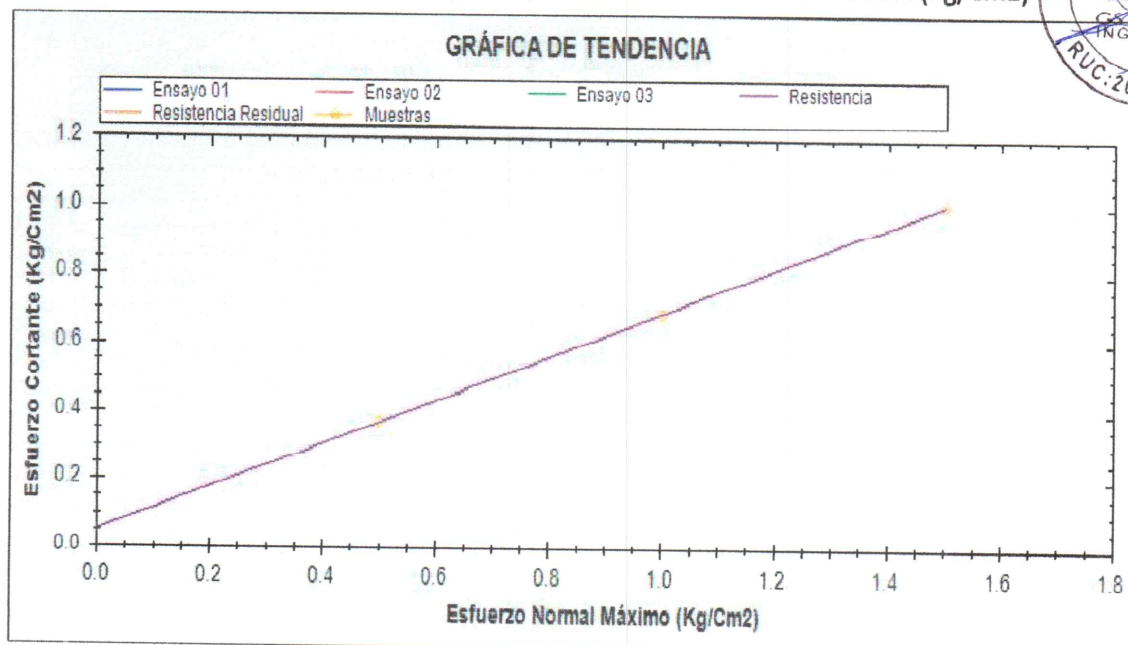
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Proyecto : ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA – TACNA, 2020
Codigo : 00341 **Informe** : CORTE DIRECTO D-3080
Fecha : 20/05/2021 **Hora** : 03:09:57 p.m.
Exploración : CALICATA C-05 **Muestra** : MUESTRA-01
Freático : NP **Estrato** : 3.00
Cohesión : 0.0530 **Ángulo** : 32.4789

ESFUERZO CORTANTE(Kg/Cm²) vs DEFORMACIÓN HORIZONTAL(Cm)



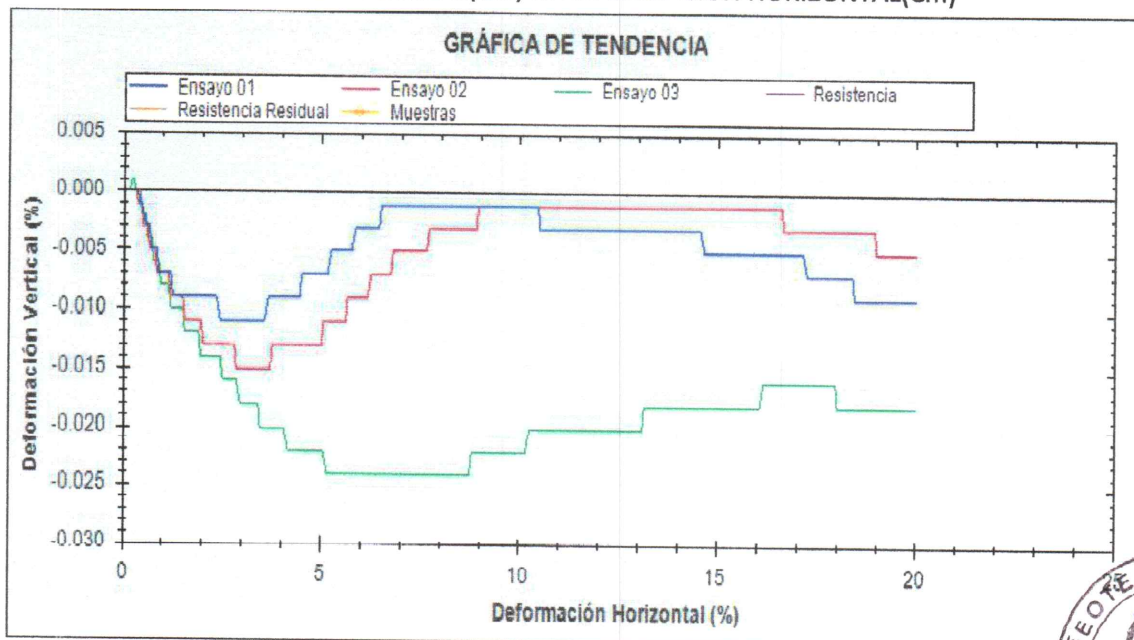
ESFUERZO CORTANTE(Kg/Cm²) vs ESFUERZO NORMAL MÁXIMO(Kg/Cm²)



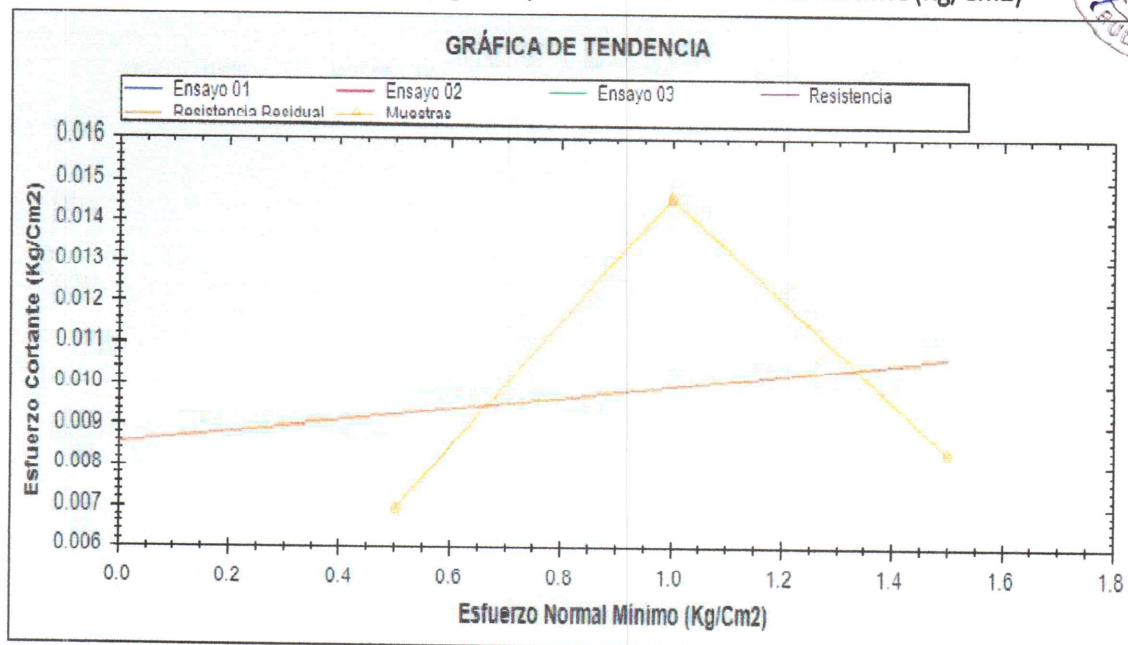
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Proyecto	: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA – TACNA, 2020		
Codigo	: 00341	Informe	: CORTE DIRECTO D-3080
Fecha	: 20/05/2021	Hora	: 03:09:57 p.m.
Exploración	: CALICATA C-05	Muestra	: MUESTRA-01
Freático	: NP	Estrato	: 3.00
Cohesión	: 0.0086	Ángulo	: 0.0796

DEFORMACIÓN VERTICAL(Cm) vs DEFORMACION HORIZONTAL(Cm)

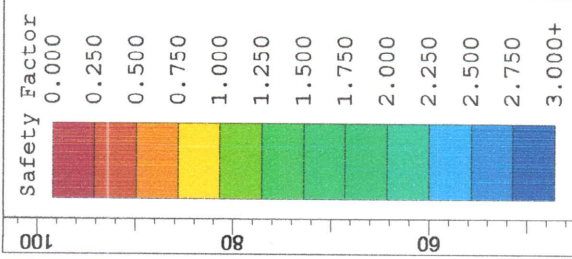


ESFUERZO CORTANTE(Kg/Cm2) vs ESFUERZO NORMAL MÍNIMO(Kg/Cm2)



ANEXO 2: REPORTES DEL PROGRAMA SLIDE

- ANEXO 2.1.- SLIDE Analysis Información (sección geométrica SG-01)
- ANEXO 2.1.- SLIDE Analysis Información (sección geométrica SG-02)



**SECCION GEOMETRICA (SG-01)
CONDICION ESTATICA**

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
SM		10.052	Mohr-Coulomb	5.198	32.479	None	0

Method: bishop simplified
 Factor of Safety: 2.105
 Center: 102.056, 61.706
 Radius: 43.505
 Left Slip Surface Endpoint: 70.344, 31.922
 Right Slip Surface Endpoint: 110.216, 18.973

2.105



Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: SG-01
Slide Modeler Version: 6.005
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 21/08/2021, 23:49:18

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Left to Right
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified
Spencer

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check $m\alpha < 0.2$: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers


Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Auto Refine Search

Divisions along slope: 20
Circles per division: 10
Number of iterations: 10
Divisions to use in next iteration: 50%
Composite Surfaces: Disabled
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Property	SM
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	10.052
Cohesion [kPa]	5.198
Friction Angle [deg]	32.479
Water Surface	None
Ru Value	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 2.104680
Center: 102.056, 61.706
Radius: 43.505
Left Slip Surface Endpoint: 70.344, 31.922
Right Slip Surface Endpoint: 110.216, 18.973
Resisting Moment=60044.9 kN-m
Driving Moment=28529.2 kN-m

Method: spencer

FS: 2.102060
Center: 102.056, 61.706
Radius: 43.505
Left Slip Surface Endpoint: 70.344, 31.922
Right Slip Surface Endpoint: 110.216, 18.973
Resisting Moment=59970 kN-m
Driving Moment=28529.2 kN-m
Resisting Horizontal Force=1269.61 kN
Driving Horizontal Force=603.984 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 5608
Number of Invalid Surfaces: 0

Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 5607

Number of Invalid Surfaces: 1

Error Codes:

Error Code -111 reported for 1 surface

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-111 = safety factor equation did not converge

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.10468

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.59485	12.5393	SM	5.198	32.479	3.71372	7.81619	4.11305	0	4.11305
2	1.59485	36.4969	SM	5.198	32.479	7.36107	15.4927	16.1725	0	16.1725
3	1.59485	58.1407	SM	5.198	32.479	10.7967	22.7235	27.5319	0	27.5319
4	1.59485	77.675	SM	5.198	32.479	14.0172	29.5018	38.1802	0	38.1802
5	1.59485	95.3019	SM	5.198	32.479	17.028	35.8385	48.1349	0	48.1349
6	1.59485	111.088	SM	5.198	32.479	19.8192	41.713	57.3634	0	57.3634
7	1.59485	124.908	SM	5.198	32.479	22.3533	47.0466	65.7426	0	65.7426
8	1.59485	136.318	SM	5.198	32.479	24.542	51.653	72.9785	0	72.9785
9	1.59485	140.475	SM	5.198	32.479	25.5619	53.7997	76.3508	0	76.3508
10	1.59485	134.86	SM	5.198	32.479	24.9417	52.4943	74.3002	0	74.3002
11	1.59485	128.557	SM	5.198	32.479	24.173	50.8765	71.7588	0	71.7588
12	1.59485	123.421	SM	5.198	32.479	23.5744	49.6165	69.7794	0	69.7794
13	1.59485	118.252	SM	5.198	32.479	22.9453	48.2926	67.6995	0	67.6995
14	1.59485	112.757	SM	5.198	32.479	22.2356	46.7988	65.3529	0	65.3529
15	1.59485	106.219	SM	5.198	32.479	21.3162	44.8638	62.3133	0	62.3133
16	1.59485	98.2945	SM	5.198	32.479	20.1204	42.3469	58.3593	0	58.3593
17	1.59485	87.5508	SM	5.198	32.479	18.3786	38.6811	52.6004	0	52.6004
18	1.59485	63.5697	SM	5.198	32.479	14.15	29.7812	38.6192	0	38.6192
19	1.59485	43.322	SM	5.198	32.479	10.5238	22.1493	26.6297	0	26.6297
20	1.59485	28.1115	SM	5.198	32.479	7.76778	16.3487	17.5173	0	17.5173
21	1.59485	15.9053	SM	5.198	32.479	5.52374	11.6257	10.0977	0	10.0977
22	1.59485	12.1811	SM	5.198	32.479	4.86707	10.2436	7.92647	0	7.92647
23	1.59485	9.4089	SM	5.198	32.479	4.38164	9.22194	6.32146	0	6.32146
24	1.59485	6.26978	SM	5.198	32.479	3.81286	8.02484	4.44085	0	4.44085
25	1.59485	2.2517	SM	5.198	32.479	3.05529	6.43041	1.93606	0	1.93606

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 2.10206

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.59485	12.5393	SM	5.198	32.479	3.68684	7.74995	4.00899	0	4.00899
2	1.59485	36.4969	SM	5.198	32.479	6.88818	14.4794	14.5806	0	14.5806

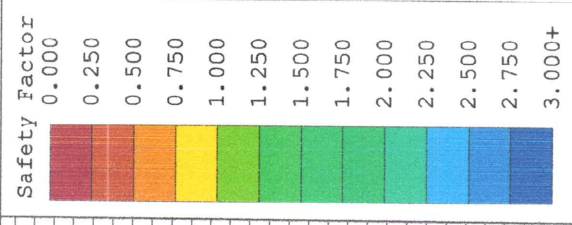
3	1.59485	58.1407	SM	5.198	32.479	9.99914	21.0188	24.8538	0	24.8538
4	1.59485	77.675	SM	5.198	32.479	13.0041	27.3355	34.777	0	34.777
5	1.59485	95.3019	SM	5.198	32.479	15.8968	33.4161	44.3294	0	44.3294
6	1.59485	111.088	SM	5.198	32.479	18.6586	39.2216	53.4495	0	53.4495
7	1.59485	124.908	SM	5.198	32.479	21.2458	44.6599	61.9932	0	61.9932
8	1.59485	136.318	SM	5.198	32.479	23.5649	49.5349	69.6512	0	69.6512
9	1.59485	140.475	SM	5.198	32.479	24.8148	52.1623	73.7788	0	73.7788
10	1.59485	134.86	SM	5.198	32.479	24.4964	51.4928	72.7272	0	72.7272
11	1.59485	128.557	SM	5.198	32.479	24.0178	50.4868	71.1466	0	71.1466
12	1.59485	123.421	SM	5.198	32.479	23.6915	49.8009	70.0693	0	70.0693
13	1.59485	118.252	SM	5.198	32.479	23.3228	49.0259	68.8518	0	68.8518
14	1.59485	112.757	SM	5.198	32.479	22.8599	48.0529	67.3231	0	67.3231
15	1.59485	106.219	SM	5.198	32.479	22.1673	46.5969	65.0357	0	65.0357
16	1.59485	98.2945	SM	5.198	32.479	21.1674	44.4951	61.7341	0	61.7341
17	1.59485	87.5508	SM	5.198	32.479	19.564	41.1247	56.4393	0	56.4393
18	1.59485	63.5697	SM	5.198	32.479	15.2521	32.0608	42.2004	0	42.2004
19	1.59485	43.322	SM	5.198	32.479	11.4824	24.1366	29.7517	0	29.7517
20	1.59485	28.1115	SM	5.198	32.479	8.57078	18.0163	20.1369	0	20.1369
21	1.59485	15.9053	SM	5.198	32.479	6.15151	12.9308	12.1479	0	12.1479
22	1.59485	12.1811	SM	5.198	32.479	5.46301	11.4836	9.87438	0	9.87438
23	1.59485	9.4089	SM	5.198	32.479	4.95204	10.4095	8.18703	0	8.18703
24	1.59485	6.26978	SM	5.198	32.479	4.32891	9.09963	6.1293	0	6.1293
25	1.59485	2.2517	SM	5.198	32.479	3.46103	7.27529	3.26333	0	3.26333

List Of Coordinates

External Boundary

X	Y
0	0
120	0
120	19.0427
115.173	18.983
111.517	18.9672
106.173	18.9907
103.363	19.0888
102.42	19.3807
101.27	20.0705
100.093	20.7742
99.0704	21.5247
98.4709	22.094
97.8963	22.6814
97.3421	23.4
96.816	24
95.9354	24.4719
93.8068	25.5308
91.5601	26.6
89.4587	27.6
86.9872	28.9209

85.1515	30.1187
83.7523	31.0969
82.65	31.4415
80.4972	31.6215
78.4409	31.7108
75.2467	31.8
71.1998	31.895
67.8614	32
66.212	32.0316
63.7652	32.1394
60.9291	32.3496
60	32.4751
58.1596	33.0764
56.8411	33.512
55.6164	33.8958
53.4972	34.5671
51.4827	35.2
49.3912	35.8201
48.0791	36.2207
45.4472	37.0866
43.4937	38.1153
42.1027	38.4936
40.4272	38.7458
38.5255	39.2458
36.6572	40.0246
34.0451	40.6109
31.0085	41.6
30.0569	41.6136
27.98	41.6571
24.9936	41.7354
21.7901	41.714
17.8014	41.6765
13.8128	41.639
12.5304	41.6195
7.12423	41.2274
3.70272	41.0717
2.04002	40.9408
0.889924	40.8
0	40.7935
0	40



**SECCION GEOMETRICA (SG-01)
CONDICION SEUDOESTATICA**

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
SM		10.052	Mohr-Coulomb	5.198	32.479	None	0

Method: bishop simplified
 Factor of Safety: 1.278
 Center: 106.631, 75.794
 Radius: 56.934
 Left Slip Surface Endpoint: 70.344, 31.922
 Right Slip Surface Endpoint: 110.216, 18.973



1.278



Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: SG-01
Slide Modeler Version: 6.005
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 21/08/2021, 23:49:18

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Left to Right
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified
Spencer

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check $m\alpha < 0.2$: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options


Surface Type: Circular
Search Method: Auto Refine Search
Divisions along slope: 20

Circles per division: 10
Number of iterations: 10
Divisions to use in next iteration: 50%
Composite Surfaces: Disabled
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.225

Material Properties

Property	SM
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	10.052
Cohesion [kPa]	5.198
Friction Angle [deg]	32.479
Water Surface	None
Ru Value	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.278320
Center: 106.631, 75.794
Radius: 56.934
Left Slip Surface Endpoint: 70.344, 31.922
Right Slip Surface Endpoint: 110.216, 18.973
Resisting Moment=59833.1 kN-m
Driving Moment=46806 kN-m

Method: spencer

FS: 1.283470
Center: 106.489, 76.054
Radius: 57.203
Left Slip Surface Endpoint: 70.085, 31.930
Right Slip Surface Endpoint: 110.222, 18.973
Resisting Moment=61319.8 kN-m
Driving Moment=47776.7 kN-m
Resisting Horizontal Force=1000.63 kN
Driving Horizontal Force=779.626 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 7448
Number of Invalid Surfaces: 0

Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 7446

Number of Invalid Surfaces: 2

Error Codes:

Error Code -111 reported for 2 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-111 = safety factor equation did not converge

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.27832

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.59487	9.81371	SM	5.198	32.479	5.10598	6.52707	2.08791	0	2.08791
2	1.59487	28.8523	SM	5.198	32.479	9.55405	12.2131	11.0205	0	11.0205
3	1.59487	46.5353	SM	5.198	32.479	13.8504	17.7053	19.6484	0	19.6484
4	1.59487	62.8842	SM	5.198	32.479	17.9753	22.9782	27.932	0	27.932
5	1.59487	77.9667	SM	5.198	32.479	21.9231	28.0248	35.8599	0	35.8599
6	1.59487	91.7493	SM	5.198	32.479	25.6667	32.8102	43.3776	0	43.3776
7	1.59487	104.03	SM	5.198	32.479	29.1378	37.2474	50.3483	0	50.3483
8	1.59487	114.304	SM	5.198	32.479	32.1904	41.1496	56.4784	0	56.4784
9	1.59487	117.685	SM	5.198	32.479	33.5463	42.8829	59.2013	0	59.2013
10	1.59487	111.613	SM	5.198	32.479	32.461	41.4956	57.022	0	57.022
11	1.59487	105.146	SM	5.198	32.479	31.2222	39.9119	54.534	0	54.534
12	1.59487	100.114	SM	5.198	32.479	30.3172	38.7551	52.7167	0	52.7167
13	1.59487	95.2999	SM	5.198	32.479	29.4332	37.625	50.9414	0	50.9414
14	1.59487	90.3966	SM	5.198	32.479	28.4889	36.4179	49.0451	0	49.0451
15	1.59487	84.6747	SM	5.198	32.479	27.2807	34.8735	46.6189	0	46.6189
16	1.59487	77.7852	SM	5.198	32.479	25.7012	32.8544	43.4469	0	43.4469
17	1.59487	68.2877	SM	5.198	32.479	23.3243	29.8159	38.6737	0	38.6737
18	1.59487	45.7619	SM	5.198	32.479	17.0902	21.8468	26.1546	0	26.1546
19	1.59487	27.1794	SM	5.198	32.479	11.8458	15.1427	15.6227	0	15.6227
20	1.59487	13.8431	SM	5.198	32.479	8.02348	10.2566	7.94684	0	7.94684
21	1.59487	3.72472	SM	5.198	32.479	5.06987	6.48091	2.01539	0	2.01539
22	1.59487	2.30619	SM	5.198	32.479	4.70423	6.01351	1.28113	0	1.28113
23	1.59487	2.06418	SM	5.198	32.479	4.69428	6.0008	1.26116	0	1.26116
24	1.59487	1.68985	SM	5.198	32.479	4.64227	5.9343	1.1567	0	1.1567
25	1.59487	0.682898	SM	5.198	32.479	4.38643	5.60726	0.642923	0	0.642923

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.28347

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
--------------	-----------	-------------	---------------	---------------------	-------------------------------	--------------------	----------------------	--------------------------	---------------------	-------------------------------

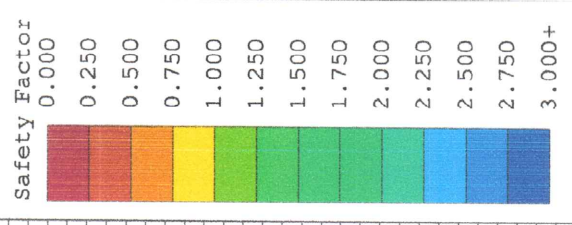
1	1.60546	9.9056	SM	5.198	32.479	5.50163	7.06118	2.92697	0	2.92697
2	1.60546	29.1258	SM	5.198	32.479	8.98295	11.5294	9.94627	0	9.94627
3	1.60546	46.9938	SM	5.198	32.479	12.4903	16.0309	17.018	0	17.018
4	1.60546	63.5247	SM	5.198	32.479	16.0005	20.5361	24.0955	0	24.0955
5	1.60546	78.7618	SM	5.198	32.479	19.4985	25.0257	31.1484	0	31.1484
6	1.60546	92.7241	SM	5.198	32.479	22.9671	29.4776	38.1422	0	38.1422
7	1.60546	105.199	SM	5.198	32.479	26.3423	33.8095	44.9474	0	44.9474
8	1.60546	115.766	SM	5.198	32.479	29.5087	37.8735	51.3318	0	51.3318
9	1.60546	120.222	SM	5.198	32.479	31.4857	40.411	55.3181	0	55.3181
10	1.60546	114.429	SM	5.198	32.479	31.1725	40.009	54.6865	0	54.6865
11	1.60546	107.642	SM	5.198	32.479	30.5587	39.2212	53.449	0	53.449
12	1.60546	102.36	SM	5.198	32.479	30.2436	38.8167	52.8135	0	52.8135
13	1.60546	97.3131	SM	5.198	32.479	29.9365	38.4226	52.1943	0	52.1943
14	1.60546	92.2934	SM	5.198	32.479	29.5869	37.9739	51.4895	0	51.4895
15	1.60546	86.4565	SM	5.198	32.479	28.9592	37.1683	50.2239	0	50.2239
16	1.60546	79.4533	SM	5.198	32.479	27.9256	35.8417	48.1399	0	48.1399
17	1.60546	70.146	SM	5.198	32.479	26.1031	33.5026	44.4652	0	44.4652
18	1.60546	47.7076	SM	5.198	32.479	20.0361	25.7157	32.2325	0	32.2325
19	1.60546	28.3964	SM	5.198	32.479	14.4871	18.5938	21.0443	0	21.0443
20	1.60546	14.7334	SM	5.198	32.479	10.3798	13.3222	12.7628	0	12.7628
21	1.60546	4.18978	SM	5.198	32.479	7.01766	9.00695	5.98369	0	5.98369
22	1.60546	2.54542	SM	5.198	32.479	6.61574	8.49111	5.17332	0	5.17332
23	1.60546	2.23981	SM	5.198	32.479	6.68662	8.58208	5.31625	0	5.31625
24	1.60546	1.79934	SM	5.198	32.479	6.70791	8.6094	5.35916	0	5.35916
25	1.60546	0.721249	SM	5.198	32.479	6.41459	8.23294	4.76776	0	4.76776

List Of Coordinates

External Boundary

X	Y
0	0
120	0
120	19.0427
115.173	18.983
111.517	18.9672
106.173	18.9907
103.363	19.0888
102.42	19.3807
101.27	20.0705
100.093	20.7742
99.0704	21.5247
98.4709	22.094
97.8963	22.6814
97.3421	23.4
96.816	24
95.9354	24.4719
93.8068	25.5308
91.5601	26.6
89.4587	27.6

86.9872	28.9209
85.1515	30.1187
83.7523	31.0969
82.65	31.4415
80.4972	31.6215
78.4409	31.7108
75.2467	31.8
71.1998	31.895
67.8614	32
66.212	32.0316
63.7652	32.1394
60.9291	32.3496
60	32.4751
58.1596	33.0764
56.8411	33.512
55.6164	33.8958
53.4972	34.5671
51.4827	35.2
49.3912	35.8201
48.0791	36.2207
45.4472	37.0866
43.4937	38.1153
42.1027	38.4936
40.4272	38.7458
38.5255	39.2458
36.6572	40.0246
34.0451	40.6109
31.0085	41.6
30.0569	41.6136
27.98	41.6571
24.9936	41.7354
21.7901	41.714
17.8014	41.6765
13.8128	41.639
12.5304	41.6195
7.12423	41.2274
3.70272	41.0717
2.04002	40.9408
0.889924	40.8
0	40.7935
0	40

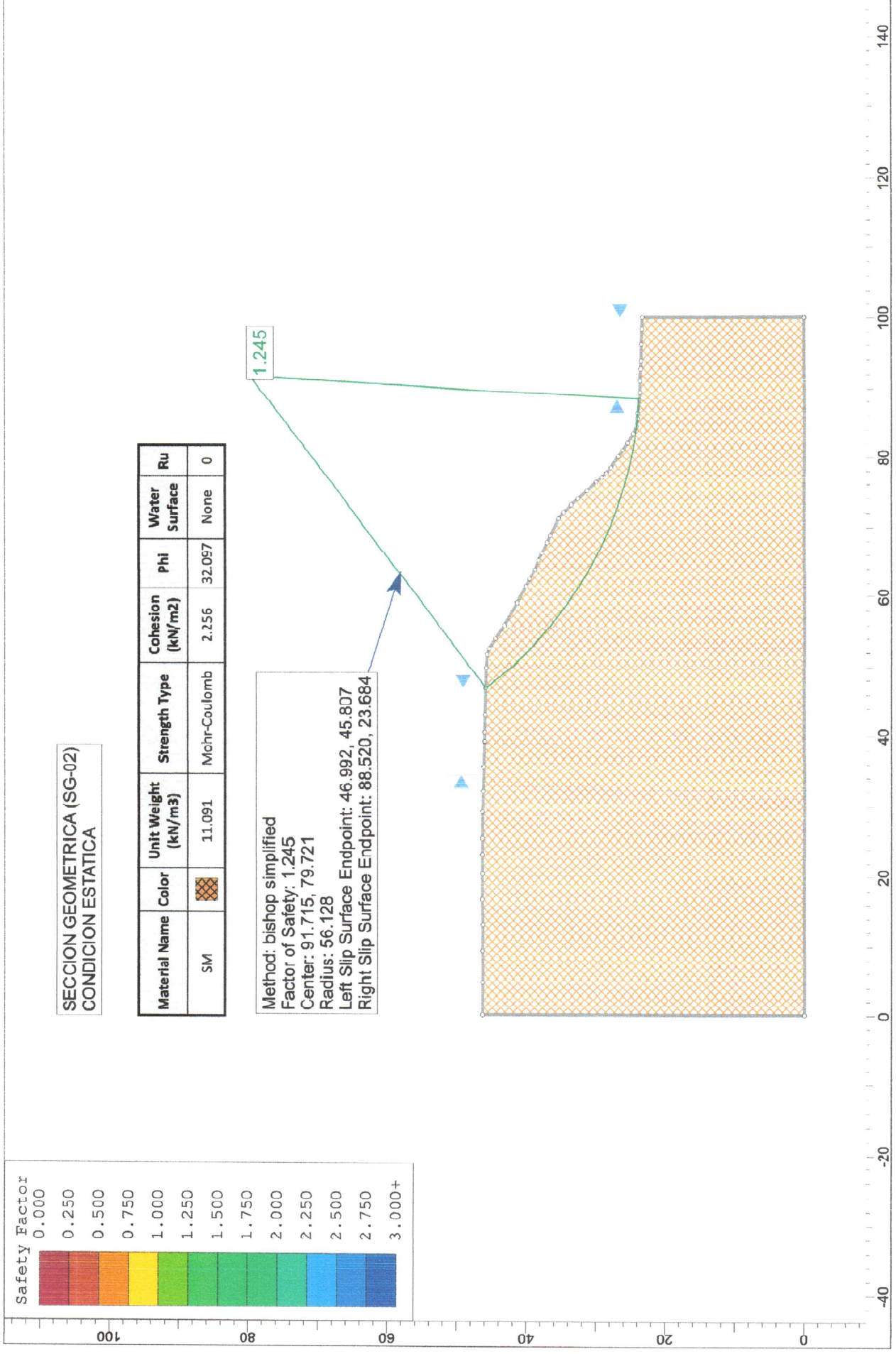


SECCION GEOMETRICA (SG-02)
CONDICION ESTATICA

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kN/m ²)	Phi	Water Surface	Ru
SM		11.091	Mohr-Coulomb	2.256	32.097	None	0

Method: bishop simplified
 Factor of Safety: 1.245
 Center: 91.715, 79.721
 Radius: 56.128
 Left Slip Surface Endpoint: 46.992, 45.807
 Right Slip Surface Endpoint: 88.520, 23.684

1.245



Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: SG-02
Slide Modeler Version: 6.005
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 21/08/2021, 23:59:12

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: years
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Left to Right
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified
Spencer

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check $m\alpha < 0.2$: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers


Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Auto Refine Search
Divisions along slope: 10

Circles per division: 10
Number of iterations: 10
Divisions to use in next iteration: 50%
Composite Surfaces: Disabled
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Property	SM
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	11.091
Cohesion [kPa]	2.256
Friction Angle [deg]	32.097
Water Surface	None
Ru Value	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.245320
Center: 91.715, 79.721
Radius: 56.128
Left Slip Surface Endpoint: 46.992, 45.807
Right Slip Surface Endpoint: 88.520, 23.684
Resisting Moment=77058 kN-m
Driving Moment=61877.9 kN-m

Method: spencer

FS: 1.241240
Center: 91.715, 79.721
Radius: 56.128
Left Slip Surface Endpoint: 46.992, 45.807
Right Slip Surface Endpoint: 88.520, 23.684
Resisting Moment=76805.4 kN-m
Driving Moment=61877.9 kN-m
Resisting Horizontal Force=1182.54 kN
Driving Horizontal Force=952.706 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1201
Number of Invalid Surfaces: 0

Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 1201
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.24532

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.66112	18.8435	SM	2.256	32.097	4.61371	5.74554	5.56343	0	5.56343
2	1.66112	54.7733	SM	2.256	32.097	11.6992	14.5692	19.6313	0	19.6313
3	1.66112	86.7266	SM	2.256	32.097	18.4201	22.9389	32.9752	0	32.9752
4	1.66112	108.927	SM	2.256	32.097	23.4831	29.244	43.0275	0	43.0275
5	1.66112	117.559	SM	2.256	32.097	25.9036	32.2583	47.8334	0	47.8334
6	1.66112	124.483	SM	2.256	32.097	28.0105	34.882	52.0162	0	52.0162
7	1.66112	130.772	SM	2.256	32.097	30.0148	37.378	55.9957	0	55.9957
8	1.66112	135.749	SM	2.256	32.097	31.7571	39.5478	59.4551	0	59.4551
9	1.66112	140.119	SM	2.256	32.097	33.3821	41.5714	62.6812	0	62.6812
10	1.66112	143.655	SM	2.256	32.097	34.8316	43.3765	65.5592	0	65.5592
11	1.66112	145.322	SM	2.256	32.097	35.8516	44.6467	67.5844	0	67.5844
12	1.66112	147.596	SM	2.256	32.097	37.018	46.0993	69.9002	0	69.9002
13	1.66112	147.933	SM	2.256	32.097	37.7171	46.9698	71.2883	0	71.2883
14	1.66112	147.289	SM	2.256	32.097	38.1663	47.5292	72.1799	0	72.1799
15	1.66112	144.002	SM	2.256	32.097	37.9353	47.2416	71.7215	0	71.7215
16	1.66112	129.673	SM	2.256	32.097	34.8389	43.3856	65.574	0	65.574
17	1.66112	105.94	SM	2.256	32.097	29.1774	36.3352	54.3332	0	54.3332
18	1.66112	82.0257	SM	2.256	32.097	23.2837	28.9957	42.6316	0	42.6316
19	1.66112	58.2448	SM	2.256	32.097	17.2411	21.4707	30.6344	0	30.6344
20	1.66112	42.1943	SM	2.256	32.097	13.1202	16.3388	22.4525	0	22.4525
21	1.66112	28.1123	SM	2.256	32.097	9.41878	11.7294	15.1037	0	15.1037
22	1.66112	13.4611	SM	2.256	32.097	5.44781	6.78427	7.21952	0	7.21952
23	1.66112	2.76734	SM	2.256	32.097	2.48568	3.09547	1.33839	0	1.33839
24	1.66112	0.79192	SM	2.256	32.097	1.95179	2.4306	0.278369	0	0.278369
25	1.66112	0.564629	SM	2.256	32.097	1.91362	2.38306	0.202581	0	0.202581

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.24124

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.66112	18.8435	SM	2.256	32.097	4.31984	5.36196	4.9519	0	4.9519
2	1.66112	54.7733	SM	2.256	32.097	10.2835	12.7643	16.7536	0	16.7536
3	1.66112	86.7266	SM	2.256	32.097	16.1666	20.0666	28.3958	0	28.3958
4	1.66112	108.927	SM	2.256	32.097	20.8327	25.8584	37.6298	0	37.6298
5	1.66112	117.559	SM	2.256	32.097	23.334	28.9631	42.5797	0	42.5797
6	1.66112	124.483	SM	2.256	32.097	25.6332	31.8169	47.1297	0	47.1297
7	1.66112	130.772	SM	2.256	32.097	27.9091	34.6419	51.6334	0	51.6334
8	1.66112	135.749	SM	2.256	32.097	30.0097	37.2492	55.7905	0	55.7905
9	1.66112	140.119	SM	2.256	32.097	32.0608	39.7952	59.8494	0	59.8494
10	1.66112	143.655	SM	2.256	32.097	34.0024	42.2052	63.6921	0	63.6921
11	1.66112	145.322	SM	2.256	32.097	35.5787	44.1617	66.8111	0	66.8111
12	1.66112	147.596	SM	2.256	32.097	37.3448	46.3539	70.3062	0	70.3062
13	1.66112	147.933	SM	2.256	32.097	38.687	48.0198	72.9623	0	72.9623

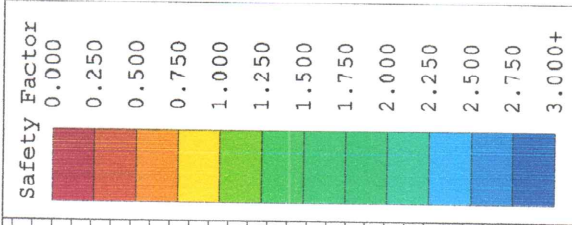
14	1.66112	147.289	SM	2.256	32.097	39.8079	49.4112	75.1802	0	75.1802
15	1.66112	144.002	SM	2.256	32.097	40.2436	49.952	76.0428	0	76.0428
16	1.66112	129.673	SM	2.256	32.097	37.6178	46.6927	70.8463	0	70.8463
17	1.66112	105.94	SM	2.256	32.097	32.0941	39.8365	59.9152	0	59.9152
18	1.66112	82.0257	SM	2.256	32.097	26.1072	32.4053	48.0677	0	48.0677
19	1.66112	58.2448	SM	2.256	32.097	19.7286	24.4879	35.4449	0	35.4449
20	1.66112	42.1943	SM	2.256	32.097	15.323	19.0195	26.7264	0	26.7264
21	1.66112	28.1123	SM	2.256	32.097	11.2418	13.9538	18.65	0	18.65
22	1.66112	13.4611	SM	2.256	32.097	6.68035	8.29192	9.62322	0	9.62322
23	1.66112	2.76734	SM	2.256	32.097	3.16941	3.934	2.67528	0	2.67528
24	1.66112	0.79192	SM	2.256	32.097	2.53792	3.15016	1.42559	0	1.42559
25	1.66112	0.564629	SM	2.256	32.097	2.81742	3.49709	1.97869	0	1.97869

List Of Coordinates

External Boundary

X	Y
0.0932121	0
100.093	0
100.093	23.2166
98.4001	23.2846
96.1963	23.3723
93.8798	23.4136
92.8556	23.4967
91.1	23.6009
89.4884	23.6053
88.2554	23.7058
86.432	23.9248
85.6027	23.9333
84.468	24.137
83.4525	24.6212
82.075	25.4237
81.1203	26.1096
80.1403	26.7555
78.5781	27.8
77.757	28.4769
77.0622	29.1291
76.406	29.9329
75.1487	31.2443
74.0144	32.5187
73.1755	33.4994
72.117	34.6
71.2456	35.3069
68.862	36.4921
67.8571	36.9464
66.3077	37.7041
65.2518	38.2
63.9937	38.7547
62.5853	39.5562

61.5601	40.0448
59.1422	41.3339
56.0037	43.1509
54.0376	44.4
52.6577	45.3509
51.8168	45.6232
49.9002	45.7371
46.9946	45.8074
43.1528	45.9106
40.6221	45.9672
39.2922	45.9858
35.6634	46.1218
32.1137	46.1935
29.3097	46.2855
25.513	46.3015
23.2694	46.2958
20.4832	46.3064
16.8124	46.3128
13.1192	46.215
9.41377	46.2924
4.85557	46.2503
0.0932121	46.284



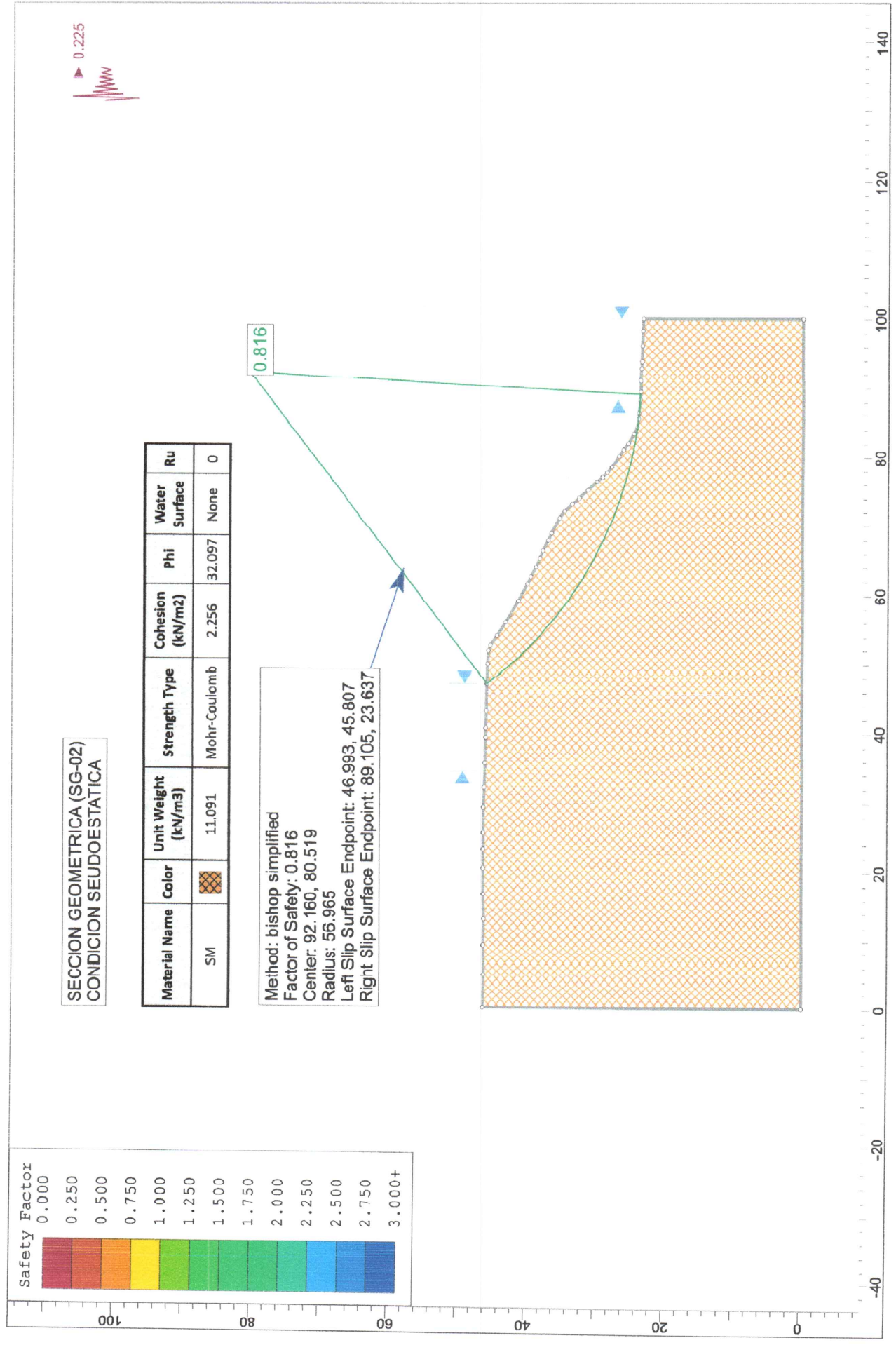
**SECCION GEOMETRICA (SG-02)
CONDICION SEUDOESTATICA**

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
SM		11.091	Mohr-Coulomb	2.256	32.097	None	0

Method: bishop simplified
 Factor of Safety: 0.816
 Center: 92.160, 80.519
 Radius: 56.965
 Left Slip Surface Endpoint: 46.993, 45.807
 Right Slip Surface Endpoint: 89.105, 23.637



0.816



Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: SG-02
Slide Modeler Version: 6.005
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 21/08/2021, 23:59:12

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: years
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Left to Right
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
- Spencer

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check $m\alpha < 0.2$: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options


Surface Type: Circular
Search Method: Auto Refine Search
Divisions along slope: 10
Circles per division: 10

Number of iterations: 10
Divisions to use in next iteration: 50%
Composite Surfaces: Disabled
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.225

Material Properties

Property	SM
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	11.091
Cohesion [kPa]	2.256
Friction Angle [deg]	32.097
Water Surface	None
Ru Value	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 0.816041
Center: 92.160, 80.519
Radius: 56.965
Left Slip Surface Endpoint: 46.993, 45.807
Right Slip Surface Endpoint: 89.105, 23.637
Resisting Moment=69345.3 kN-m
Driving Moment=84977.7 kN-m

Method: spencer

FS: 0.819399
Center: 92.160, 80.519
Radius: 56.965
Left Slip Surface Endpoint: 46.993, 45.807
Right Slip Surface Endpoint: 89.105, 23.637
Resisting Moment=69630.6 kN-m
Driving Moment=84977.7 kN-m
Resisting Horizontal Force=1069.23 kN
Driving Horizontal Force=1304.89 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1384
Number of Invalid Surfaces: 0

Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 1376

Number of Invalid Surfaces: 8

Error Codes:

Error Code -108 reported for 6 surfaces

Error Code -111 reported for 2 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).

-111 = safety factor equation did not converge

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.816041

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.68447	19.125	SM	2.256	32.097	5.89044	4.80684	4.06688	0	4.06688
2	1.68447	55.6006	SM	2.256	32.097	15.0749	12.3017	16.0161	0	16.0161
3	1.68447	88.0033	SM	2.256	32.097	23.9271	19.5255	27.5331	0	27.5331
4	1.68447	109.849	SM	2.256	32.097	30.5666	24.9436	36.1714	0	36.1714
5	1.68447	118.289	SM	2.256	32.097	33.8993	27.6632	40.5073	0	40.5073
6	1.68447	125.241	SM	2.256	32.097	36.9179	30.1265	44.4346	0	44.4346
7	1.68447	131.516	SM	2.256	32.097	39.8207	32.4953	48.2111	0	48.2111
8	1.68447	136.52	SM	2.256	32.097	42.417	34.614	51.5891	0	51.5891
9	1.68447	140.909	SM	2.256	32.097	44.8807	36.6245	54.7945	0	54.7945
10	1.68447	144.251	SM	2.256	32.097	47.0655	38.4074	57.6369	0	57.6369
11	1.68447	146.134	SM	2.256	32.097	48.8194	39.8386	59.9186	0	59.9186
12	1.68447	148.229	SM	2.256	32.097	50.6617	41.342	62.3158	0	62.3158
13	1.68447	148.47	SM	2.256	32.097	51.9078	42.3589	63.9371	0	63.9371
14	1.68447	147.515	SM	2.256	32.097	52.7455	43.0425	65.027	0	65.027
15	1.68447	142.942	SM	2.256	32.097	52.302	42.6806	64.4497	0	64.4497
16	1.68447	125.33	SM	2.256	32.097	47.1197	38.4516	57.7075	0	57.7075
17	1.68447	100.529	SM	2.256	32.097	39.0439	31.8614	47.2006	0	47.2006
18	1.68447	75.8733	SM	2.256	32.097	30.6494	25.0112	36.2791	0	36.2791
19	1.68447	53.3091	SM	2.256	32.097	22.6773	18.5056	25.9071	0	25.9071
20	1.68447	38.2542	SM	2.256	32.097	17.2831	14.1037	18.889	0	18.889
21	1.68447	23.4736	SM	2.256	32.097	11.7609	9.59741	11.7046	0	11.7046
22	1.68447	9.44644	SM	2.256	32.097	6.30536	5.14543	4.60669	0	4.60669
23	1.68447	0.944846	SM	2.256	32.097	2.90872	2.37363	0.187548	0	0.187548
24	1.68447	1.05467	SM	2.256	32.097	3.01786	2.46269	0.329538	0	0.329538
25	1.68447	0.353123	SM	2.256	32.097	2.77946	2.26816	0.0193824	0	0.0193824

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 0.819399

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
--------------	-----------	-------------	---------------	---------------------	-------------------------------	--------------------	----------------------	--------------------------	---------------------	-------------------------------

1	1.68447	19.125	SM	2.256	32.097	5.38323	4.41101	3.43578	0	3.43578
2	1.68447	55.6006	SM	2.256	32.097	11.8317	9.69485	11.8599	0	11.8599
3	1.68447	88.0033	SM	2.256	32.097	18.4877	15.1488	20.5554	0	20.5554
4	1.68447	109.849	SM	2.256	32.097	23.9444	19.62	27.6838	0	27.6838
5	1.68447	118.289	SM	2.256	32.097	27.2207	22.3046	31.9639	0	31.9639
6	1.68447	125.241	SM	2.256	32.097	30.4344	24.9379	36.1622	0	36.1622
7	1.68447	131.516	SM	2.256	32.097	33.7372	27.6442	40.477	0	40.477
8	1.68447	136.52	SM	2.256	32.097	36.9773	30.2992	44.71	0	44.71
9	1.68447	140.909	SM	2.256	32.097	40.2981	33.0202	49.0481	0	49.0481
10	1.68447	144.251	SM	2.256	32.097	43.5765	35.7065	53.3311	0	53.3311
11	1.68447	146.134	SM	2.256	32.097	46.6674	38.2392	57.3686	0	57.3686
12	1.68447	148.229	SM	2.256	32.097	50.0486	41.0098	61.786	0	61.786
13	1.68447	148.47	SM	2.256	32.097	53.0719	43.4871	65.7357	0	65.7357
14	1.68447	147.515	SM	2.256	32.097	55.89	45.7962	69.4172	0	69.4172
15	1.68447	142.942	SM	2.256	32.097	57.5428	47.1505	71.576	0	71.576
16	1.68447	125.33	SM	2.256	32.097	54.0307	44.2727	66.9881	0	66.9881
17	1.68447	100.529	SM	2.256	32.097	46.8467	38.3861	57.6031	0	57.6031
18	1.68447	75.8733	SM	2.256	32.097	38.635	31.6575	46.8754	0	46.8754
19	1.68447	53.3091	SM	2.256	32.097	30.1999	24.7458	35.856	0	35.856
20	1.68447	38.2542	SM	2.256	32.097	24.3791	19.9762	28.2517	0	28.2517
21	1.68447	23.4736	SM	2.256	32.097	17.7939	14.5803	19.649	0	19.649
22	1.68447	9.44644	SM	2.256	32.097	10.616	8.69873	10.2718	0	10.2718
23	1.68447	0.944846	SM	2.256	32.097	5.83531	4.78145	4.02638	0	4.02638
24	1.68447	1.05467	SM	2.256	32.097	6.23123	5.10586	4.54359	0	4.54359
25	1.68447	0.353123	SM	2.256	32.097	4.98063	4.08112	2.90982	0	2.90982

List Of Coordinates

External Boundary

X	Y
0.0932121	0
100.093	0
100.093	23.2166
98.4001	23.2846
96.1963	23.3723
93.8798	23.4136
92.8556	23.4967
91.1	23.6009
89.4884	23.6053
88.2554	23.7058
86.432	23.9248
85.6027	23.9333
84.468	24.137
83.4525	24.6212
82.075	25.4237
81.1203	26.1096
80.1403	26.7555
78.5781	27.8
77.757	28.4769
77.0622	29.1291

76.406	29.9329
75.1487	31.2443
74.0144	32.5187
73.1755	33.4994
72.117	34.6
71.2456	35.3069
68.862	36.4921
67.8571	36.9464
66.3077	37.7041
65.2518	38.2
63.9937	38.7547
62.5853	39.5562
61.5601	40.0448
59.1422	41.3339
56.0037	43.1509
54.0376	44.4
52.6577	45.3509
51.8168	45.6232
49.9002	45.7371
46.9946	45.8074
43.1528	45.9106
40.6221	45.9672
39.2922	45.9858
35.6634	46.1218
32.1137	46.1935
29.3097	46.2855
25.513	46.3015
23.2694	46.2958
20.4832	46.3064
16.8124	46.3128
13.1192	46.215
9.41377	46.2924
4.85557	46.2503
0.0932121	46.284

ANEXO 3: PANEL FOTOGRÁFICO

- **ANEXO 3.1.- Fotografías de la zona de estudio**
- **ANEXO 3.2.- Fotografías de labores en campo y laboratorio**

ANEXO 3.1.- Fotografías de la zona de estudio

Fotografía 1 Ingreso a la Asoc. Pecuaria Hijos de Piedra Blanca



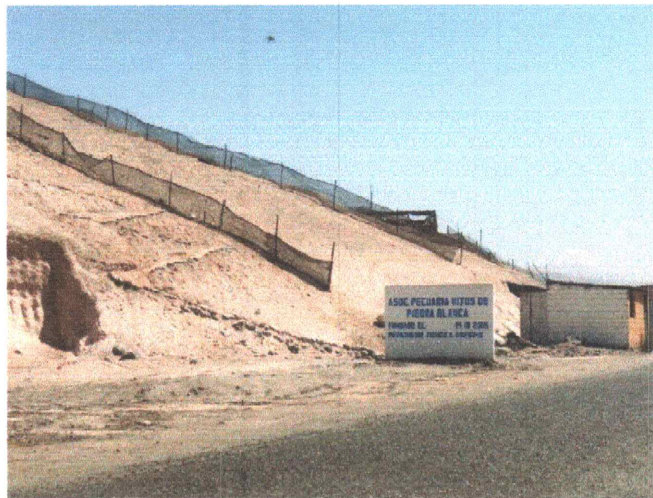
Fuente: Elaboración propia, 2022.

Fotografía 2 Vista del talud existe en el área de estudio



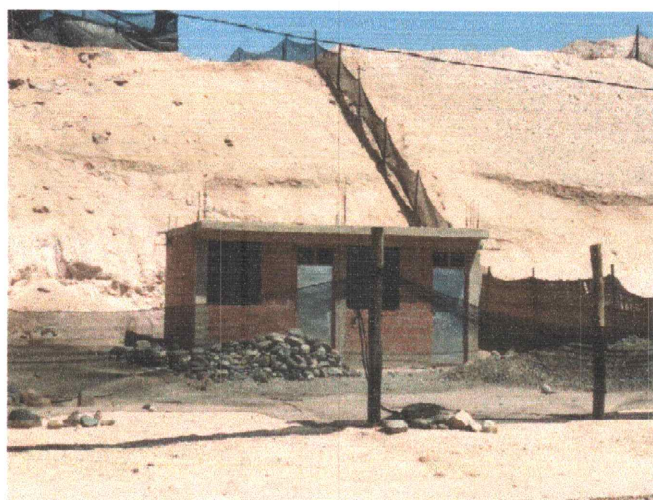
Fuente: Elaboración propia, 2022.

Fotografía 3 Vista del talud natural en la zona



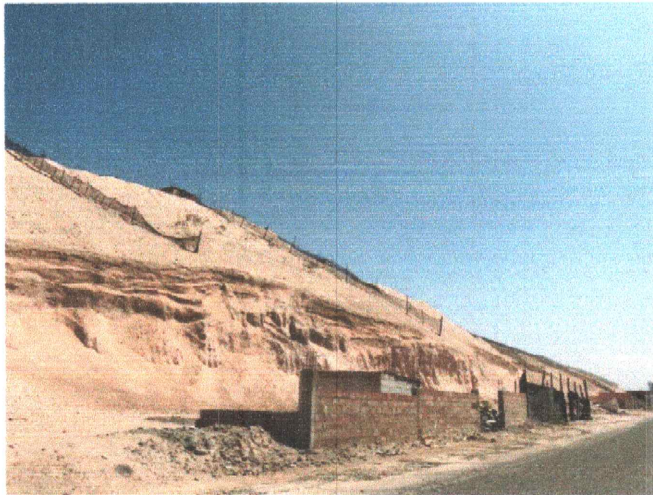
Fuente: Elaboración propia, 2022.

Fotografía 4 Vista de las edificaciones existentes



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Fotografía 5 vista de la modificación del talud natural



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Fotografía 6 Vista de edificación existente en zonas colindantes a la asociación.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

ANEXO 3.2.- Fotografías de las labores en campo y laboratorio

Fotografía 7 Reconocimiento del área de estudio



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Fotografía 8 Excavación de la calicata C-01



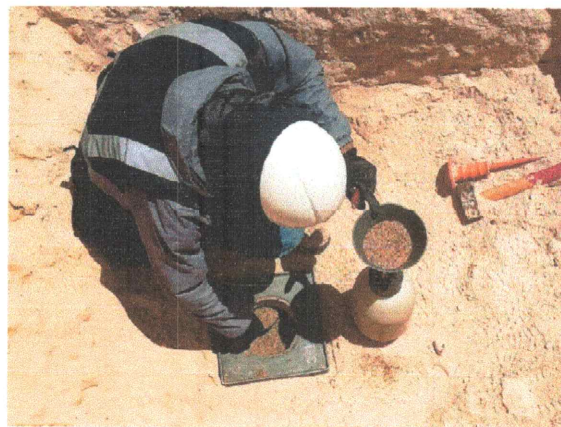
Fuente: Elaboración propia, 2022.

Fotografía 9 Vista del registro de la calicata C-01



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Fotografía 10 Ensayo de densidad In situ en la calicata C-01



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Fotografía 11 Ubicación de la calicata C-02



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Fotografía 12 Excavación de la calicata C-02



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Fotografía 13 Ensayo de densidad In situ en la calicata C-02



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Fotografía 14 Ubicación de la calicata C-03



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Fotografía 15 Ensayo de densidad In situ en la calicata C-03



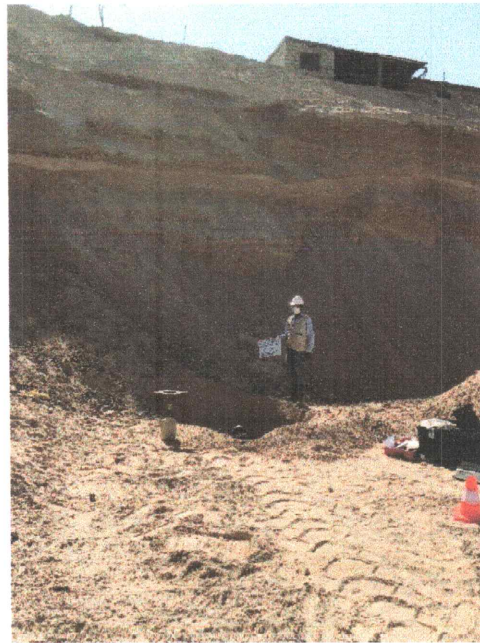
Fuente: Elaboración propia, 2022.

Fotografía 16 Excavación de la calicata C-04



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Fotografía 17 Ensayo de densidad In situ en la calicata C-04



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Fotografía 18 Excavación de la calicata C-05



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Fotografía 21 Equipo utilizado en secado de muestras



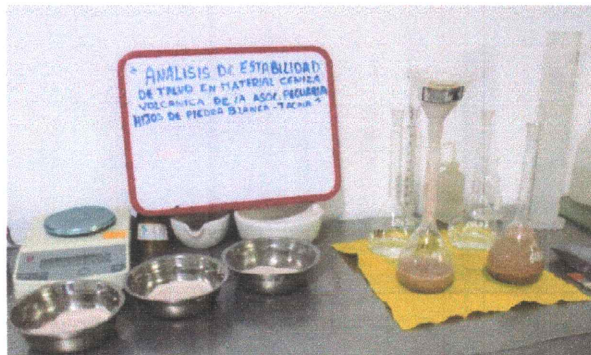
Fuente: Elaboración propia, 2022.

Fotografía 22 Equipo utilizado en el pesaje de muestras



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Fotografía 23 Equipo y accesorios utilizados



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Fotografía 24 Reconocimiento del área de estudio



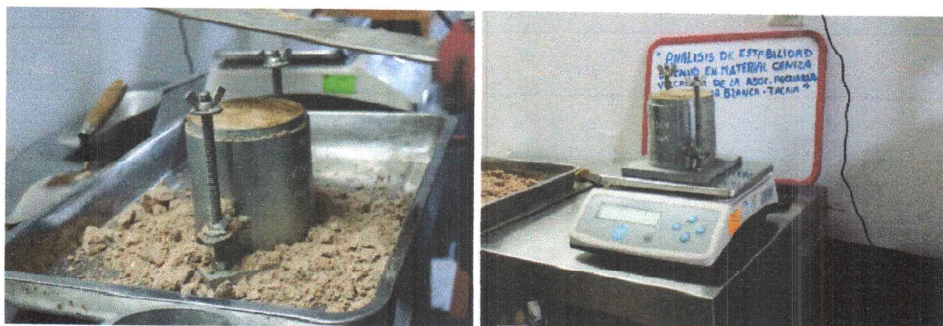
Fuente: Elaboración propia, 2022.

Fotografía 25 Equipo utilizado en ensayo de límites de consistencia



Fuente: Elaboración propia, 2022.

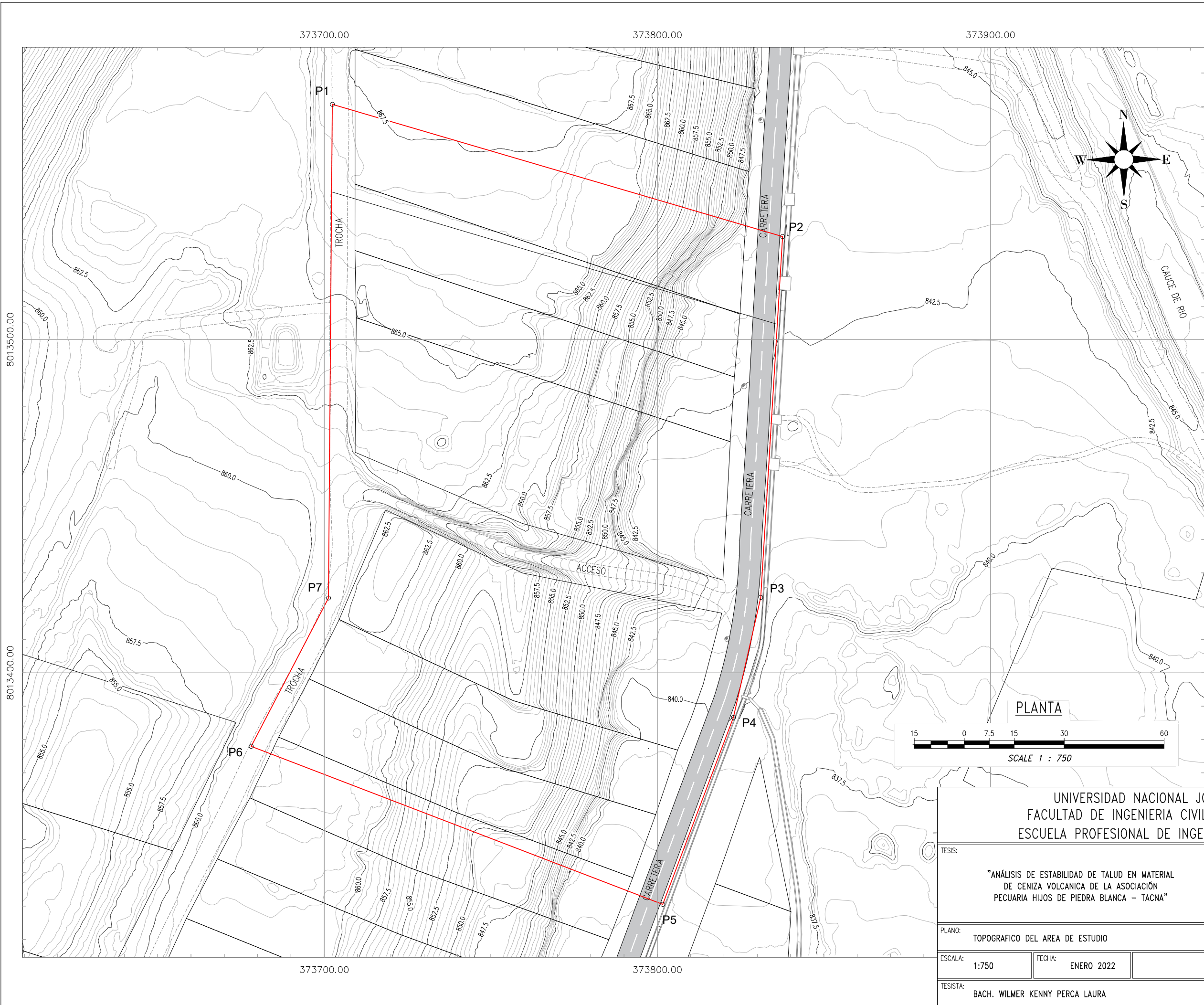
Fotografía 26 Accesorio utilizados en el ensayo de Proctor modificado



Fuente: Elaboración propia, 2022.

ANEXO 4: PLANOS

- **ANEXO 4.1.- Plano de ubicación y localización de la zona de estudio U-01**
- **ANEXO 4.2.- Plano de ubicación de calicatas UC-01**
- **ANEXO 4.3.- Plano topográfico del área de estudio T-01**
- **ANEXO 4.4.- Plano de ubicación de secciones del área de estudio PS-01**
- **ANEXO 4.5.- Plano del perfil longitudinal y secciones transversales PS-02**
- **ANEXO 4.6.- Plano geológico local GE-1**
- **ANEXO 4.7.- Plano geomorfológico local GM-1**



LEYENDA

CURVAS MAYORES	
CURVAS MENORES	
POLIGONAL DE AREA DE ESTUDIO	
LIMITE DE PROPIEDAD	
CARRERA	
CANAL	
PONTONES	
TROCHA DE ACCESO	
BUZONES	

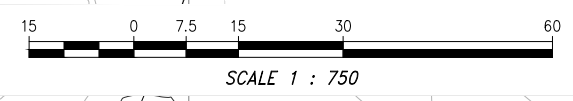
POLIGONAL DE ÁREA DE ESTUDIO

VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	140.87	74°5'6"	373702.427	8013570.589
P2	P2 - P3	108.48	102°53'21"	373837.598	8013530.916
P3	P3 - P4	36.97	170°37'35"	373831.036	8013422.638
P4	P4 - P5	59.94	172°7'48"	373822.818	8013386.588
P5	P5 - P6	132.33	89°42'52"	373801.618	8013330.518
P6	P6 - P7	50.20	83°27'47"	373678.078	8013377.934
P7	P7 - P1	148.15	207°5'31"	373701.284	8013422.447

ÁREA Y PERÍMETRO

Área	: 26483.93 m ²
Área	: 2.64839 ha
Perímetro	: 676.94 ml

NOTAS:
 1.- EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO ESTA REFERIDO AL DATUM WGS-84.
 2.- ELEVACIONES EN MSNM.
 3.- LA EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL ES DE 0.50m.



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHOMAN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA - GEOTECNIA

TESIS: <p style="text-align: center;">"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA"</p>	LÁMINA: <h1 style="text-align: center;">T-01</h1>
PLANO: TOPOGRAFICO DEL AREA DE ESTUDIO	
ESCALA: 1:750	FECHA: ENERO 2022
TESISISTA: BACH. WILMER KENNY PERCA LAURA	

373700.00

373800.00

373900.00

8013500.00

8013500.00

8013400.00

8013400.00

373700.00

373800.00

LEYENDA

- CURVAS MAYORES
- CURVAS MENORES
- POLIGONAL DE AREA DE ESTUDIO
- LIMITE DE PROPIEDAD
- CARRETERA
- CANAL
- PONTONES
- TROCHA DE ACCESO
- CALICATA

POLIGONAL DE AREA DE ESTUDIO

VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	140.87	74°5'6"	373702.427	8013570.589
P2	P2 - P3	108.48	102°53'21"	373837.598	8013530.916
P3	P3 - P4	36.97	170°37'35"	373831.036	8013422.638
P4	P4 - P5	59.94	172°7'48"	373822.818	8013386.588
P5	P5 - P6	132.33	89°42'52"	373801.618	8013330.518
P6	P6 - P7	50.20	83°27'47"	373678.078	8013377.934
P7	P7 - P1	148.15	207°5'31"	373701.284	8013422.447

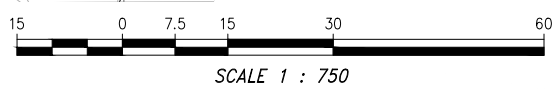
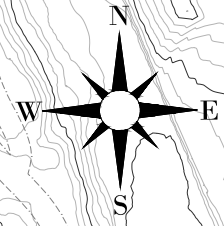
ÁREA Y PERÍMETRO

Área	: 26483.93 m ²
Área	: 2.64839 ha
Perímetro	: 676.94 ml

UBICACIÓN DE CALICATAS

CALICATA	NORTE	ESTE
C-01	8013517.00	373715.00
C-02	8013382.00	373683.00
C-03	8013383.00	373762.00
C-04	8013482.00	373804.00
C-05	8013446.00	373792.00

NOTAS:
 1.- EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO ESTA REFERIDO AL DATUM WGS-84.
 2.- ELEVACIONES EN MSNM.
 3.- LA EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL ES DE 0.50m.



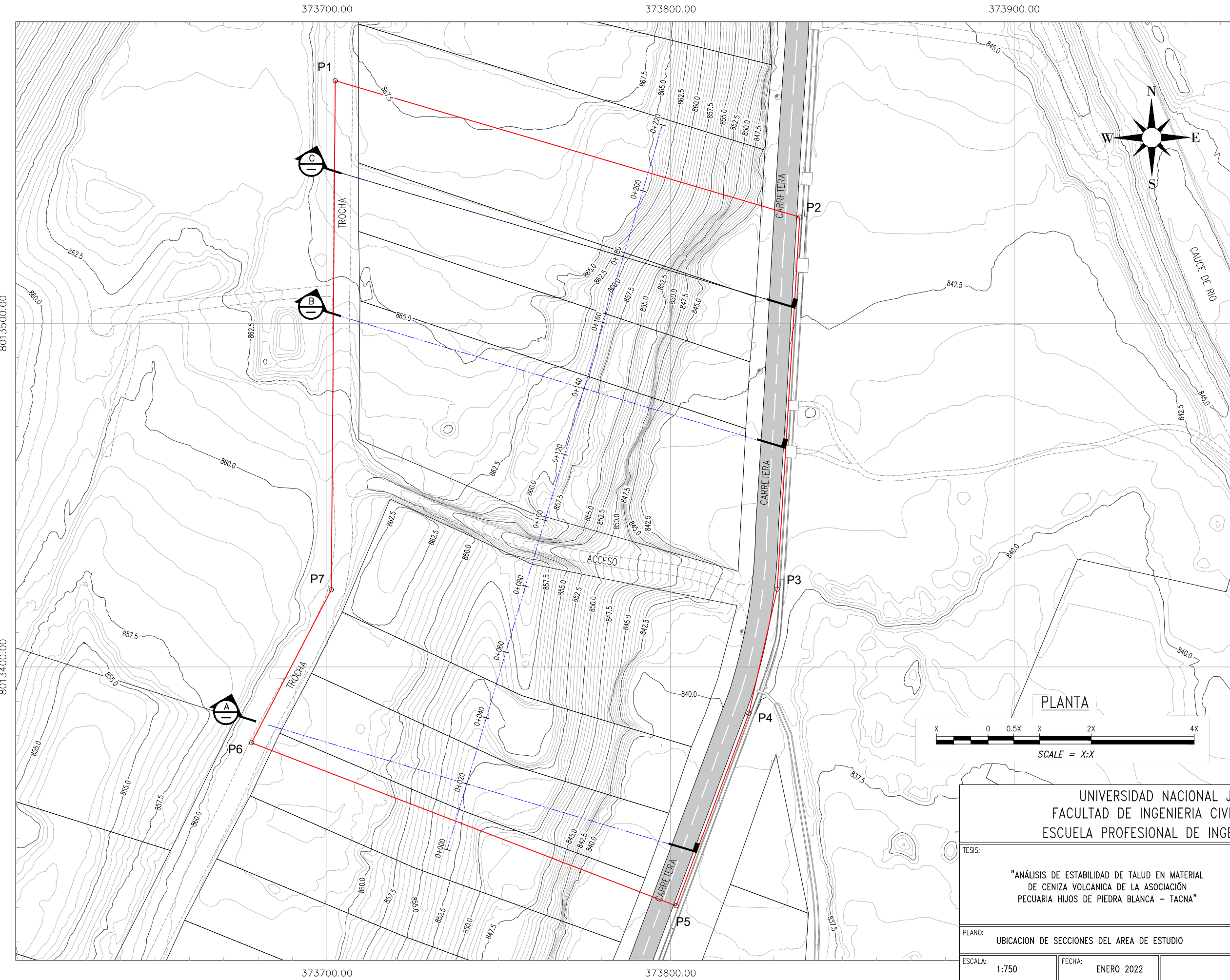
PLANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHOMAN
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA - GEOTECNIA

TESIS:	"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE GENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA"	
PLANO:	UBICACION DE CALICATAS	
ESCALA:	1:750	FECHA: ENERO 2022
TESISTA:	BACH. WILMER KENNY PERCA LAURA	

LÁMINA:

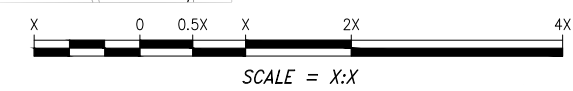
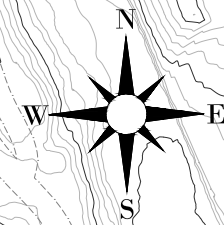
UC-01



LEYENDA	
CURVAS MAYORES	
CURVAS MENORES	
POLIGONAL DE AREA DE ESTUDIO	
EJE DE SECCIONES	
LÍMITE DE PROPIEDAD	
CARRETERA	
CANAL	
PONTONES	
TROCHA DE ACCESO	
BUZONES	

POLIGONAL DE ÁREA DE ESTUDIO					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	140.87	74°5'6"	373702.427	8013570.589
P2	P2 - P3	108.48	102°53'21"	373837.598	8013530.916
P3	P3 - P4	36.97	170°37'35"	373831.036	8013422.638
P4	P4 - P5	59.94	172°7'48"	373822.818	8013386.588
P5	P5 - P6	132.33	89°42'52"	373801.618	8013330.518
P6	P6 - P7	50.20	83°27'47"	373678.078	8013377.934
P7	P7 - P1	148.15	207°5'31"	373701.284	8013422.447

ÁREA Y PERÍMETRO	
Area	: 26483.93 m ²
Area	: 2.64839 ha
Perímetro	: 676.94 ml



- NOTAS:
- 1.- EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO ESTA REFERIDO AL DATUM WGS-84.
 - 2.- ELEVACIONES EN MSNM.
 - 3.- LA EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL ES DE 0.50m.

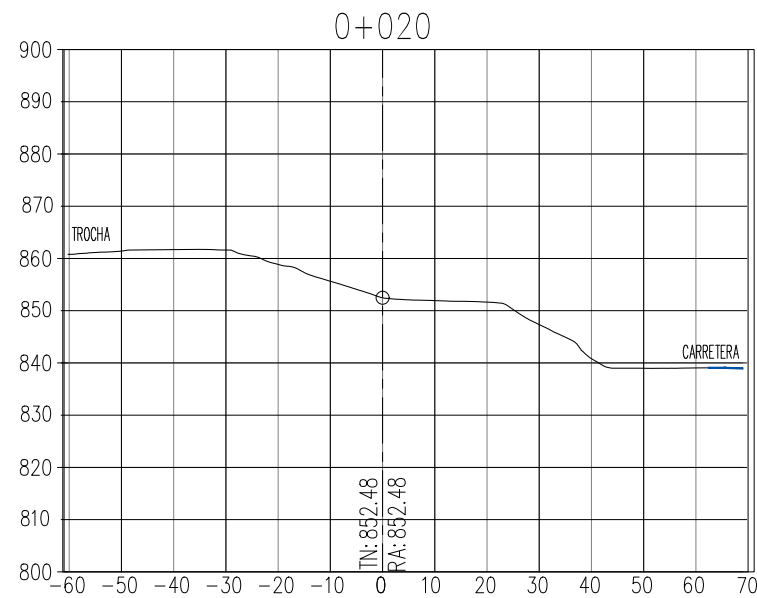
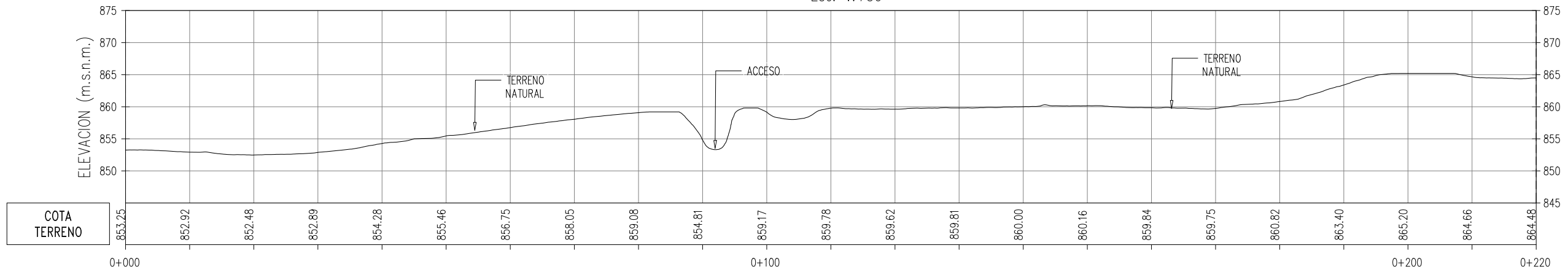
PLANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHOMAN FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA - GEOTECNIA	
TESIS: "ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA"	LÁMINA:
PLANO: UBICACION DE SECCIONES DEL AREA DE ESTUDIO	<h1>PS-01</h1>
ESCALA: 1:750	
TESISISTA: BACH. WILMER KENNY PERCA LAURA	FECHA: ENERO 2022

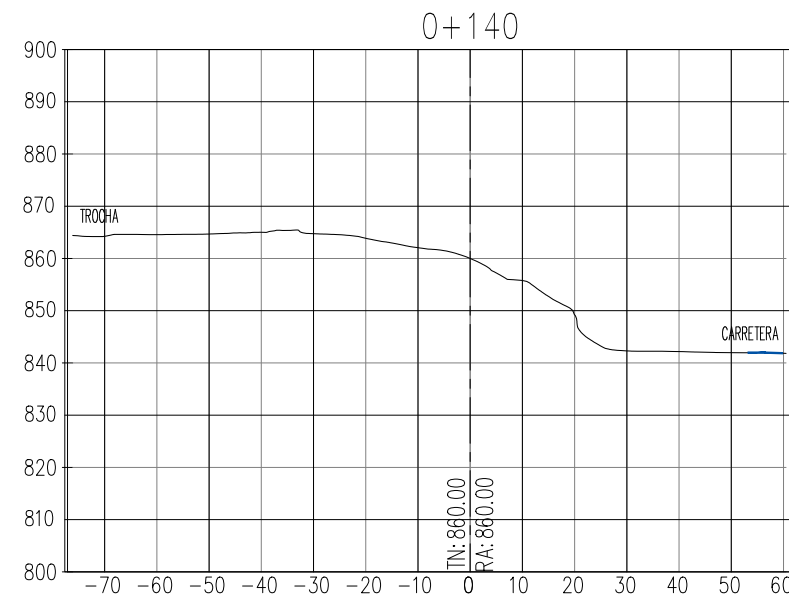
PERFIL LONGITUDINAL

Esc. H: 750

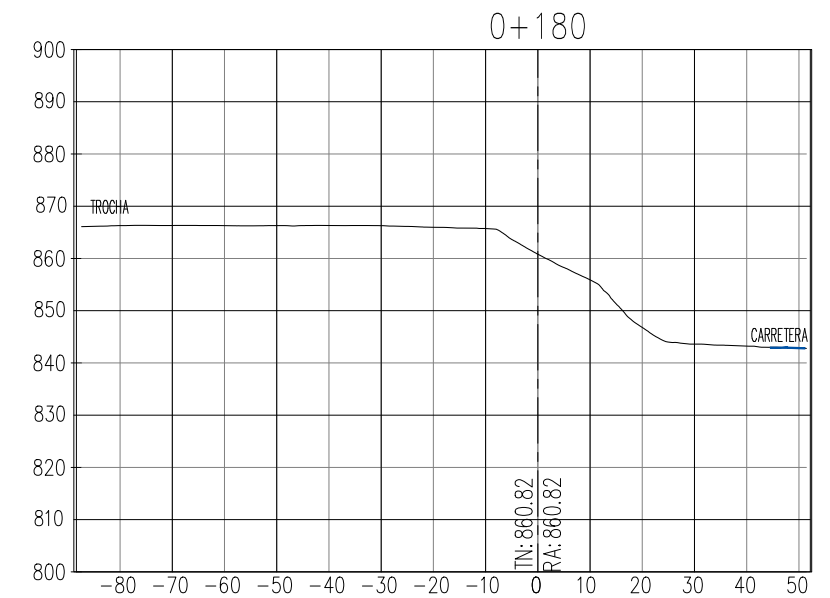
Esc. V: 750



SECCIÓN A
ESC H: 1/750
ESC H: 1/750



SECCIÓN B
ESC H: 1/750
ESC H: 1/750



SECCIÓN C
ESC H: 1/750
ESC H: 1/750

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHOMAN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA - GEOTECNIA

TESIS:
"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA"

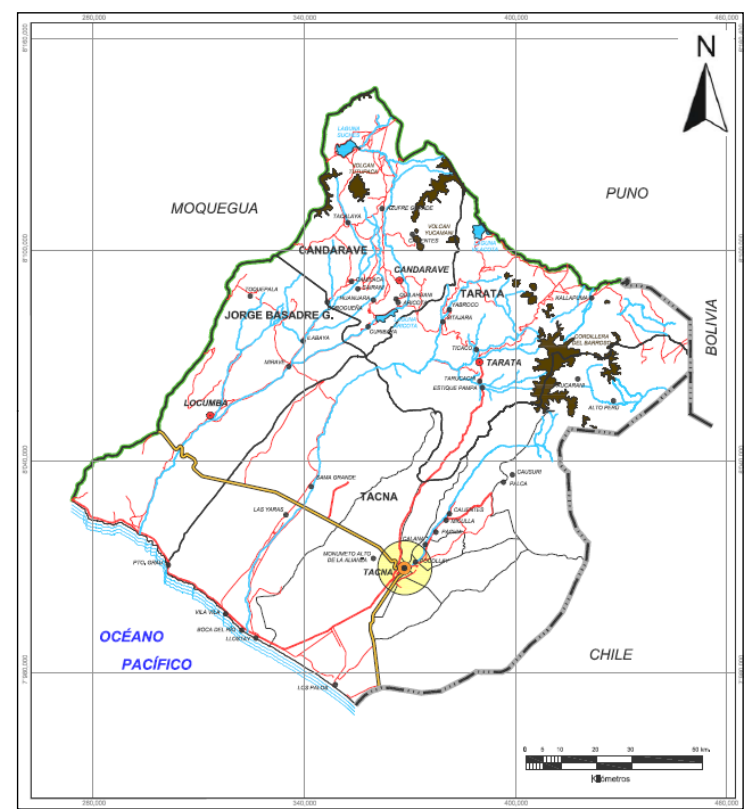
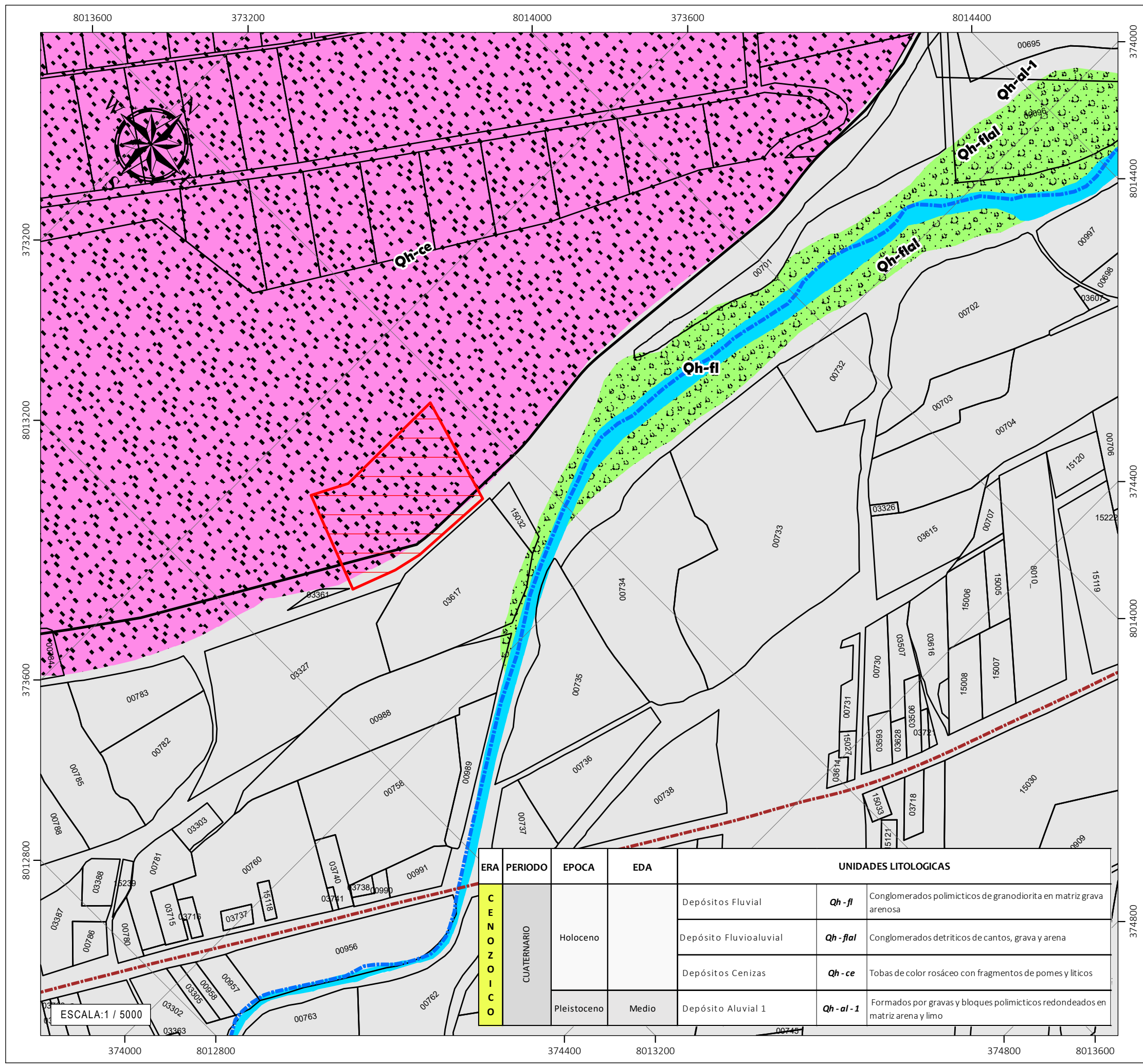
PLANO:
PERFIL LONGITUDINAL Y SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA:
INDICADA

FECHA:
ENERO 2022
373900.000000

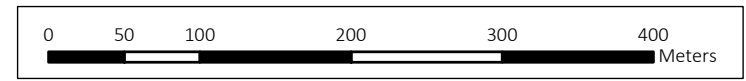
TESISTA:
BACH. WILMER KENNY PERCA LAURA

LÁMINA:
PS-02



LEYENDA

- Vías de Acceso
 - Afirmado
 - Asfaltado
 - Ferrocarril
- Hidrología
 - Eje principal de la cuenca
 - Eje principal de la subcuenca
 - Eje secundario
- Proyecto
 - Area en estudio
 - Limite de expansion urbana
 - Asociaciones y Parcelas
- Litología
 - Depósito fluvial
 - Depósito fluvio aluvial
 - Ceniza volcánica
 - Depósito aluvial 1



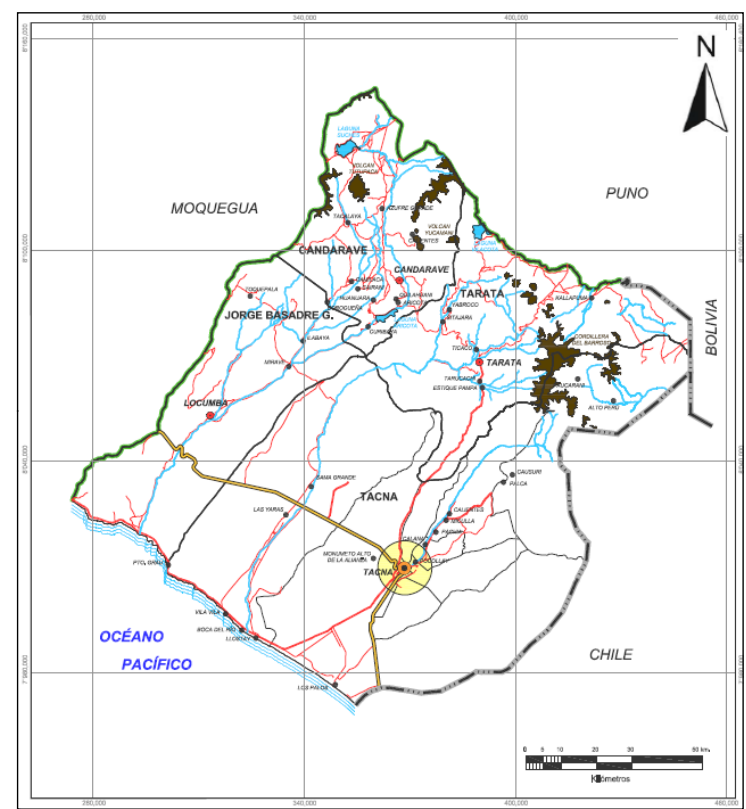
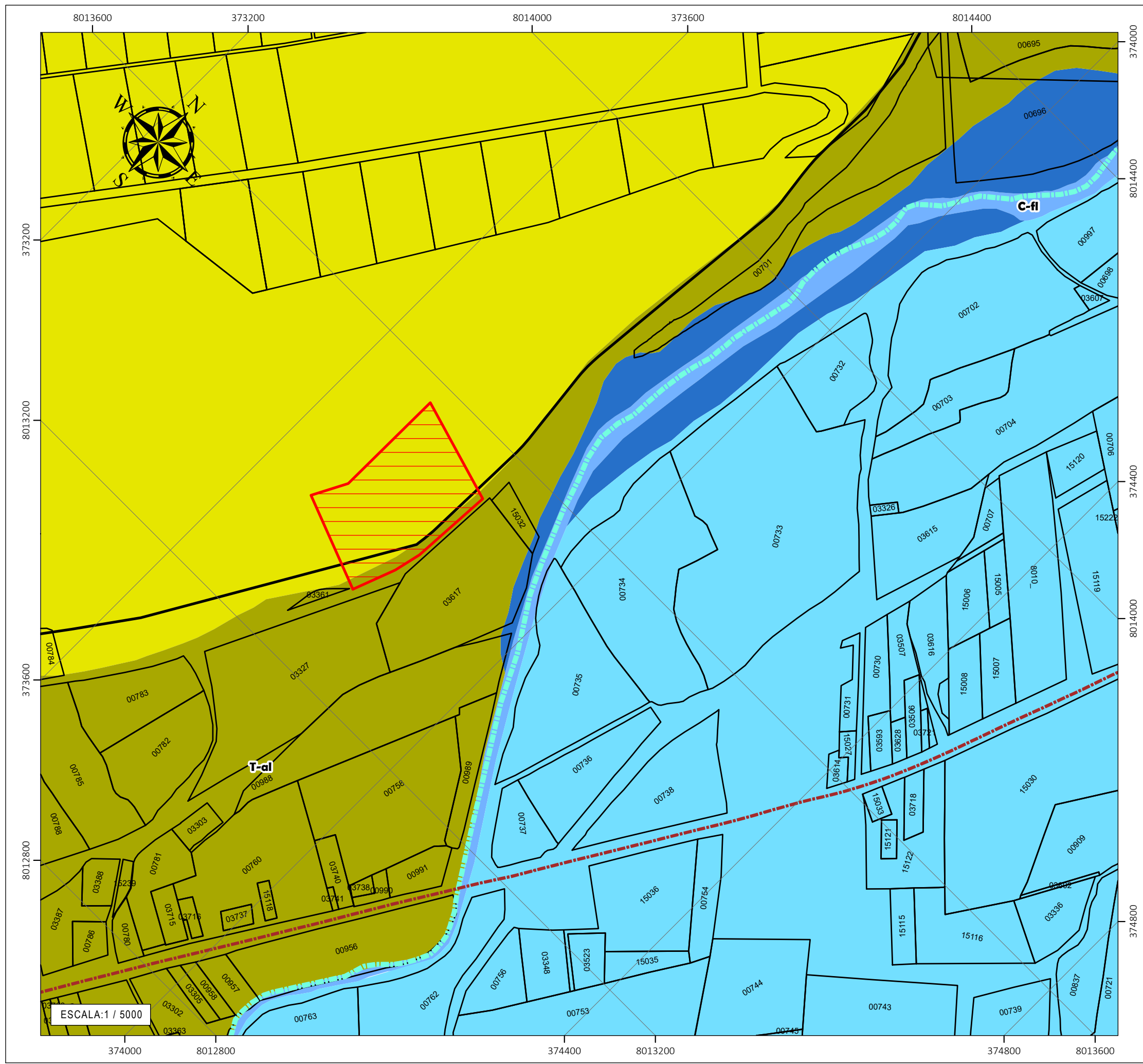
PROYECTO: "ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA"

UBICACION: DISTRITO DE CALANA, PROVINCIA DE TACNA Y DEPARTAMENTO DE TACNA

PLANO: PLANO GEOLOGICO LOCAL	PLANO: GE-1
FECHA: NOVIEMBRE - 2022	TESISTA: BACH. WILMER KENNY PERCA LAURA
FUENTE: PET	DATUM: UTM WGS 84, ZONA 19 S
	ESCALA: 1 / 5000

ERA	PERIODO	EPOCA	EDA	UNIDADES LITOLÓGICAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno		Depósitos Fluvial	Qh - fl Conglomerados polimicticos de granodiorita en matriz grava arenosa
				Depósito Fluvioaluvial	Qh - flal Conglomerados detriticos de cantos, grava y arena
				Depósitos Cenizas	Qh - ce Tobas de color rosáceo con fragmentos de pomes y liticos
		Pleistoceno	Medio	Depósito Aluvial 1	Qh - al - 1 Formados por gravas y bloques polimicticos redondeados en matriz arena y limo

ESCALA: 1 / 5000



LEYENDA

Proyecto

- Area en estudio

Vías de Acceso

- Afirmado
- Asfaltado
- Ferrocarril

Hidrología

- Eje principal de la cuenca
- Eje principal de la subcuenca
- Eje secundario

Geomorfología Local

- Limite de expansion urbana
- Asociaciones y Parcelas
- Cauce Fluvial
- Terraza fluvio aluvial
- Terraza aluvial
- Superficie de flujo piroclastico
- Colina y lomada en rocas sedimentarias
- Montañas y colinas en rocas sedimentarias

0 50 100 200 300 400 Meters

PROYECTO: "ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD EN MATERIAL DE CENIZA VOLCANICA DE LA ASOCIACIÓN PECUARIA HIJOS DE PIEDRA BLANCA - TACNA"

UBICACION: DISTRITO DE CALANA, PROVINCIA DE TACNA Y DEPARTAMENTO DE TACNA

PLANO: PLANO GEOMORFOLOGICO LOCAL	PLANO: GM-1
FECHA: NOVIEMBRE - 2022	TESISTA: BACH. WILMER KENNY PERCA LAURA
FUENTE: PET	DATUM: UTM WGS 84, ZONA 19 S
	ESCALA: 1 / 5000

ESCALA: 1 / 5000