

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS**

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

TESIS:

**FACTOR DE SEGURIDAD EN LAS LADERAS DEL SECTOR LAS
LAGUNAS- CHOTA- CAJAMARCA CON MÉTODOS GEOTÉCNICOS Y
SOFTWARE SLIDE**

Para optar el Grado Académico de

DOCTOR EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Presentada por:

Mtr. ABELARDO MELANIO BARBOZA MEJÍA

Asesor:

Dr. EDIN EDGARDO ALVA PLASENCIA

Cajamarca, Perú

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Abelardo Melanio Barboza Mejía
DNI: 27433044
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias.
Programa de Doctorado en Ciencias. Mención: Gestión Ambiental y Recursos Naturales
2. Asesor: Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro **Doctor**
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
Factor de Seguridad en las laderas del Sector Las Lagunas- Chota- Cajamarca con métodos geotécnicos y Software Slide
6. Fecha de evaluación: **08/12/2024**
7. Software antiplagio: **X TURNITIN** URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: **0%**
9. Código Documento: **3117:413994215**
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 X APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: **08/12/2024**

*Firma y/o Sello
Emisor Constancia*



Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
DNI: 26620894

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT © 2024 por
ABELARDO MELANIO BARBOZA MEJÍA
Todos los derechos reservados



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO Nº 080-2018-SUNEDU/CD
Escuela de Posgrado
CAJAMARCA - PERU



PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Siendo las *16.* horas, del día 11 de noviembre del año dos mil veinticuatro, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Dr. MARCIAL HIDELSO MENDO VELÁSQUEZ**, **Dr. ALEJANDRO CLAUDIO LAGOS MANRIQUE**, **Dr. WILFREDO POMA ROJAS** y en calidad de Asesor, el **Dr. EDIN EDGARDO ALVA PLASENCIA**, actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado y el Reglamento del Programa de Doctorado de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la SUSTENTACIÓN de la tesis titulada: **FACTOR DE SEGURIDAD EN LAS LADERAS DEL SECTOR LAS LAGUNAS-CHOTA-CAJAMARCA CON MÉTODOS GEOTÉCNICOS Y SOFTWARE SLIDE** presentada por el Máster en Project Management **ABELARDO MELANIO BARBOZA MEJÍA**.

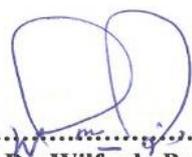
Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó *la aprobación* con la calificación de *dos veces (18)* la mencionada Tesis; en tal virtud, el Máster en Project Management **ABELARDO MELANIO BARBOZA MEJÍA**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **DOCTOR EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Mención **GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**

Siendo las *17 y 20* horas del mismo día, se dio por concluido el acto.


.....
Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
Asesor


.....
Dr. Marcial Hidelso Mendo Velásquez
Presidente-Jurado Evaluador


.....
Dr. Alejandro Lagos Manrique
Jurado Evaluador


.....
Dr. Wilfredo Poma Rojas
Jurado Evaluador

DEDICATORIA

A:

Nuestro creador, a las personas que más estimo mis hijas Amy Anael y Emily Brigitte mi querida esposa, mi madre, hermanos, familiares y amistades por el soporte persistente en el logro de mis objetivos, en memoria inolvidable a mi querido padre y familiares que me protegen y bendicen desde el infinito.

AGRADECIMIENTO

A mi Alma Mater Universidad Nacional de Cajamarca por el espacio brindado en el acompañamiento y formación de sus doctorandos y futuros profesionales en diferentes líneas académicas.

Infinito reconocimiento y gratitud al Dr. Ing. Edin Edgardo Alva Plasencia, Asesor de Tesis, por su acompañamiento y motivación para el logro de la investigación.

Seres imperfectos viviendo en un mundo imperfecto,
estamos condenados a encontrar solo migajas de felicidad.

JULIO RAMÓN RIVEYRO

La tentación del Fracaso

ÍNDICE GENERAL

	pág
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes de la investigación	5
2.2. Bases teóricas.....	13
2.3. Definición de términos	23
CAPÍTULO III	32
MATERIALES Y MÉTODOS	32
3.1. Ubicación y descripción general de la zona de estudio.....	32
3.2 Materiales, herramientas y equipos.....	35
3.3. Características de la zona en estudio.....	36
3.4. Metodología de la investigación	51
CAPÍTULO IV	72
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	72
4.1. Factor de seguridad usando el método de Bishop Simplificado	88
4.2. Factor de seguridad usando el método de Fellenius Ordinario.....	92

4.3. Factor de seguridad usando el método de Jambú Simplificado.....	95
CAPÍTULO V	101
CONCLUSIONES	101
CAPÍTULO VI	103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
ANEXOS	105

LISTA DE TABLAS

pág

Tabla 1 El Factor de Seguridad (determinista) de MELs y SRF por FEM.....	7
Tabla 2 Superficie de áreas de vulnerabilidad	8
Tabla 3 FS de Fellenius, Bishop y Janbú. (GEO - SLOPE, 2007).....	12
Tabla 4 Clases de factor de seguridad de talud FS.....	17
Tabla 5 Factores condicionantes en la estabilidad de los taludes y laderas.....	19
Tabla 6 Factores desencadenantes responsables de la inestabilidad de los taludes ...	19
Tabla 7 FS resultantes por los modelos de Fellenius, Bishop Simplificado y Janbú.	20
Tabla 8 Ubicación de las calicatas, sector Las Lagunas-Chota-Cajamarca.....	35
Tabla 9 Relación de equipos, herramientas y materiales.....	35
Tabla 10 Contenido de humedad del suelo, en la C-01, M-01,.....	72
Tabla 11 Contenido de humedad del suelo, en la C-02, M-01,.....	72
Tabla 12 Granulometría del suelo, C-01, M-01.	73
Tabla 13 Granulometría del suelo, C-02, M-01.	75
Tabla 14 Análisis granulométrico por tamizado mediante lavado	77
Tabla 15 Humedad, límites de consistencia y clasificación del suelo.....	79
Tabla 16 Datos obtenidos del ensayo de corte directo (ASTM 3080), C-01, M-01...	81
Tabla 17 Esfuerzo de Corte (kg cm^{-2}) C-01, M-01.....	83
Tabla 18 Datos obtenidos del ensayo de corte directo (ASTM 3080), C-02, M-01...	84
Tabla 19 Esfuerzo de corte (Kg cm^{-2}) C-02, M-01	86
Tabla 20 PG obtenidos del corte directo en la: C-01, M-01, C-02, M-01	87

LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1 Laderas y taludes naturales y artificiales.	15
Figura 2 Partes generales de un talud o ladera.....	16
Figura 3 Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento	18
Figura 4 Representación de taludes por el método simplificado de Bishop.....	21
Figura 5 Análisis de estabilidad de taludes por el método de Fellenius.....	22
Figura 6 Factor de Seguridad (f_0), utilizado en el método de Janbú	23
Figura 7 Símbolos usados en la clasificación de mecánica de suelos	28
Figura 8 Zonas sísmicas según NT. E.030 diseño sismorresistente (2018).....	30
Figura 9 Ubicación geográfica de la zona de investigación	33
Figura 10 Ubicación geográfica de la zona de investigación y las calicatas	34
Figura 11 Estratificación favorable a la pendiente del terreno	36
Figura 12 Detalle de resolución de superficies procesadas	37
Figura 13 Elevaciones del terreno.....	39
Figura 14 Perfil longitudinal, escarpe-zona de acumulación.....	41
Figura 15 Pendiente del terreno	42
Figura 16 Precipitaciones periodo octubre de 2020-marzo de 2021	43
Figura 17 Temperatura y precipitación en la zona de investigación.....	44
Figura 18 Equilibrio o desequilibrio de fuerza en un talud	45
Figura 19 Perfil A-A' longitudinal al deslizamiento	47
Figura 20 Perfil B-B' transversal al deslizamiento.....	48
Figura 21 Perfil C-C' transversal al deslizamiento.....	49
Figura 22 Perfil D-D'	50
Figura 23 El escarpe principal.....	50
Figura 24 Talud ubicado a la margen derecha de la Quebrada Potrera.....	52
Figura 25 Talud ubicado en zona oeste del área de estudio.....	53
Figura 26 Zona sureste del Sector Las Lagunas.....	54
Figura 27 Realizando el levantamiento topográfico del Sector Las Lagunas.....	55
Figura 28 Plano topográfico y perfiles interceptando los puntos de las C-01 y C-02	56
Figura 29 Perfil topográfico, se evidencia el punto de la calicata C-01	57
Figura 30 Perfil topográfico, se evidencia el punto de la calicata-02	58
Figura 31 Evento geodinámico producido en el Sector Las lagunas	59
Figura 32 Excavación, y medición de la calicata C-01	60

Figura 33	Muestreo, muestras y descripción del suelo de la calicata C-01	61
Figura 34	Excavación, y medición de la calicata C-02	61
Figura 35	Muestreo, muestras y descripción del suelo de la calicata C-02	62
Figura 36	Afloramiento de agua en la zona investigada.....	63
Figura 37	Proceso para determinar el contenido de humedad de las muestras.....	65
Figura 38	Proceso para determinar la granulometría de las muestras del suelo.	66
Figura 39	Proceso para determinar los límites de consistencia del suelo.....	67
Figura 40	Proceso para determinar el ángulo de fricción interna y la cohesión	69
Figura 41	Aplicación del software Slide 6.....	70
Figura 42	Importación de los perfiles desde AutoCAD al software Slide 6.....	71
Figura 43	Modelado y cálculo del factor de seguridad	71
Figura 44	Curva de distribución granulométrica de la C-01, M-01.	74
Figura 45	Curva distribución granulométrica, C-02, M-01	76
Figura 46	Balance de la clasificación de suelo de la: C-01, M-01 y C-02, M-01	77
Figura 47	Determinación de los límites de consistencia (Atterberg) C-01, M-01	78
Figura 48	Determinación de límites de consistencia (Atterberg) C-02, M-01	79
Figura 49	Carta de plasticidad para la clasificación de suelo fino	80
Figura 50	Balance de: HN, LL, LP y IP y clasificación de suelo	80
Figura 51	Obtención del esfuerzo de corte, C-01, M-01	83
Figura 52	Obtención del esfuerzo de corte, C-02, M-01	85
Figura 53	Cohesión(C) y ángulo de fricción interna (\emptyset), C-01, M-01.....	86
Figura 54	Cohesión(C) y ángulo de fricción interna (\emptyset), C-02, M-01.....	87
Figura 55	Balance de los parámetros geotécnicos en la: C-01, M-01, C-02, M-01 ..	88
Figura 56	FS con el método de Bishop Simplificado (C-01, M-01); (C-02, M-01) ..	89
Figura 57	FSD con el método de Bishop Simplificado (C-01, M-01); (C-02, M-01)	90
Figura 58	FS con el método de Fellenius Ordinario (C-01, M-01); (C-02, M-01)....	92
Figura 59	FSD con el método de Fellenius Ordinario (C-01, M-01); (C-02, M-01) .	93
Figura 60	FS con el método de Jambú Simplificado (C-01, M-01); (C-02, M-01) ...	95
Figura 61	FSD con el método de Jambú Simplificado (C-01, M-01); (C-02, M-01) ...	96
Figura 62	Balance de los factores de seguridad (FS) con los métodos geotécnicos ..	98
Figura 63	Balance de los factores de seguridad (FSD) con los métodos geotécnicos	99
Figura 64	Porcentaje de variación de (FS) y (FSD) con los métodos geotécnicos	99

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS

ASTM	:	American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)
CENAPRED	:	Centro Nacional de Prevención de Desastres
CH	:	Contenido de Humedad
CNPD	:	Centro Nacional de Prevención de Desastres
MCSGGP	:	Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos
MTC	:	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
NTP	:	Norma Técnica Peruana
FS	:	Factor de Seguridad
FS _E	:	Factor de Seguridad Estático
FS _D	:	Factor de Seguridad Pseudoestático
f_0	:	Factor de seguridad (utilizado en el método de Janbú)
GPS	:	Sistema de Posicionamiento Global
ha	:	Hectárea
INGEMMET	:	Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
IP	:	Índice de Plasticidad
LL	:	Límite Líquido
LP	:	Límite Plástico
PR	:	Profesional Responsable
MEL	:	Métodos de Equilibrio Limite
MEF	:	Modelo base de Elementos Finitos
MDE	:	Modelo Digital de Elevaciones
PNOA	:	Plan Nacional de Ortofotografía Aérea
PG	:	Parámetros Geotécnicos
PR	:	Percepción Remota (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea)
PRM	:	Procesos de Movimientos o Remoción en Masa
SPF	:	Superficies Potenciales de Falla
SRF	:	Stress Reducción Factor (Factor de Reducción por Esfuerzos)
SUCS	:	Unified Soil Classification System (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos-SUCS)
USBR	:	Método Sueco, método de las dovelas
W	:	Peso Total de la Rebanada

C	:	Cohesión del suelo
C-01	:	Calicata número uno
C-02	:	Calicata número dos
M-01	:	Muestra número uno
M-01	:	Muestra número dos
MM	:	Movimientos en masas
RNE	:	Reglamento Nacional de Edificaciones
NT	:	Norma Técnica
\emptyset	:	Angulo de fricción interna del suelo
ESP	:	Espécimen

RESUMEN

La investigación se realizó en el Sector Las Lagunas, al sureste de la ciudad de Chota y al norte de la provincia de Cajamarca, región Cajamarca. El objetivo general fue determinar y comparar cada uno de los factores de seguridad del suelo en las laderas del Sector con los métodos geotécnicos de Bishop Simplificado, Fellenius y Janbú; usando el software Slide. Los métodos usados han sido la observación en campo considerando información bibliográfica, datos extraídos de campo en diversas etapas y de laboratorio de mecánica de suelos, obteniendo las conclusiones basadas en los resultados como: las propiedades fisicomecánicas del suelo: humedad (C-01, M-01 = 22%; C-02, M-01 = 27%;), granulometría (arcilla inorgánica de alta plasticidad (CH), límites de consistencia (C-01, M-01, LL = 53%, LP = 19%; C-02, M-01, LL= 64%, LP = 31%;) cohesión y ángulo de fricción interna (C-02, M-01; $\phi = 22.78^\circ$; $C = 0.267 \text{ kgcm}^{-2}$) y C-01, M-01; $\phi = 21,80^\circ$; $C = 0.293 \text{ kgcm}^{-2}$), el factor de seguridad usando los tres métodos geotécnicos y comparando entre sí con los factores pseudoestáticos, también con datos de los antecedentes investigados (Bishop Simplificado C-01, M-01, FS = 0.998, FS_D = 0.759 ; C-02, M-01, FS = 1.316, FS_D = 0.759), Fellenius Ordinario C-01, M-01, FS = 0.960, FS_D=0.735; C-02, M-01, FS = 1.279, FS_D = 0.755), Janbú Simplificado C-01, M-01, FS = 0.954, FS_D=0.730; C-02, M-01, FS = 1.273, FS_D=0.750). Finalmente, se determinó algunos factores condicionantes en la inestabilidad de las laderas en el sector Las Lagunas, como la litología y la presencia de afloramiento de agua, mediante manantiales y zonas pantanosas.

Palabras Clave: laderas, taludes, factor de seguridad

ABSTRACT

The research was carried out in the Las Lagunas Sector, southeast of the city of Chota and north of the province of Cajamarca, Cajamarca region. The general objective was to determine and compare each of the soil safety factors on the slopes of the Sector with the geotechnical methods of Bishop Simplified, Fellenius and Janbú; using Slide software. The methods used have been field observation considering bibliographic information, data extracted from the field at various stages and from the soil mechanics laboratory, obtaining conclusions based on the results such as: the physic mechanical properties of the soil: humidity (C-01, M -01 = 22%; C-02, M-01 = 27%;), granulometry (high plasticity inorganic clay (CH), consistency limits (C-01, M-01, LL = 53%, LP=19 %; C-02, M-01, LL = 64%, LP=31%;) cohesion and internal friction angle (C-02, M-01; $\phi = 22.78^\circ$; $C = 0.267 \text{ kgcm}^{-2}$) and C -01, M-01; $\phi = 21.80^\circ$; $C = 0.293 \text{ kgcm}^{-2}$), the safety factor using the three geotechnical methods and comparing each other with the pseudostatic factors and also with data from the investigated background (Bishop Simplified). C-01, M-01, $FS = 0.998$, $FS_D = 0.759$; C-02, M-01, $FS = 1.316$, $FS_D = 0.759$), Fellenius Ordinary; C-02, M-01, $FS = 1.279$, $FS_D = 0.755$), Simplified Janbú C-01, M-01, $FS = 0.954$, $FS_D = 0.730$; C-02, M-01, $FS = 1.273$, $FS_D = 0.750$). Finally, some conditioning factors were determined in the instability of the slopes in the Las Lagunas sector, such as lithology and the presence of water outcrop, through springs and swampy areas.

Keywords: Slopes, slopes, safety factor

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los problemas de la inestabilidad de laderas y taludes se cuentan entre los peligros naturales más destructivos del planeta, lo cual representa una de las mayores amenazas para la vida y bienes materiales de la población, derrumbes y deslizamientos, flujos y movimientos complejos y que ocurren día a día alrededor del mundo. Cada año estos desastres ocasionan numerosas víctimas, heridos y damnificados, así como cuantiosas pérdidas económicas. El impacto que estos peligros provocan es de mayor magnitud en países de escasos recursos, debido a su alto grado de vulnerabilidad, para prevenir futuros desastres asociados a inestabilidad de laderas. Es de suma importancia que todos los miembros de la población conozcan este fenómeno y se mantengan atentos a las manifestaciones que lo preceden y los factores que lo generan. En varios países se han tenido diferentes experiencias catastróficas en este respecto. En el Salvador, por ejemplo, en la Colonia Las Colinas un gran flujo de suelos y rocas con un volumen de aproximadamente 90,000-100,000 m³ sepultó por completo gran porcentaje de una zona habitada, ocasionando la pérdida de más de 500 vidas. Dicho movimiento se produjo a consecuencia de un sismo de 7.6 grados de magnitud que ocurrió el 13 de enero de 2001. Durante el mes de diciembre de 1999, en la franja costera de Venezuela, se registraron precipitaciones extraordinarias durante casi 20 días como resultado de la presencia de una vaguada. Días antes de la ocurrencia de estas lluvias, el huracán Lenny había afectado la costa oriental. Debido al exceso de agua infiltrada, hubo una saturación del suelo, lo que no sólo causa inundaciones devastadoras, sino también el reblandecimiento y la inestabilidad de las laderas. En la región central de la costa norte del país ocurrieron grandes deslizamientos en la parte más alta de la cordillera generando avalanchas violentas, y una destrucción excepcional en la angosta franja costera. De acuerdo con la Cruz Roja Internacional, el desastre causado por las inundaciones y los movimientos de ladera, cobró la

vida de 30,000 personas y afectó 81,000 viviendas. Las pérdidas materiales ascendieron a 3,211 millones de dólares y se reportó un alto nivel de deforestación. En México se han tenido diferentes experiencias catastróficas al respecto, las lluvias torrenciales de 1999 ocasionaron cientos de deslizamientos y flujos en los estados de Puebla, Veracruz e Hidalgo. En la Sierra Norte de Puebla, las consecuencias fueron particularmente catastróficas en varias poblaciones de la región. En Teziutlán, Puebla un solo deslizamiento en la colonia La Aurora ocasionó la pérdida de 120 vidas, además de otras víctimas en colonias aledañas. El estudio de estos peligros relacionados con la inestabilidad de laderas involucra la participación de grupos interdisciplinarios de especialistas, quienes analizan no sólo el proceso como tal, sino también los efectos socioeconómicos derivados. El primer paso para reducir los efectos dañinos causados por estos fenómenos naturales consiste en difundir el conocimiento y fomentar la cultura entre los habitantes de una nación acerca de ellos. Por un lado, los materiales térreos formadores pueden ser poco resistentes o estar caracterizados por la presencia de sistemas de debilidad como diaclasas, fracturas, fallas, etc., lo cual implica una inestabilidad latente. O bien, las laderas pueden estar expuestas a factores externos, tales como la erosión, la presencia de lluvias excesivas, los temblores intensos la actividad humana juegan un papel muy importante en su desequilibrio en la modificación de la estabilidad de las laderas generando los desastres naturales. El estudio de estos peligros relacionados con la inestabilidad de laderas involucra la participación de grupos interdisciplinarios de especialistas, quienes analizan no solo el proceso como tal, sino también los efectos socioeconómicos derivados. El primer paso para reducir los efectos dañinos causados por estos fenómenos naturales consiste en difundir el conocimiento y fomentar la cultura entre los habitantes de una nación acerca de ellos. Muchas de las laderas se encuentran en una condición potencialmente inestable, de manera que los movimientos se pueden iniciar con facilidad. (Alcántara et al, 2021).

En diversas zonas de la región de Cajamarca, y en especial el Sector Las Lagunas ubicado al sureste y a 1.6 km de distancia de la ciudad de Chota presenta geoformas con pendientes de diversos ángulos, algunas laderas están susceptibles a deslizarse y otras tienen sucesos de desligamiento de gran magnitud generados en los años (2011 y 2021), deteriorando obras de vías de comunicación terrestre, sistemas de captación de agua, viviendas, puentes carrozables, etc., estos peligros generan impactos negativos y originan pérdidas materiales, económicas, humanas y medio ambientales hacia la colectividad chotana.

Para los estudios de inestabilidad de laderas y taludes, existen varios métodos, que requieren parámetros geotécnicos para el cálculo (cohesión y ángulo de fricción interna), estos son determinados en laboratorio de las muestras de suelo extraídas de campo, y con ayuda del software Slide se puede determinar el Factor de Seguridad, de tal manera que nos permita conocer la vulnerabilidad y comparar cual es el método más conservador y ser usado en futuros estudios de investigación, contribuyendo de esta manera al campo del conocimiento de la ingeniería geotécnica a diferentes niveles (local, regional, nacional y del mundo), estos métodos geotécnicos son el método Bishop Simplificado, Fellenius y Janbú, con los cuales estamos aportando científicamente y se recomienda utilizar el método geotécnico más conservador.

Con la investigación se busca cumplir con los siguientes objetivos:

Objetivo general.

Determinar el factor de seguridad en las laderas del sector Las Lagunas-Chota-Cajamarca, usando los métodos geotécnicos aplicando el software Slide.

Objetivos específicos.

Determinar las propiedades fisicomecánicas del suelo (humedad, granulometría, límites de consistencia, esfuerzo de corte, deformación tangencial y clasificación del suelo)

Calcular y los parámetros geotécnicos: cohesión y ángulo de fricción interna

Determinar el factor de seguridad usando el método geotécnico de Bishop Simplificado

Calcular el factor de seguridad aplicando el método geotécnico de Fellenius

Calcular el factor de seguridad aplicando el método geotécnico de Janbú

Comparar los factores de seguridad determinados con los métodos geotécnicos

Comparar los factores de seguridad pseudoestáticos con los métodos geotécnicos

Determinar los factores condicionantes en la inestabilidad de las laderas en el sector Las Lagunas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Quesada et al. (2018) en su artículo titulado: "Las investigaciones sobre movimientos de laderas en Costa Rica, Honduras, México y Nicaragua" indica que el objetivo de este trabajo fue conocer las metodologías aplicadas en cuatro países de América Latina (Costa Rica, Honduras, México y Nicaragua), dichos procedimientos pueden generar mapas de susceptibilidad de movimientos de ladera, los cuales sirven para gestionar los riesgos y ordenar el territorio de distintas ciudades, cuencas o unidades político-administrativas a partir de los esfuerzos de la academia, agencias de cooperación o las instituciones públicas. Se realiza la caracterización de cada una de las zonas de estudio, posteriormente, se hace una explicación por caso de estudio para entender las distintas metodologías utilizadas en la cartografía de movimientos de ladera en cuatro casos de Costa Rica, Honduras, México y Nicaragua; se presentan sus resultados, se hace una discusión de las fortalezas y debilidades de cada una de estas metodologías, así como los estudios de movimientos de ladera. Concluyen en que las causas que generan los procesos de ladera se podrían dividir en naturales y humanas, donde las primeras incluyen al agua, la actividad sísmica y la actividad volcánica, cada uno como un elemento individual o en combinación; las causas humanas o antrópicas van desde la deforestación, la urbanización, la ganadería y la agricultura, que modifican el ángulo de reposo de las laderas y propician su inestabilidad.

Oliva y Gallardo (2018) en su estudio de caso "Evaluación del riesgo por deslizamiento de una ladera" cuyo objetivo fue determinar la frecuencia con la que se presentan deslizamientos en sitios cercanos a la zona de estudio y con características geológicas, geotécnicas, geomorfológicas y de actividad humana similares, en el trabajo de

investigación se estudió y aplicó una metodología general para evaluar el riesgo por deslizamiento de una ladera urbana, considerando la interrelación entre la amenaza y vulnerabilidad física existentes en la zona de estudio. Concluyen en que la amenaza se determinó a través de métodos probabilísticos y determinísticos; mientras que la vulnerabilidad de los elementos expuestos se obtuvo considerando los tipos de edificaciones y su distribución espacial, el estado de integridad estructural, la profundidad de las cimentaciones y el volumen probable de la masa de terreno inestable, se debe materializar la acción conjunta de factores geológicos, hidrológicos y geomorfológicos, y la alteración de estos por procesos geodinámicos, presencia de vegetación y de actividad antrópica, así como por la frecuencia e intensidad de fenómenos naturales como terremotos y precipitaciones, la ocurrencia de los deslizamientos se presenta mucha incertidumbre debido a que estos pueden tener diversas formas de falla, velocidad de movimiento y diversas condiciones de los materiales de la ladera.

Charles et al. (2021) en su trabajo de investigación titulado: "Investigación geotécnica y geológica de la estabilidad de taludes de una sección de taludes de escombros cortados a lo largo de la Carretera Nacional Autopista-7, Uttarakhand ", desarrollado en la, India. El objetivo de evaluar las condiciones de estabilidad de los taludes referidos a los deslizamientos de caminos a lo largo de la carretera, la metodología para el estudio consiste en un estudio geológico y geotécnico detallado investigación. Las primeras ocho pendientes de escombros a lo largo de la NH-7, desde Rishikesh hasta Kaudiyala, fueron enmarcadas y datos relativos al análisis de estabilidad de taludes fueron grabados. Además, se realizaron experimentos de laboratorio para evaluar los parámetros de resistencia de los materiales del talud y la mineralogía de la fracción de arcilla en los escombros. Los datos obtenidos de las investigaciones de campo y estudios de laboratorio se utilizaron para evaluar las condiciones de estabilidad de taludes basado en análisis deterministas y probabilísticos. Este estudio

aplicó dos métodos rigurosos de equilibrio límite (LEM) de Spencer (1967) y Morgenstern y Price (1965) que satisfacen todas las condiciones de equilibrio en Software Rocíense Slide. Los resultados muestran que los materiales del talud se componen principalmente de arenas bien graduadas, arenas con grava, con poca o ninguna plasticidad y exhibición sin actividad de arcilla junto con cohesión moderada (19,4 - 31,5 kPa) y ángulo de fricción interna (26,23° a 38,44°), la geometría de la pendiente (ángulo y altura total de la pendiente) tiene el mayor efecto sobre las condiciones de estabilidad de los taludes estudiados más que la actividad de los minerales arcillosos expansivos.

Tabla 1

El Factor de Seguridad (determinista) de MELs y SRF por FEM.

	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
Factor de Seguridad de MEL								
Spencer	1.33	1.18	1.07	1.25	1.25	1.31	1.25	1.38
GLE/Morgenstern Price	1.334	1.186	0.931	1.257	1.248	1.326	1.248	1.361
Critico SRF por MEF								
MEF-SRF	1.21	1.137	0.83	0.96	1.17	1.25	1.13	1.22

Nota. Tabla donde muestra los valores del FS con los métodos de Spencer y Morgenstern Price. Fuente: Charles (2021).

Acosta (2020) en su trabajo de investigación titulado: "Estudio y análisis de la vulnerabilidad ante riesgos naturales, de las viviendas ubicadas en las principales laderas y quebradas de la zona urbana de la ciudad de Ambato-Ecuador y su incidencia en la calidad de vida de sus habitantes" estudio realizado en Ecuador. La investigación tiene como objetivo de analizar la vulnerabilidad de las edificaciones y viviendas características, construidas en las principales laderas y quebradas de la zona urbana de la ciudad, frente a posibles riesgos naturales, para lo cual aplica una metodología cuantitativa, al tener como eje principal. La recopilación y manejo de datos relacionados con diferentes variables que se encuentran inmersas en la problemática, se regirá a un orden lógico el manejo de datos y la muestra que

marque el comportamiento principal de las personas que habitan en las laderas de la ciudad, con lo datos obtenidos de campo, se procede a realizar un trabajo en gabinete con ayuda y uso de los Sistemas de Información Geográfica. Los resultados en base a las fotografías presentadas de las diferentes zonas, muestran que el mapa de vulnerabilidad obtenido, denotan varios factores (físicos y socioeconómicos) tienen diferentes grados de influencia, de acuerdo a la clasificación de zonas con mayor o menor vulnerabilidad, la superficie que abarca cada estado. Los resultados muestran que la mayor superficie referente a las áreas de vulnerabilidad de las viviendas, se encuentran entre “Muy Baja” y “Baja”, sin embargo, existen aproximadamente 50 hectáreas dentro de la urbe de Ambato, que se han catalogado dentro de una vulnerabilidad “Alta” y “Muy Alta”, en el mapa realizado de los desastres naturales, se aprecia que la mayor parte de eventos ocurridos entre los años 2013 y 2018, son causados por deslizamientos, o tienen una relación estrecha con ellos

Tabla 2

Superficie de áreas de vulnerabilidad

Vulnerabilidad	Superficie (ha)
Muy Baja	301.81
Baja	1479.39
Media	530.35
Alta	49.82
Muy Alta	0.41

Nota. Fuente: Acosta (2020)

Fernández y Andrés (2018) en su estudio de investigación titulado: "Movimientos en masa naturales o inducidos: nuevas aportaciones al estudio de inestabilidad de laderas en la provincia de León". En el estudio el objetivo fue la de analizar la evolución de los movimientos en masa. La metodología de la investigación realizada consistió en mapeo geológico basado en la fotointerpretación de ortografía aérea, las imágenes fueron tomadas

del archivo de Castilla y León, correspondientes a la Serie-B del vuelo americano (56-57), al interministerial (1973-86) y al Plan PNOA para 2006 y 2014, estas imágenes fueron comparadas con un vuelo realizado con dron en el 2017 por los autores. Como resultados se tiene a los movimientos más frecuentes en la provincia de León, los cuales se producen por la recurrencia de factores desencadenantes como el clima (intensidad de precipitaciones) y la acción humana (incendios forestales, obras, etc.)

Hernández y Ramírez (2016) en su trabajo de investigación titulado: “Evaluación del riesgo asociado a vulnerabilidad física por taludes y laderas inestables en la microcuenca cay en Ibagué, Tolima, Colombia”. Estudio realizado en Colombia, la metodología utilizada fue identificar los sitios (taludes y laderas inestables) activos en la microcuenca Cay, cada uno fue caracterizado mediante la aplicación del formulario de inspección geotécnica presentado, que permite identificar el fenómeno, relacionarlo en una base de datos, verificar la infraestructura física afectada y la que se encontraba amenazada, describir el fenómeno en cuanto a morfología y geometría, clasificar el material del sitio, verificar la presencia de agua, establecer el posible mecanismo de falla, identificar posibles causas del fenómeno (factores internos, detonantes naturales, detonantes antrópicos), estado de avance y desarrollo, y grado de actividad. A partir de la caracterización de los sitios inestables realizada en campo se llega a los resultados en la identificaron de los factores detonantes, de los movimientos de remoción en masa como (geología, pendientes, precipitación, sismos, uso del suelo, acción antrópica). De la misma forma, durante el trabajo de campo se identificaron los elementos expuestos de la infraestructura física a la amenaza de los taludes y laderas inestables, como estructuras residenciales e institucionales, vías vehiculares, puentes, bocatoma de acueducto, redes eléctricas, redes de agua potable y cultivos.

Flores et al. (2020) en su trabajo de investigación titulado: “Estudio de la estabilidad de laderas en la Colonia José María Izazaga” realizado en la localidad de Chilpancingo,

Guerrero-México, con el objeto de tomar medidas preventivas y reducir el riesgo que pueda existir en las mismas, alisándose dos laderas para hacer una estimación sobre el potencial de deslizamiento que tienen, aplico dos métodos de estudio, uno el propuesto por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) que consiste en el llenado de formatos en el cual se evalúan factores topográficos e históricos, factores geotécnicos y factores morfológicos y ambientales, una vez llenados los formatos se obtiene una sumatoria de puntos de todos los factores y con base a los parámetros se puede hacer una estimación del grado de amenaza de deslizamiento de la ladera, donde se obtuvo una estimación BAJA para las dos laderas. El segundo método consiste en modelar la ladera usando el programa MAcStars para obtener un factor de seguridad F.S, si dicho factor es igual o mayor que 1.5 la ladera se considera estable y si el F.S. es menor de 1.5 la ladera se considerará inestable, para obtener dichos factores de seguridad intervienen la topografía del ese lugar, así como las propiedades del suelo y las cargas de las edificaciones. Los resultados por este método son los siguientes: ladera 1, FS = 4.729 condición estable, ladera 2, FS= 1.168 condición estable.

Galindo y Alcántara (2015) en su estudio titulado: "Inestabilidad de laderas e infraestructura vial: análisis de susceptibilidad en la Sierra Nororiental de Puebla, México", investigación realizada en México. La metodología que utilizaron fue el análisis de susceptibilidad aquí presentado requirió la elaboración de un inventario, el cual fue realizado con base en dos procedimientos. El primero de ellos fue a través de observación directa en campo y la recolección de los respectivos datos con el uso de un sistema de posicionamiento global (GPS). El segundo fue a través de percepción remota (PR), mediante el uso de imágenes de satélite SPOT del año 2011, que junto con Google Earth y el sistema de información geográfica (SIG) ArcGis 9.3 fueron fundamentales para la generación de los datos. Cuyos resultados en el trabajo de campo se obtuvo un total de 94 puntos que corresponden 54 a PRM que se identificaron y 40 a zonas potenciales. Las zonas potenciales

se determinaron de acuerdo con los síntomas que presenta una ladera inestable tales como isuras, inclinación de árboles y desprendimiento de pequeños fragmentos de suelo y roca. A través de PR se identificaron 30 PRM y se corroboraron 42 puntos que indican los PRM que ocurrieron en octubre de 1999 y corresponden a una base de datos generada por personal de Protección Civil del Estado de Puebla. El inventario de PRM generado se integró por 166 procesos de remoción en masa y 40 zonas potencialmente inestables, para toda la zona de estudio se observan diferencias y similitudes. Entre las semejanzas destaca que todas las cabeceras municipales con excepción de Tlatlauquitepec y Teziutlán, se encuentran en una zona con bajo grado de susceptibilidad; los barrancos originados por los escurrimientos que cruzan de sur a norte el municipio de Tlatlauquitepec presentan un alto grado de susceptibilidad, una de las diferencias más significativas es la cabecera municipal de Teziutlán; el mapa de pesos de evidencia indica que el sector centro tiene grado de susceptibilidad medio y la periferia de la ciudad se encuentra en rango alto.

Sanhueza y Rodríguez (2013) en su trabajo de investigación titulado: "Análisis comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales", publicada en su revista de la construcción vol.12 No.1, en Santiago de Chile. El objetivo fue comparar diferentes métodos de cálculo de estabilidad de taludes, bajo condiciones estáticas y pseudoestáticas. Las metodologías de cálculo utilizadas para analizar la estabilidad de un talud, basadas en el método de las dovelas, sigue siendo el de mayor uso, incrementándose aún más con la incorporación de herramientas computacionales, en esta investigación se ha empleado el software GeoSlope, el cual se basa en los 3 parámetros del suelo (densidad, cohesión y ángulo de fricción). Los resultados obtenidos en el caso estático, se ha podido concluir que el método menos conservador resulta ser el propuesto por Janbú, (figura 4) en el cual se cumple el equilibrio de fuerzas, a diferencia de Bishop y Fellenius, quienes se basan en el equilibrio de momentos.

Tabla 3

FS de Fellenius, Bishop y Janbú. (GEO - SLOPE, 2007).

Modelo	FS _E	FS _D	FS _D
		Valparaíso 1985	Maule 2010
Fellenius	2.695	1.657	1.700
Bishop	2.949	1.684	1.718
Jambu	2.622	1.528	1.572

Nota. Fuente: Sanhueza y Rodríguez (2013)

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Alfaro et al. (2022) en su trabajo de investigación titulado: "Mapeo de inestabilidad de laderas en cuencas de fuerte pendiente mediante el enfoque de talud infinito" desarrollado en la zona nororiental del departamento de Puno. El objetivo de la investigación es determinar el mapa de peligro por deslizamiento mediante métodos determinísticos. La metodología consistió en realizar un inventario de deslizamientos ocurridos, adopción de un modelo de estabilidad de talud, propiedades del terreno, suelo y lluvia, mapeo de susceptibilidad a deslizamientos, mediante un recorrido de campo y con ayuda de imágenes satelitales se lograron identificar los diversos tipos deslizamientos en la zona como: deslizamientos de tierra, flujos de escombros en quebradas como Jilari, caída de rocas, reptación, entre otros, en el modelo de estabilidad de taludes basada en SIG para deslizamientos usa la fórmula del factor de seguridad (FS) para el bien conocido modelo de estabilidad "talud infinito" (relación de fuerzas estabilizantes a desestabilizantes), sobre un plano de falla paralelo a la superficie de terreno con efectos de bordes descartados. Como resultados se ha obtenido para las condiciones de suelo saturado, semisaturado y seco el factor de seguridad está entre las clases inestable a muy inestable, en un 42%, 38% y 18% del área de la cuenca respectivamente; lo que es un indicativo de zona propensa a deslizamientos

están fuertemente correlacionados por varios factores, principalmente por la topografía, tipos de suelo y los eventos de precipitación.

2.1.2. Antecedentes Locales

Lagos (2015) en su tesis de doctorado con el título: "Modelamiento de la relación entre los procesos tectónicos y la inestabilidad en los terrenos", realizado en las zonas de Urubamba y Tres Ríos. Cajamarca- Perú, que tiene como objetivo obtener un modelo que explique la relación entre los procesos tectónicos y la inestabilidad de los terrenos en la zona de Urubamba y Tres Ríos., esta investigación es innovadora debida a que proporciona un gran aporte al medio ambiente y a la sociedad. Con los resultados obtenidos se determinó el origen real del problema de los movimientos en masas (MM) y que son muy frecuentes en la zona de estudio. Se pueden utilizar varios tipos de monitoreos principalmente para el uso de los suelos y evitar la sobre explotación agrícola debido, a que esta actividad incrementa la infiltración de las aguas de las lluvias.

La investigación es de tipo descriptiva, diseño: analítico, no experimental de Sección: transversal, correlacional y causal, el diseño no experimental, porque esta investigación consistió en analizar los efectos generados por los procesos geológicos de la geodinámica interna y externa. No existiendo manipulación de las variables.

Se consideró como de sección transversal, porque este estudio se dio en un tiempo determinado. Siendo el fin relacionar las variables en un momento dado debido a la evolución acelerada de la geodinámica externa que presenta la zona de estudio.

2.2. Bases teóricas.

Talud

Un talud o ladera "es una masa de tierra que no es plana, sino que presenta una pendiente o cambios significativos de altura. En la literatura técnica se define como "ladera"

cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y “talud” cuando se conformó artificialmente (Figura 1). Los taludes se pueden agrupar en tres categorías generales: los terraplenes, los cortes de laderas naturales y los muros de contención. Se pueden presentar combinaciones de los diversos tipos de taludes y laderas”.

Se entiende por talud "a cualquier superficie inclinada respecto de la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las estructuras de tierra (...), este constituye una estructura compleja de analizar debido a que en su estudio coinciden los problemas de mecánica de suelos y de mecánica de rocas, sin olvidar el papel básico que la geología aplicada desempeña en la formulación de cualquier criterio aceptable”.

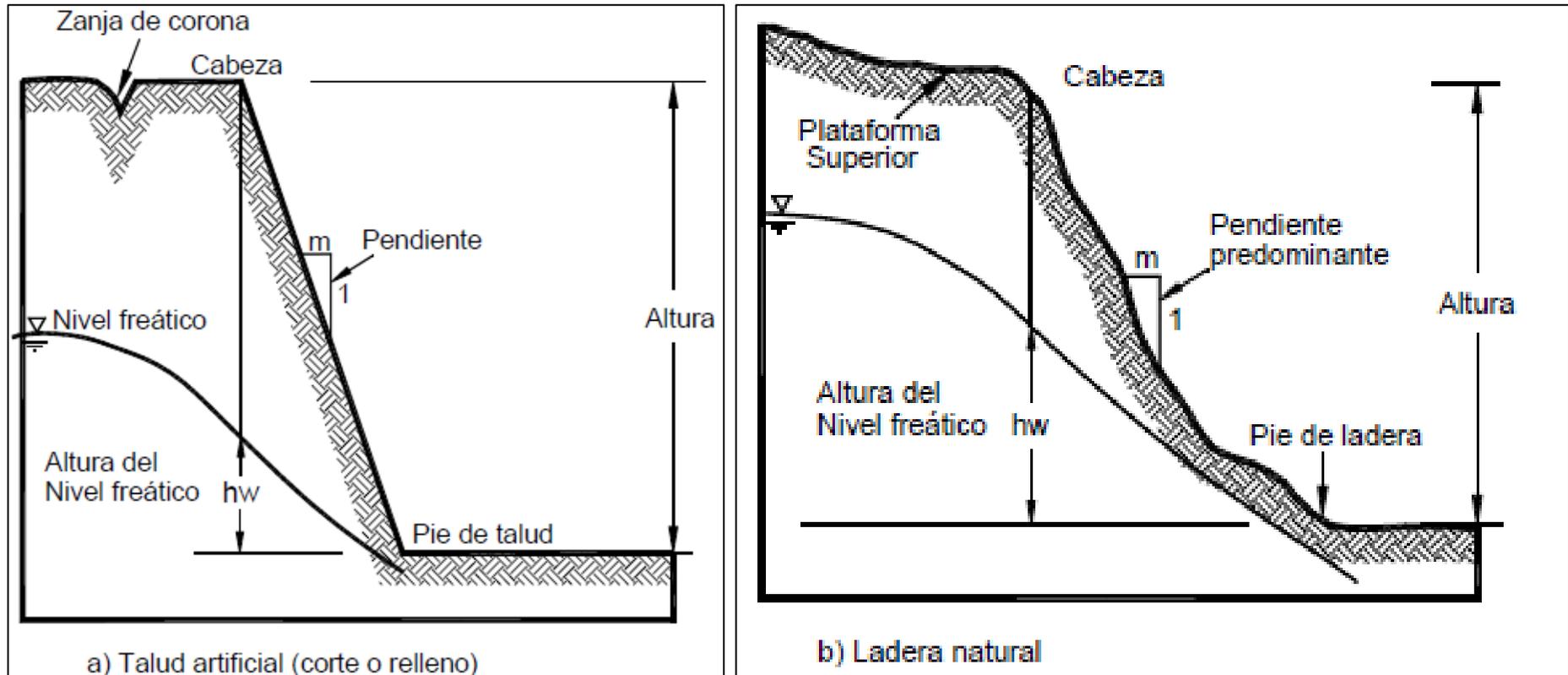
Estabilidad de talud

Se entiende por estabilidad "a la seguridad de una masa de tierra contra la falla o movimiento. Como primera medida es necesario definir criterios de estabilidad de taludes, la inclinación apropiada en un corte o terraplén. Lo normal es que cualquier talud funcione satisfactoriamente desde todos los puntos de vista excepto lo económico, de manera que las consideraciones de costo presiden la selección del idóneo, que resultará aquél al que corresponda la mínima masa de tierra movida.

La estabilidad de un talud está determinada por factores geométricos (altura e inclinación), factores geológicos (que condicionan la presencia de planos y zonas de debilidad y anisotropía en el talud), factores hidrogeológicos (presencia de agua) y factores geotécnicos o relacionados con el comportamiento mecánico del terreno (resistencia y deformabilidad).

Figura 1

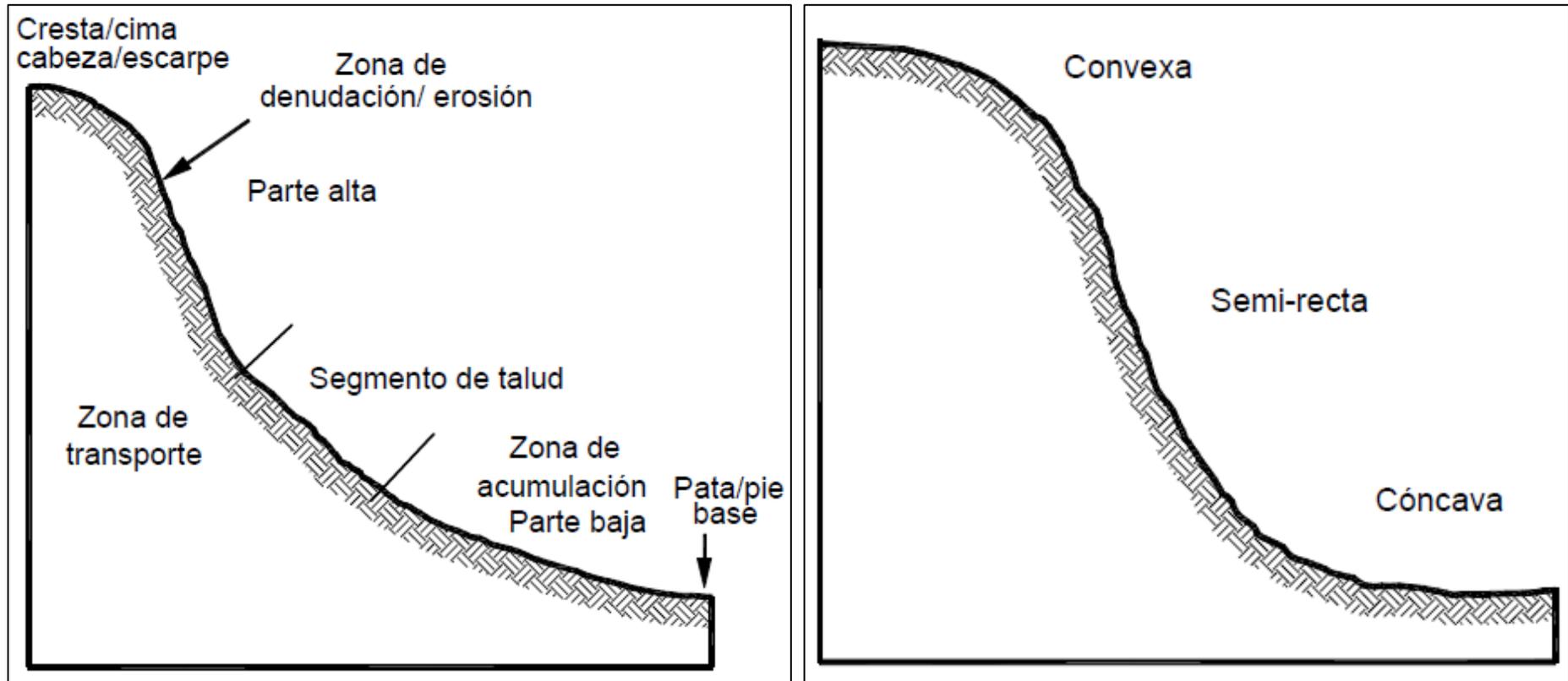
Laderas y taludes naturales y artificiales.



Nota. Fuente: figura tomada de Suarez (2009)

Figura 2

Partes generales de un talud o ladera



Nota. Fuente: figura tomada de Suarez (2009)

Tabla 4*Clases de factor de seguridad de talud FS*

Valor FS	Estado Previsto	Posible Influencia de Factores no Modelados
FS > 1.50	Estable	Únicamente factores desestabilizantes principales conducen a inestabilidad
1.25 < FS < 1.50	Moderadamente Estable	Factores desestabilizantes moderados conducen a la inestabilidad
1.00 < FS < 1.25	Ligeramente Estable	Factores desestabilizantes menores pueden llevar a la inestabilidad
0.5 < FS < 1.00	Inestable	Factores desestabilizantes no son requeridos para inestabilidad
FS < 0.50	Muy Inestable	Factores estabilizantes pueden ser responsables para estabilidad

Nota. Tabla donde muestra los valores del FS, Fuente: Alfaro (2022), adaptado de Adaptado de Ray & de Smedt (2009)

Norma CE.020 (2012) en la evaluación de la condición de estabilidad de un talud, el factor de seguridad mínimo del talud deberá ser 1.5 para solicitaciones estáticas y 1.25 para solicitaciones sísmicas. Si estos factores de seguridad no son cumplidos, el Profesional Responsable deberá seleccionar un método de estabilización o la combinación de varios métodos de estabilización y probarlos hasta que la solución propuesta alcance la aprobación de ambos factores de seguridad. La solución de forma complementaria, pero necesaria, deberá prever protección adecuada de la superficie del talud contra la erosión. Las propiedades físicas y mecánicas de los materiales geotécnicos se determinarán mediante ensayos de campo y laboratorio, de acuerdo al tipo de material e importancia de la obra, cuya decisión es responsabilidad del Profesional Responsable. Será necesario tener en cuenta los modos operativos correspondientes a cada ensayo y a cada necesidad. Para el análisis de estabilidad de los taludes en roca y suelos será necesario realizar los estudios geotécnicos, que permitan caracterizar los materiales y evaluar los parámetros de diseño que el Profesional Responsable considere necesario, a fin de obtener la estabilidad del talud. Las cargas sísmicas

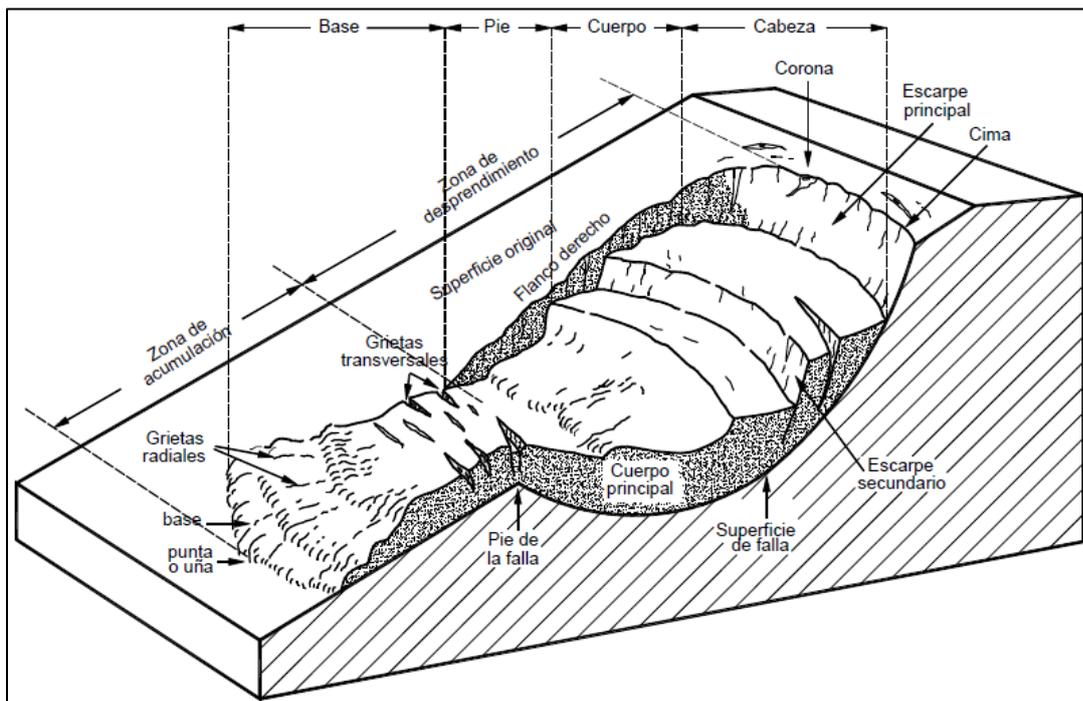
pueden generar problemas de movimientos del talud. Un sismo establece mayor probabilidad de riesgo de ocurrencias de geodinámicas externas. El profesional responsable en su estudio deberá detallar aquellas zonas identificadas como críticas.

Deslizamiento

Un deslizamiento es un tipo de corrimiento o movimiento de masa de tierra, provocado por la inestabilidad de un talud. Se produce cuando una gran masa de terreno se convierte en zona inestable y desliza con respecto a una zona estable, a través de una superficie o franja de terreno pequeño espesor. Los deslizamientos se producen cuando en la franja se alcanza la tensión tangencial máxima en todos sus puntos. Estos tipos de inestabilidades son evitables por medios técnicos. Sin embargo, el resto de tipos de corrimientos (flujo de lodo, licuefacción y reptación) resultan más difíciles de evitar (Obando, 2017).

Figura 3

Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento



Nota. Fuente: figura tomada de Suarez (2009)

Tabla 5*Factores condicionantes en la estabilidad de los taludes y laderas.*

Agentes	Descripción	Características
Condicionantes <i>(Dependen de las Características de la ladera).</i>	Morfología y Topografía	El relieve influye en la estabilidad, a mayor pendiente y altura aumenta el efecto gravitacional
	Geología y características de los suelos superficiales	El tipo de roca, grado de alteración y meteorización, presencia de discontinuidades (grietas, fracturas, fallas), planos estratigráficos, porosidad, permeabilidad, propiedades físicas y mecánicas (resistencia y deformación), y estado de esfuerzos
	Condiciones Hidrogeológicas	El agua en el interior del terreno disminuye la resistencia cortante al aumentar la presión intersticial, además incrementa el peso volumétrico del terreno con el consiguiente aumento en los esfuerzos actuantes
	Vegetación.	Las raíces fijan los suelos superficiales a los estratos de roca más resistentes ubicados a mayor profundidad, absorben el agua contenida en el suelo y atenúan la erosión superficial al mitigar el impacto de las gotas de lluvia y reducir la velocidad de escurrimiento

Nota. Fuente: figura tomada de Ayala (2006)**Tabla 6***Factores desencadenantes responsables de la inestabilidad de los taludes*

Agentes	Descripción	Características
Desencadenantes <i>(Factores externos responsables de la Inestabilidad).</i>	Lluvias	Su efecto depende de la intensidad, duración de la lluvia ocasionando rotura de capilaridad y como factores condicionantes en la meteorización de la roca.
	Terremotos	Dependiendo de la magnitud del sismo y la distancia al epicentro, las vibraciones sísmicas originan fluctuaciones en el interior del terreno ocasionando todo tipo de movimientos (caídos, deslizamientos, flujos, avalanchas, etc.).
	Vulcanismo	Las erupciones volcánicas pueden originar deslizamientos o avalanchas de derrubios de gran magnitud y velocidad en las laderas de los conos volcánicos, además el deshielo de las partes altas puede originar flujos rápidos
	Congelación y deshielo	Fenómeno que produce contracciones y expansiones en fisuras y grietas cuando hay infiltración de agua.
	Erosión y Socavación	La acción erosiva de ríos y oleaje, produce los siguientes efectos: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Socavación del material en el pie de la ladera que modifica el estado tensional y aumenta las fuerzas cortantes actuantes. ✓ El deslizamiento puede embalsar un río y después romper súbitamente.

Nota. Fuente: figura tomada de Ayala (2006)

Tabla 7

FS resultantes por los modelos de Fellenius, Bishop Simplificado y Janbú.

Modelo	FS_E
Fellenius	2.695
Bishop	2.942
Janbu	2.622

Nota. Fuente: tabla extraída de GEO - SLOPE (2007)

Software Slide

Actualmente, existe una infinidad de herramientas computacionales para el análisis de estabilidad de taludes. En esta oportunidad se eligió el software Slide versión 6.0 distribuido por la empresa Rocscience. El programa calcula los Factores de Seguridad para distintas geometrías, dibujadas por el propio usuario o importadas desde algún programa de dibujo. Se pueden analizar tanto suelos como rocas, por ello, el software incluye los criterios de rotura: Mohr-Coulomb; Hoek y Brown (1 980); Hoek y Brown generalizado (1 995); Barton y Brandis. Por otro lado, incorpora las funciones de anisotropía y otras variaciones como condiciones de sobrecarga, estructuras de contención, suelo grampeado y geotextiles. Por otro lado, se puede seleccionar entre diversos métodos de análisis, tales como: Fellenius, Bishop simplificado, Janbu generalizado y corregido, Spencer, Morgentern-Price, entre otros. Además, se pueden realizar análisis estadísticos de sensibilidad y probabilísticos. Slide tiene 2 subprogramas: Slide compute y el Slide interpre. El primero se utiliza para calcular el Factor de Seguridad una vez que se ingresaron todos los datos de entrada. Mientras que el segundo permite identificar la superficie de falla crítica y el centro de giro (manual Slide) (Mendoza, 2016).

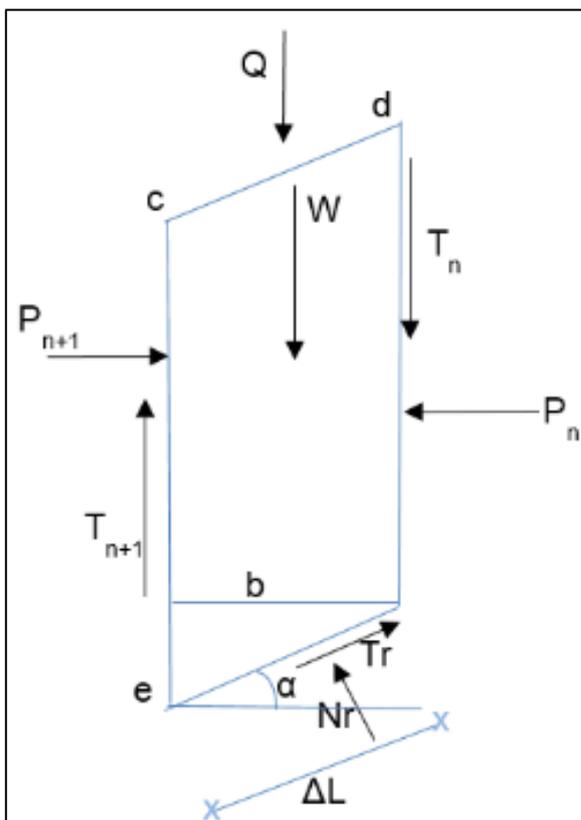
Método de Bishop Simplificado. Este método fue desarrollado en el año 1960, donde se plantea dibujar tajadas que dividan la masa de suelo prevista a deslizarse. Sirve para establecer el cálculo de taludes a largo y corto plazo. Este método se emplea solo para

superficies de falla de tipo circular, plateando el equilibrio de momentos, según el cual el momento que actúa generado sobre el peso propio de cada una de las tajadas alrededor del centro de rotación es igual al momento producido por la resistencia al corte del suelo de la tajada. (Santander, 2017)

Las fuerzas que actúan en la masa de suelo pueden dividirse en fuerzas producidas por empujes activos y pasivos de acuerdo con la ubicación respectiva de la tajada. En la siguiente Ilustración se puede observar el proceso descrito anteriormente

Figura 4

Representación de taludes por el método simplificado de Bishop.



Nota. Fuente: figura tomada de Sanhueza y Rodríguez (2013)

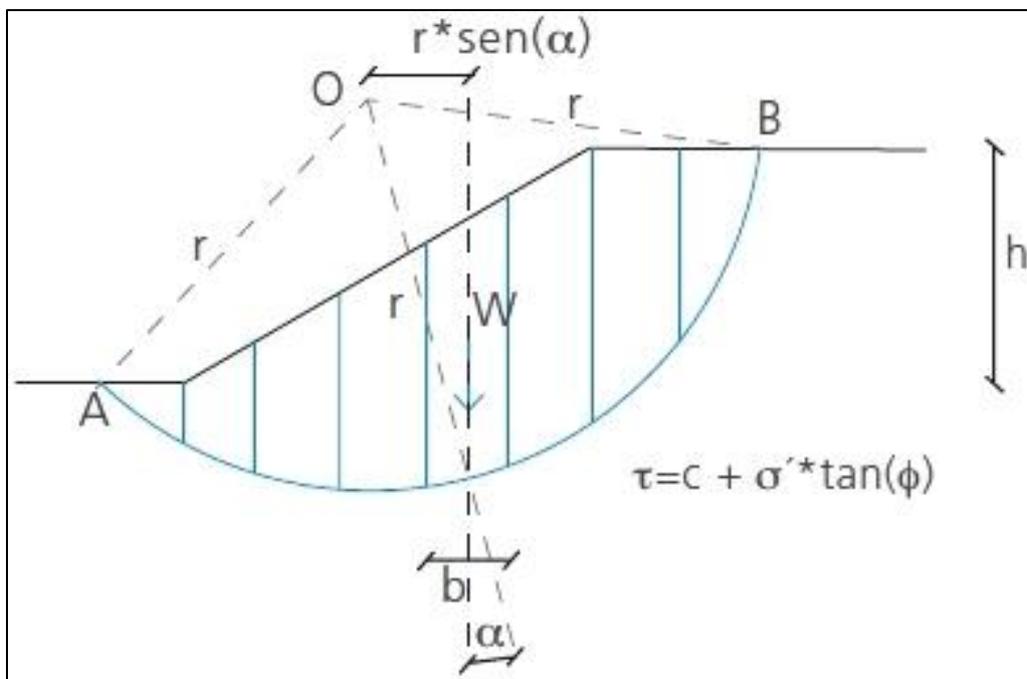
$$m(a)(n) = \cos\alpha + \frac{\tan\Phi \sin\alpha}{FS}, \quad FS = \frac{\sum(c * B + (W * \tan) * 1/m(a)(n))}{\sum W * \sin\alpha}$$

Nota. Fórmula para determinar el FS mediante el método de Bishop Simplificado. Fuente: Sanhueza y Rodríguez (2013).

Método Ordinario o de Fellenius. Conocido también como método sueco, método de las Dovelas o método USBR. Este método asume superficies de falla circulares, divide el área de falla en tajadas verticales, obtiene las fuerzas actuantes y resultantes para cada tajada y con la sumatoria de estas fuerzas obtiene el Factor de Seguridad (Sanhueza y Rodríguez, 2013).

Figura 5

Análisis de estabilidad de taludes por el método de Fellenius.



Nota. Fuente: figura tomada de Sanhueza y Rodríguez (2013)

$$FS = \frac{\sum(c * B + (W * \cos\alpha - u * B) * \tan\Phi)}{\sum W * \sin\alpha}$$

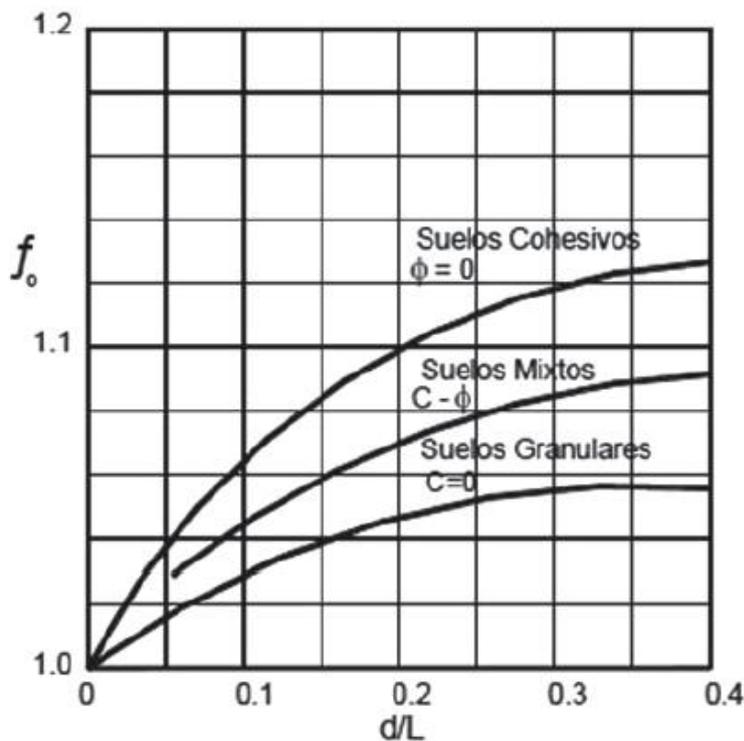
Nota. Fórmula para determinar el FS mediante el método de Fellenius. Fuente: Sanhueza y Rodríguez (2013).

Donde α es el ángulo entre la vertical y el radio del círculo bajo el centro de cada rebanada, W el peso total de la rebanada, u la presión de poros, B longitud de arco del círculo de la base de cada rebanada, c y ϕ parámetros de resistencia del suelo.

Método de Janbu. La principal consideración de este método es que las fuerzas entre dovelas son solo horizontales, no tomando en cuenta las fuerzas cortantes. A diferencia de los métodos anteriores, en este caso la SPF no debe ser obligatoriamente circular. Esto se refleja en la aplicación de un factor de corrección f_0 , el que depende netamente del nivel de curvatura que presente la superficie de rotura (Sanhueza y Rodríguez 2013).

Figura 6

Factor de Seguridad (f_0), utilizado en el método de Janbú



Nota. Fuente: figura tomada de Suarez (2011)

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

Nota. Fórmula para determinar el FS mediante el método de Janbu. Fuente: Suarez (2011)

2.3. Definición de términos

Agentes endógenos: Conjunto de fuerzas internas que contribuyen a modificar el paisaje terrestre tales como: el magmatismo, vulcanismo, intrusión, diastrofismo, etc. Los

agentes endógenos son considerados como agentes constructivos, es decir aumentan las elevaciones de la superficie terrestre (Dávila 2011).

Agentes exógenos: También se les denomina agentes de modelado. Conjunto de factores y fuerzas externas, generalmente atmosféricas que contribuyen a modificar el paisaje terrestre; los agentes exógenos mayormente son destructivos, es decir disminuyen las elevaciones de la superficie terrestre (montañas, cerros, cordilleras, lomas, etc.), (Dávila 2011).

Análisis de estabilidad de taludes: Proceso en el que se evalúan cuantitativamente la interacción entre las fuerzas estabilizantes o resistentes y las fuerzas desestabilizantes o movilizan tés que actúan sobre un talud" (NTP CE.020).

Coefficiente Sísmico

Es considerado como un coeficiente de fuerza lateral usado en el análisis pseudoestático de equilibrio límite, el cual representa la carga sísmica en taludes y estructuras de retención de tierra usando el análisis de equilibrio límite (Dr. Edward Kavazanjian)

Deslizamientos: Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla o de zonas relativamente delgadas con gran deformación cortante (NTP CE.020).

Estabilización de taludes: Solución geotécnica integral que se implementa en un talud, sea de terraplén, de excavación, de corte, natural u otros, capaz de incorporarle equilibrio suficiente y sostenible, que atienda los criterios gravitatorios y sísmicos, medidos por factores de seguridad, sin afectar negativamente a su entorno" (NTP CE.020).

Factor de seguridad. El factor de seguridad es empleado por los ingenieros para conocer cuál es el factor de amenaza de que el talud falle en las peores condiciones de comportamiento para el cual se diseña. Fellenius (1927) presentó el factor de seguridad como

la relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de una superficie supuesta de posible falla:

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

Otro criterio es el de dividir la masa a estudiar en una serie de tajadas, dovelas o bloques y considerar el equilibrio de cada tajada por separado. Una vez realizado el análisis de cada tajada se analizan las condiciones de equilibrio de la sumatoria de fuerzas o de momentos.

$$F. S. = \frac{\sum \text{Resistencias al corte}}{\sum \text{Esfuerzos al cortante}}$$

Fallas de ladera. Son mecanismos desequilibrados que pueden derivar en desprendimiento de suelo y roca por acción de las fuerzas originadas por la atracción de las fuerzas de la gravedad de la tierra (CNPD-México).

Fallas rotacionales. Superficie de ruptura de una formación geológica que describe una superficie circular, a lo largo de la cual ha habido movimiento diferencial (CNPD-México).

Formaciones geológicas: Rasgos geológicos característicos de una región de la tierra, determinados por los materiales existentes y los procesos físicos que les dieron origen en el devenir histórico de la tierra (CNPD-México).

Geodinámica externa: Conjunto de fenómenos geológicos de carácter dinámico, que pueden actuar sobre el terreno materia del Estudio como: erupciones volcánicas, inundaciones, huaycos, avalanchas, tsunamis, activación de fallas geológicas (NTP CE.020).

Hidrología: La ciencia de la hidrología tanto con la ocurrencia y movimiento del agua en y sobre la superficie de la tierra. Se relaciona con las varias formas de humedad que

se presentan, la transformación entre los estados líquido, sólido y gaseoso de las mismas en la atmósfera y en las capas superficiales de las masas de terreno natural (CNPD-México).

Inestabilidad de laderas naturales: Conocidas también como deslizamiento del terreno, o de tierra, implica movimiento de rocas y/o suelo por la acción de la gravedad. Los deslizamientos de tierra sucedidos en el pasado son responsables de las características topográficas del paisaje natural actual (CNPD-México).

Intemperismo: Reacción de material, que alguna vez estuvo en equilibrio dentro de la corteza terrestre, a nuevas condiciones en o cerca del contacto con agua, aire o materia viviente (CNPD-México).

Ladera: Perfil natural que sigue un suelo en contacto con la superficie libre o atmósfera, y ese perfil no es horizontal (NTP CE.020).

Ladera: Cuando el talud se produce de manera espontánea, según las leyes de la naturaleza (sin intervención humana), se denomina ladera natural, o simplemente ladera (CNPD-México).

Litología: Representa las características estratigráficas de una formación geológica o de una zona de terreno, es decir, los tipos de roca, como se presentan, tamaño de grano, color y constituyentes minerales (CNPD-México).

Licuefacción o Licuación: Fenómeno causado por la vibración de los sistemas en los suelos granulares saturados y que produce el incremento de la presión del agua dentro del suelo con la consecuente reducción de la tensión efectiva. Dependiendo del estado del suelo granular saturado al ocurrir la licuación se produce el hundimiento y colapso de las estructuras cimentadas sobre dicho suelo (MTC, 2012).

Mapeo: Representación gráfica que intenta dar una idea general de la geología de la zona; debe incluir todos los rasgos geológicos y estructurales presentes. Generalmente, hay

dos fases en la preparación de mapas para estructuras específicas. En la primera se hace una investigación de reconocimiento. En esta etapa el geólogo utiliza la brújula, tipo Brunton, o semejante para medir ángulos horizontales, pendientes de laderas, rumbos y buzamientos. En la segunda fase, para más detalle, utiliza generalmente una mesa plana y una alidada (plancheta). Con estas puede establecer la situación de los contactos entre formaciones y los rasgos geológicos estructurales de la zona, con un grado de exactitud razonable (CNPD-México).

Mecánica de suelos: Es la ciencia que estudia la estabilidad de las formaciones geológicas conformadas por sedimentos no consolidados (material térreo), el flujo de agua desde, hacia y a través de una masa de suelo, y permite evaluar si los riesgos asociados son tolerables en términos económicos y de seguridad para la población. Geológicamente, la mecánica de suelos está relacionada con los materiales térreos, no consolidados, producto de la desintegración de formaciones de roca, este material normalmente sobre yace a las formaciones geológicas de roca originales (CNPD-México).

Movimiento en masa: Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras. También conocido como fenómeno de remoción en masa, movimientos de ladera, o movimientos de vertiente (NTP CE.020).

Nivel Freático: Nivel superior del agua subterránea en el momento de la exploración. El nivel se puede dar respecto a la superficie del terreno o a una cota de referencia (MTC, 2012).

Pendiente del Talud: Identifica el ángulo o nivel de conformación del talud natural o artificial con respecto a la horizontal; se puede medir en grados, ángulo, porcentaje o relación horizontal/vertical (MTC, 2012)

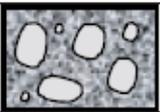
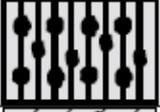
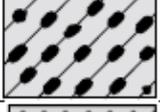
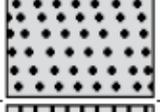
Permeabilidad: Facilidad con que el agua puede fluir a través de los poros y discontinuidades de un suelo o macizo rocoso (NTP CE.020).

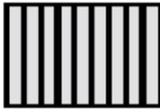
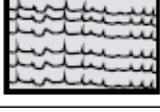
Procesos geológicos. Son los diversos procesos que continuamente actúan sobre la superficie de la tierra, son el aplanamiento de relieve, el diastrofismo y el vulcanismo. La gradación es la demolición de los elementos morfológicos existentes (inclusive montañas). La erosión, por ejemplo, es un caso particular del arrasamiento llevado a cabo por la acción del agua, el aire o el del hielo (CNPD-México).

Símbolos gráficos para los suelos: Tanto en los perfiles como en los registros estratigráficos se deberán usar los símbolos que se muestran a continuación. (NTP E.050).

Figura 7

Símbolos usados en la clasificación de mecánica de suelos

DIVISIONES MAYORES		SÍMBOLO		DESCRIPCIÓN
		SUCS	GRÁFICO	
SUELOS GRANULARES	GRAVA Y SUELOS GRAVOSOS	GW		GRAVA BIEN GRADUADA
		GP		GRAVA MAL GRADUADA
		GM		GRAVA LIMOSA
		GC		GRAVA ARCILLOSA
	ARENA Y SUELOS ARENOSOS	SW		ARENA BIEN GRADUADA
		SP		ARENA MAL GRADUADA
		SM		ARENA LIMOSA
		SC		ARENA ARCILLOSA

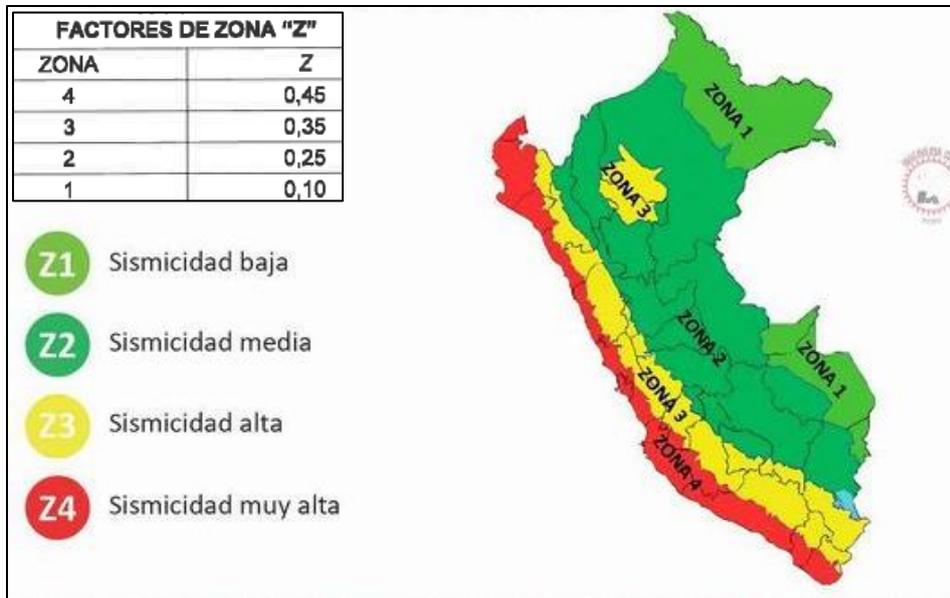
SUELOS FINOS	LIMOS Y ARCILLAS (LL < 50)	ML		LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD
		CL		ARCILLA INORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD
		OL		LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD
	LIMOS Y ARCILLAS (LL > 50)	MH		LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
		CH		ARCILLA INORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD
		OH		LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	Pt		TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS.	

Nota. Fuente: Norma Técnica Peruana-NTP E.050 (2018)

Sismicidad: De acuerdo al mapa de zonificación sísmica propuesto en la Norma de Diseño Sismo resistente E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, 2006), el área de estudio se encuentra comprendida en la Zona 2, correspondiéndole una sismicidad baja a moderada.

Figura 8

Zonas sísmicas según NT. E.030 diseño sismorresistente (2018)



REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO	
CAJAMARCA	SAN MARCOS	GREGORIO PITA	2	CUATRO DISTRITOS	
		ICHOCÁN			
		JOSÉ MANUEL QUIROZ			
		JOSÉ SABOGAL			
	CHOTA	CHOTA	CHANCAY	3	TRES DISTRITOS
			EDUARDO VILLANUEVA		
			PEDRO GÁLVEZ		
			ANGLIA	2	DOCE DISTRITOS
			CHADIN		
			CHALAMARCA		
			CHIGUIRIP		
			CHIMBAN		
			CHOROPAMPA		
			CHOTA		
			CONCHAN		
			LAJAS		
	PACCHA				
	PIÓN				
	TACABAMBA				
	COCHABAMBA	3	SIETE DISTRITOS		
HUAMBOS					
LLAMA					
MIRACOSTA					
QUEROCOTO					
SAN JUAN DE LICUPIS					
TOCMOCHE					

Nota. Fuente: Norma Técnica E.030 diseño sismorresistente (2018), Zonas sísmicas, en la que se especifica las provincias y distritos de cada región

Suelo: Agregados naturales de partículas minerales granulares y cohesivas separables por medios mecánicos de poca energía o por agitación de agua (NTP CE.020).

Suelo colapsable: Suelo que al ser humedecido sufre un asentamiento o colapso relativamente rápido, que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos (NTP CE.020).

Suelo expansivo: Suelo que al ser humedecido sufre una expansión que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos.

Talud: Es una superficie inclinada del terreno. Las pendientes con ángulo superior a 30° con la horizontal y de altura total acumulada superior a tres metros se consideran como talud (MCSGGP, MTC, 2012).

Talud: Pendiente formada por la acumulación de fragmentos de roca al pie de los acantilados o de montañas. Los fragmentos de roca que forman el talud pueden ser escombros, material de deslizamiento o pedazos rotos desprendidos por la acción de las heladas. Sin embargo, el término talud se usa en realidad muy ampliamente para referirse a los escombros de roca en sí (CNPD-México).

Taludes artificiales. Superficies inclinadas que unen los desniveles del terreno, producto de actividades de construcción, ya sea por corte o relleno o construcción de un terraplén artificial (CNPD-México).

Topografía: Representación gráfica de la superficie de la tierra, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales sobre una superficie plana" (MTC, 2012).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

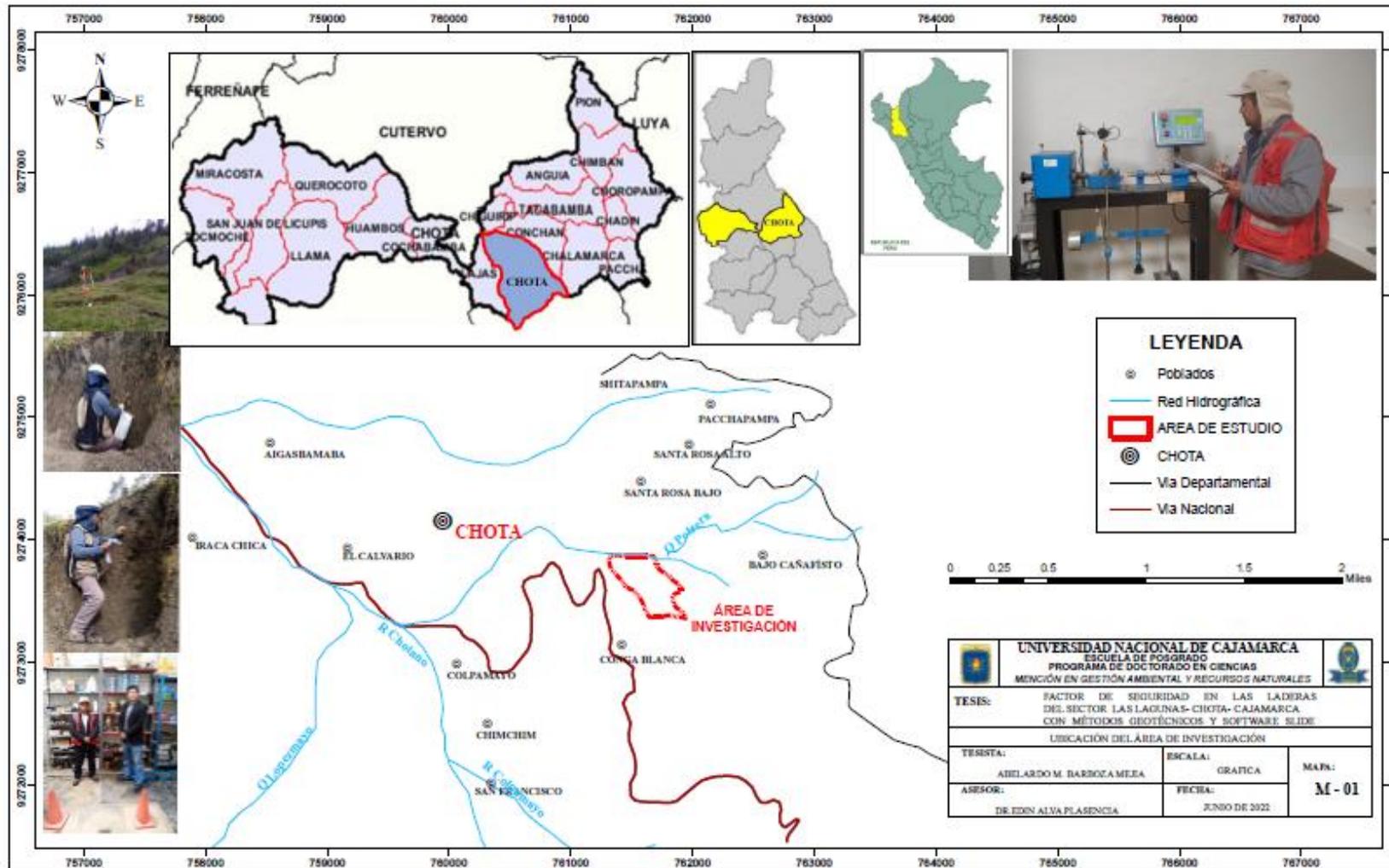
3.1. Ubicación y descripción general de la zona de estudio

La investigación está ubicada en el Sector Las Lagunas distrito y provincia de Chota región de Cajamarca, abarca un área de 16 hectáreas aproximadamente, geográficamente se ubica en el cuadrángulo conformado entre las coordenadas UTM 761250 y 761890m Este, y entre 9273320 y 9273900m Norte, entre las altitudes 2420 y 2560 msnm donde se evidencia las laderas inestables materia de estudio (figuras 9 y 10).

La principal vía de acceso desde la ciudad de Cajamarca es mediante la carretera asfaltada 3N con una distancia de 143 Km, en un tiempo de 3:30 horas, en un desvío hacia la derecha, antes de llegar a la ciudad de Chota (figura 9 y 10).

Figura 9

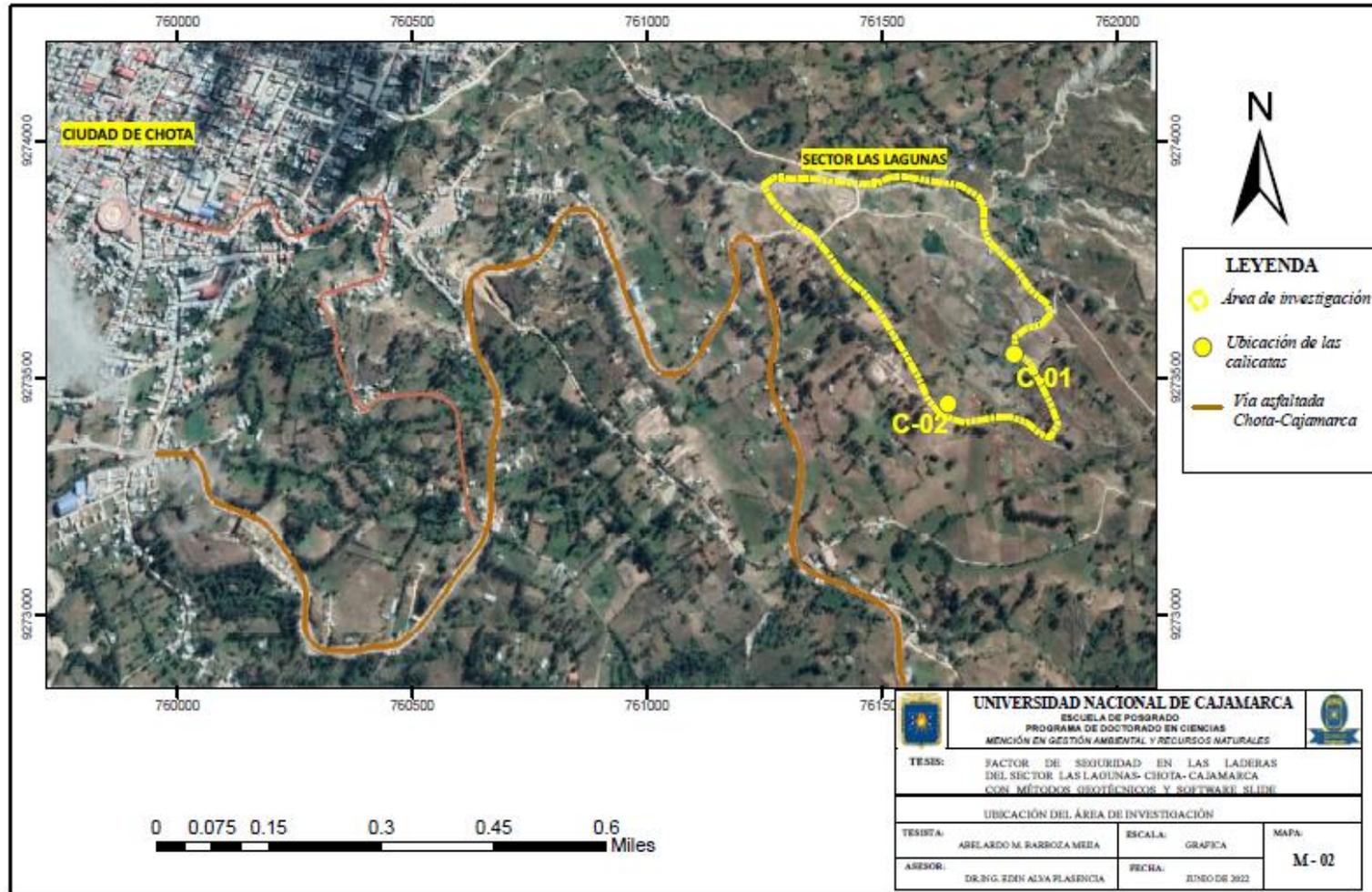
Ubicación geográfica de la zona de investigación



Nota. Fuente: figura adaptada del plan vial provincial participativo de Chota (2009), INGEMMET (2022)

Figura 10

Ubicación geográfica de la zona de investigación y las calicatas



Nota. Fuente: figura adaptada del Google Earth

Tabla 8*Ubicación de las calicatas, sector Las Lagunas-Chota-Cajamarca*

Código	Coordenada E	Coordenada N	Altura	Prof. Excavación (m)	Observaciones
C-01	761849.964	9273560.505	2537.024	1.80	Cresta del deslizamiento
C-02	761649.830	9273377.094	2534.520	2.50	Cresta del deslizamiento

3.2 Materiales, herramientas y equipos**Tabla 9***Relación de equipos, herramientas y materiales*

Equipos	Nro.	Características
Estación total	1	Leyca Ts 06
Computadora	1	Laptop (Toshiba)
Cámara fotográfica	1	Canon 16 pixeles
GPS	1	eTrex R Legend
Impresora/Plóter	1	Canon/Laser
Herramientas	Nro.	Características
Software Slide	1	V. 06
Microsoft Excel	1	2015
AutoCAD Civil 3D	1	2021
Lupa	1	20x
Rayador	1	Dureza 7
Picota	1	De geólogo
Protactor/escalímetro	2	1:10,1:20,1:25,1:50,1:100
Materiales	Nro.	Características
Imágenes satelitales	1	Google Earth
Plumones/lapiceros	18	12/6 diversos colores
Tablero	1	Acrílico A4
Wincha/flexómetro	2	5m/50m
Bolsa para muestreo	20	Plástico
Cinta	1 rollo	Masking tape
Fill	1	Plástico
Palana, pico y espátula	3	Clásicos

3.3. Características de la zona en estudio

3.3.1. Características litológicas.

La Formación Chota está constituida por clastos redondeados a sub redondeados de cuarcitas, areniscas en una matriz areno - limosa, distribuido de manera heterométrica y completamente saturados, sobre la cual se origina el deslizamiento, INGEMMET (2022)

Las formaciones Chota y Celendín, presentan estratos de rumbo N165 y buzamiento 25 SO (Coordenadas UTM 795378 E – 9279512 N) a favor de la pendiente; de esta manera la estratificación es un factor para la generación del deslizamiento (figura 11), INGEMMET (2022)

Figura 11

Estratificación favorable a la pendiente del terreno



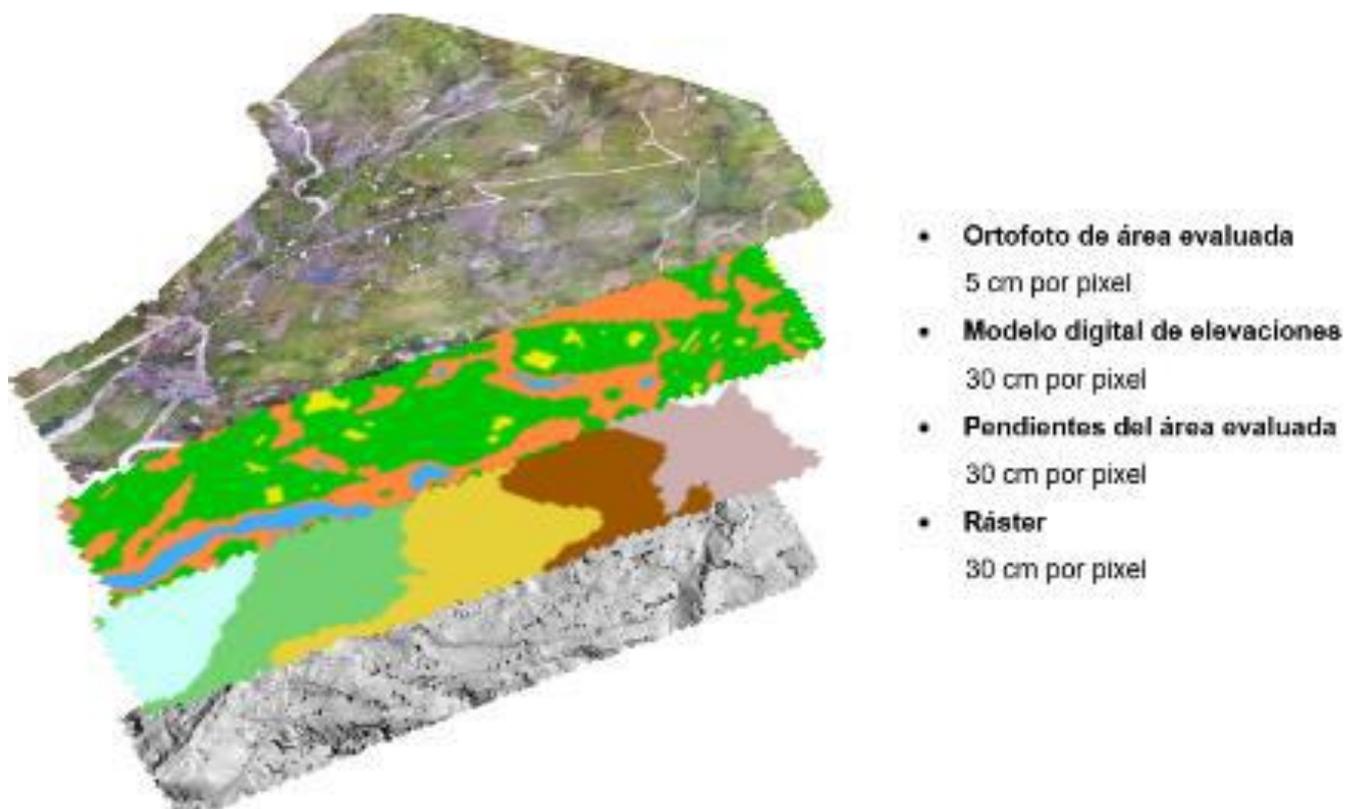
Nota. La figura muestra la estratificación y la pendiente favorable para los deslizamientos: Coordenadas UTM 761623 E – 9273783 N. Fuente: INGEMMET (2022)

3.3.2. Características geomorfológicas

Las variables y parámetros geomorfológicos de pendientes permiten validar y actualizar la información geomorfológica, con el presente estudio y trabajos de campo se ha realizado el levantamiento fotogramétrico mediante dron, obteniéndose el modelo digital del terreno con una resolución 30 cm por pixel para el modelo digital de elevaciones y 5 cm por pixel para la ortofoto, información que fue complementada con el análisis de imágenes satelitales, análisis morfométrico del relieve y cartografiado in situ (figura 12).

Figura 12

Detalle de resolución de superficies procesadas



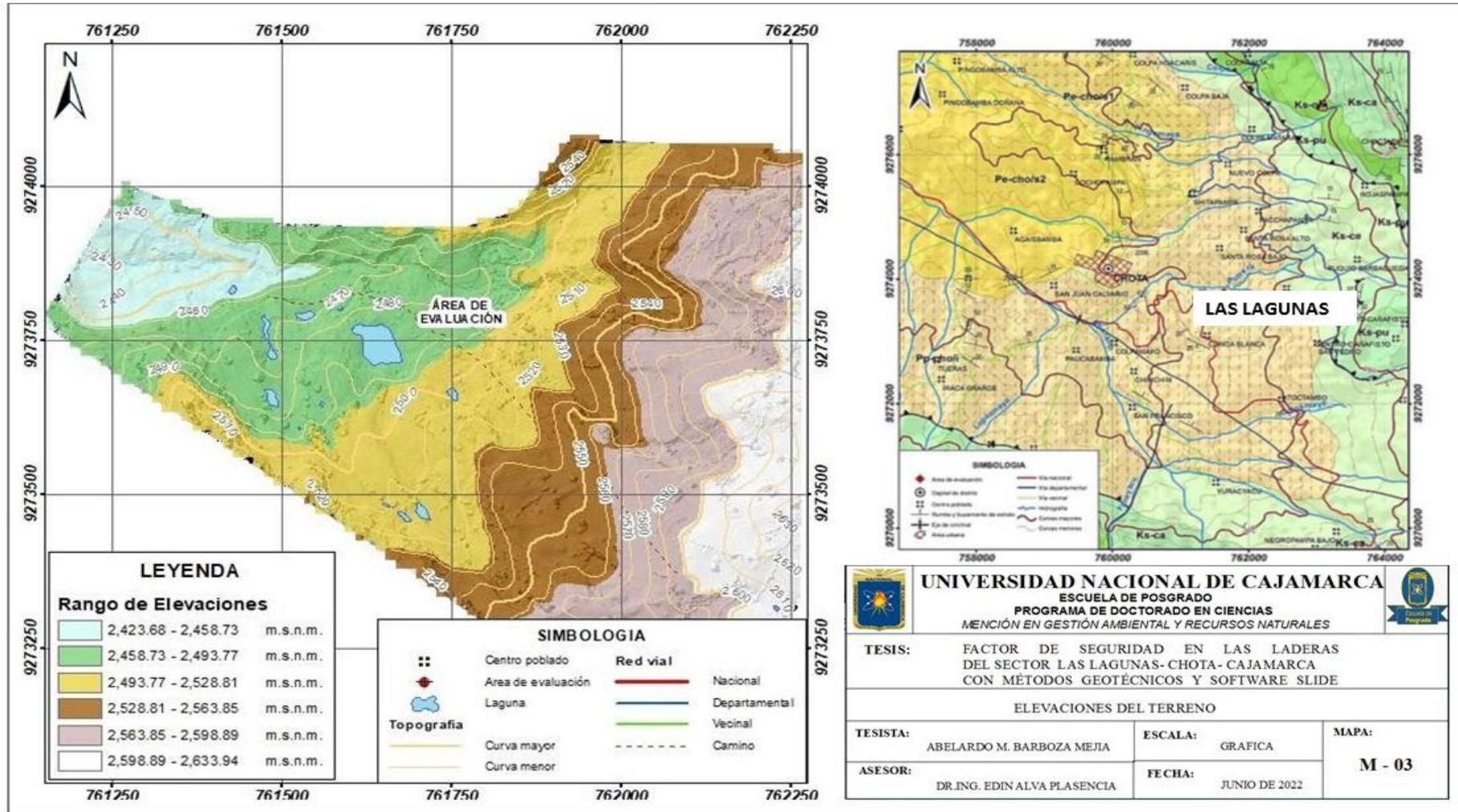
Nota. Fuente: INGEMMET (2022).

3.3.2.1. Modelo digital de elevaciones (MDE).- El terreno del sector de Lagunas, comprende elevaciones desde 2423.68 hasta los 2633.94 m s n m., donde se clasificó en seis niveles altitudinal, con la finalidad de visualizar la extensión del área respecto a la diferencia de alturas, donde los niveles más extensos sean de menor pendientes y los de menor espesor serán aquellos que presenten mayor variación de alturas, la mayor área en extensión comprende altitudes entre 2458.73 a 2493.77 m s n m (zona de mayor humedad) , donde se ubica una laguna y lagunas estacionales, humedades, cuyas áreas son destinadas para cultivo.

La diferencia de alturas se incrementa a partir de los 2528.81 m s n m, a partir del cual inician terrenos de fuerte pendiente, con valores de 15 a 25° (figura 13).

Figura 13

Elevaciones del terreno



Nota. Fuente: Adaptado de INGEMMET (2022).

3.3.2.2. Pendiente del terreno. - Las pendientes son variables, limitadas por pendientes suaves hasta muy escarpadas (figura 15). Mostrándose que el evento geológico, se desarrolla en pendientes moderadas con rango de 5° a 15°; la cual además se encuentra saturada con afloramiento de agua natural y artificial de riesgo por inundación.

Hacia el este de Lagunas, las pendientes varían entre 25° a 45° clasificadas como pendiente escarpada, observadas en ambas márgenes de una quebrada intermitente, que es afluente de la quebrada Potrera. Los cambios de pendientes bruscos describen los saltos en el escarpe del deslizamiento y a su vez los delimita.

Figura 14

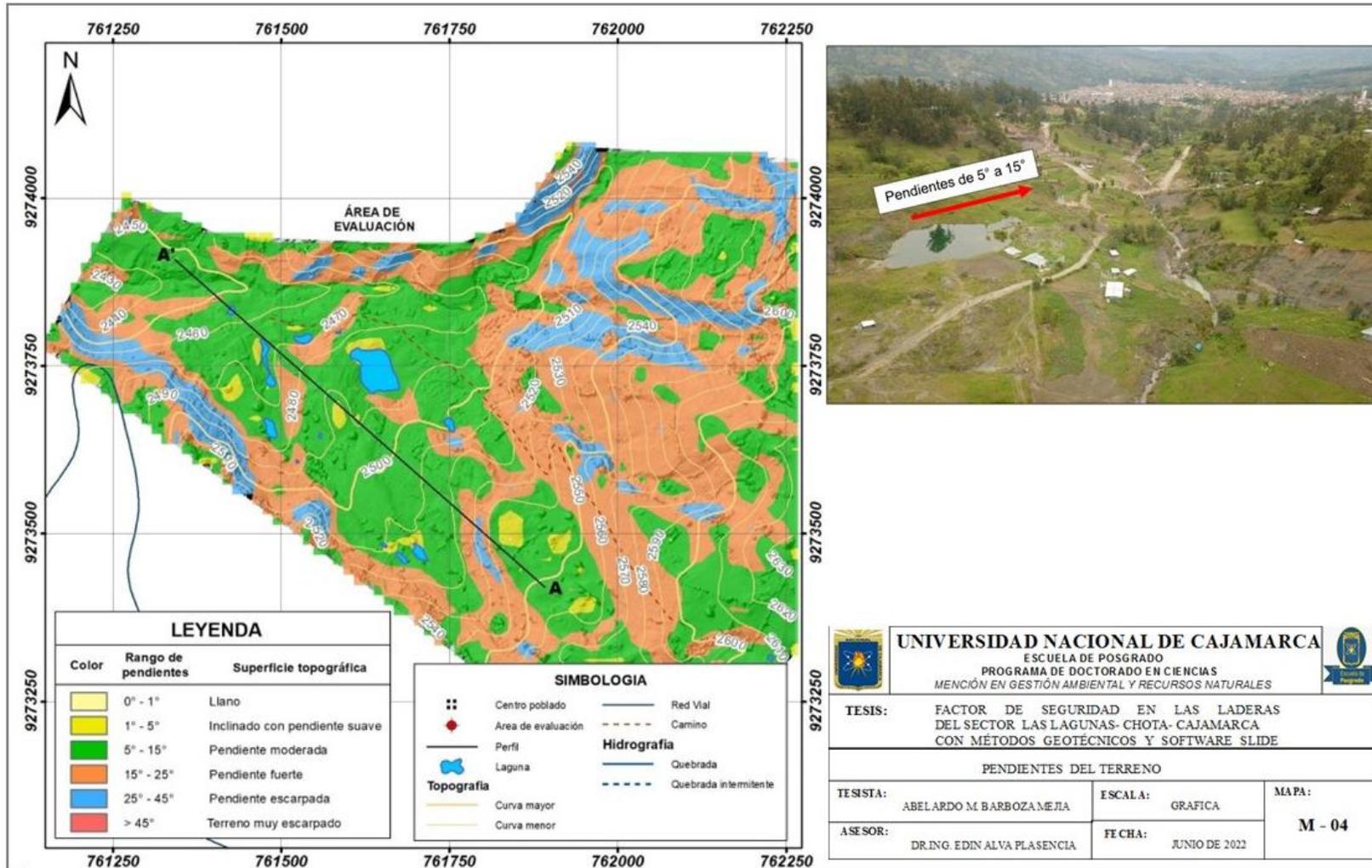
Perfil longitudinal, escarpe-zona de acumulación



Nota. Fuente: INGEMMET (2022).

Figura 15

Pendiente del terreno



Nota. Fuente: INGEMMET (2022).

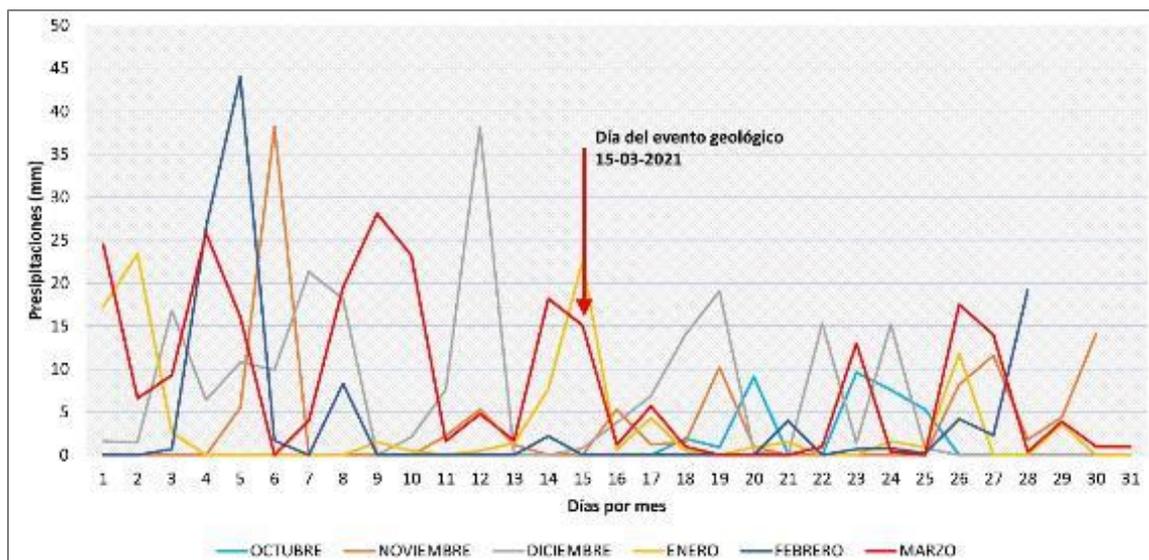
3.3.3. Características hidrológicas

Las precipitaciones del mes de diciembre y marzo son las que poseen mayor incidencia en la infiltración de agua, la cual aprovecha los desclasamientos preexistentes y la permeabilidad del suelo (figura 16), se presentan los datos de precipitación en mm por los meses comprendido desde octubre de 2020 a marzo de 2021, el deslizamiento se suscitó el día 15 de marzo de 2021.

Las lluvias más prolongadas corresponden al mes de marzo, tal como se presentan los resultados (figura 15), las lluvias inician la última semana de febrero, y se prolongan hasta el día 15 de marzo cuando se suscita el deslizamiento. Cabe indicar que existen precipitaciones que superan las precipitaciones de marzo, la diferencia es que fueron lluvias de corta duración, los periodos de cese drenan el terreno natural y disminuye la saturación del suelo, mientras que en periodos prolongados de lluvias conlleva a una mayor infiltración de agua y mantiene un nivel freático alto, esta condición disminuye el ángulo de fricción y la cohesión de las partículas de los suelos (INGEMMET, 2022).

Figura 16

Precipitaciones periodo octubre de 2020-marzo de 2021



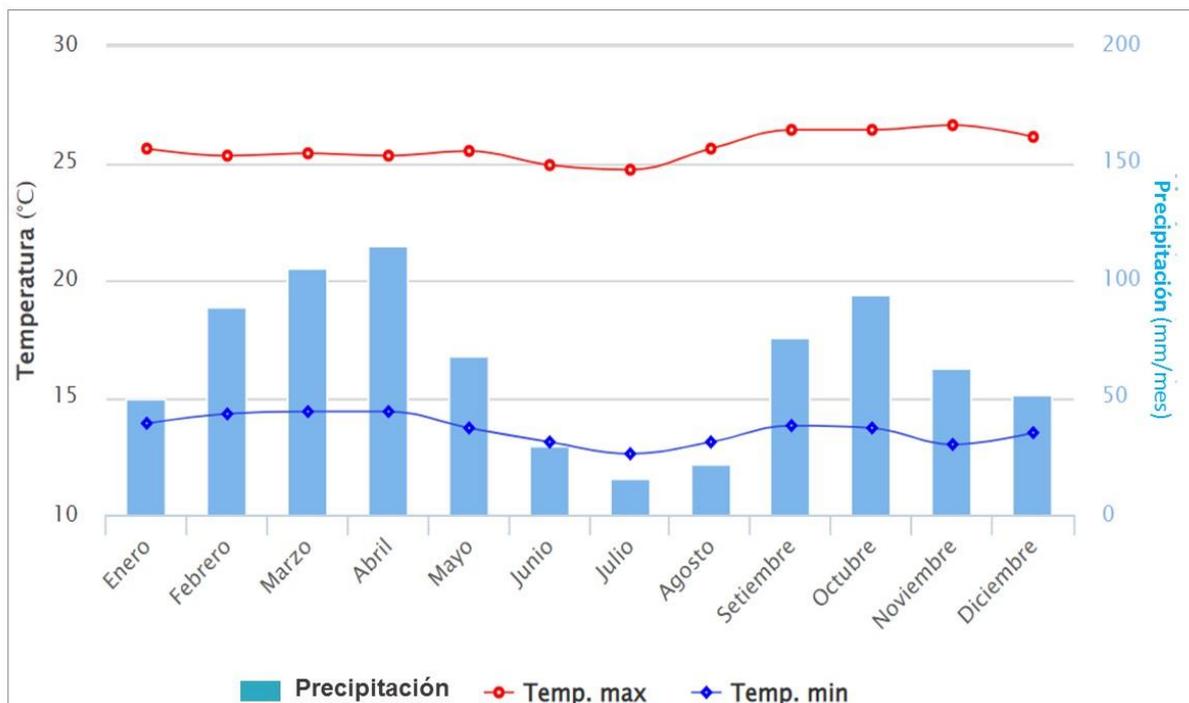
Nota. Fuente: estación meteorológica de la ciudad de Chota

3.3.4. Características del clima

La temperatura en Chota y en la zona de investigación, la más alta es en el mes de noviembre (26.6°C); la temperatura más baja se da en el mes de julio (12.6°C).

Figura 17

Temperatura y precipitación en la zona de investigación



Nota. Fuente: SENAMHI estación Chota, Ministerio del Ambiente

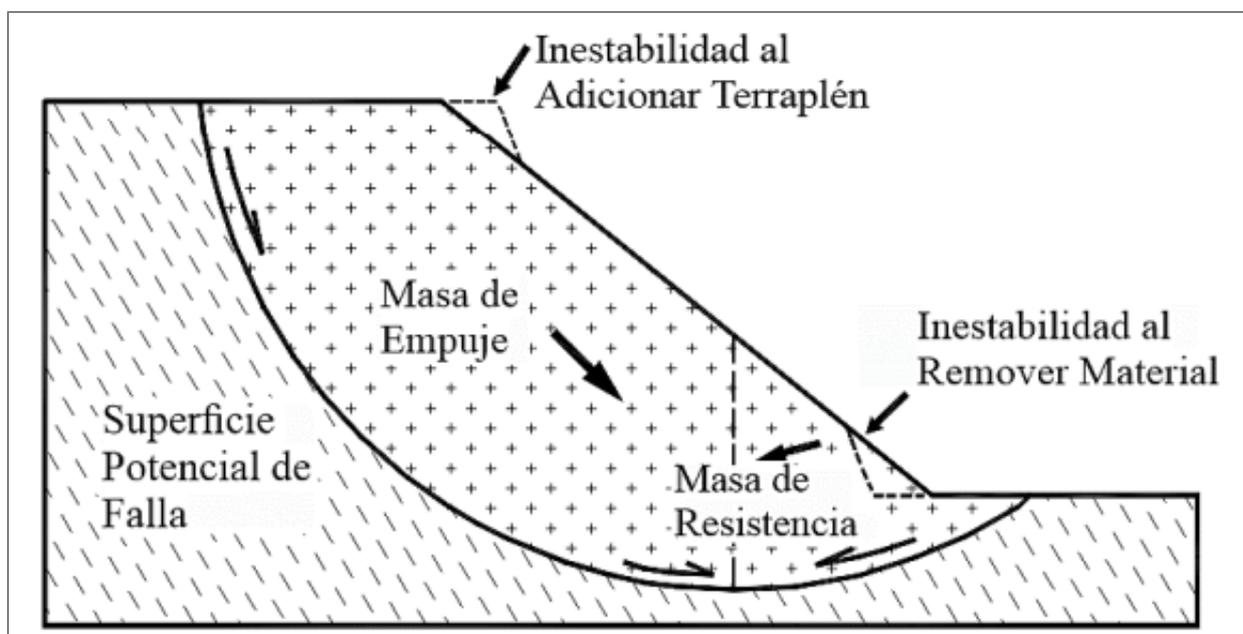
3.3.5. Características geodinámicas

La meteorización, lluvias, sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica), actúan sobre las laderas desestabilizándolas y modifican el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino, 2007).

Los peligros geológicos identificados, corresponden a movimiento en masa, tipo deslizamiento rotacional antiguo en proceso de reactivación (INGEMMET, 2022).

Figura 18

Equilibrio o desequilibrio de fuerza en un talud



Nota. Fuente: Suarez, J. (2009)

3.3.5.1. Deslizamiento rotacional Sector Las Lagunas. - Se identificó un deslizamiento con dirección N310, que se dispone en forma casi perpendicular a la dirección de la quebrada Potrera (rumbo este-oeste), este provocó embalsamiento de la quebrada y estrechamiento del cauce. El escarpe principal presenta un salto de 12 m, tiene una longitud de 153 m, con grietas tensionales con aperturas de hasta 50 cm y extensión de 20 m. En nivel freático superficial es indicador de que el suelo se encuentra saturado. El deslizamiento produjo la caída de árboles (eucaliptos), agrietamiento y colapso de viviendas, también afectó áreas de cultivo e interrumpió la carretera Chota-Santa Rosa Bajo, en un tramo de 250 m. (INGEMMET, 2022).

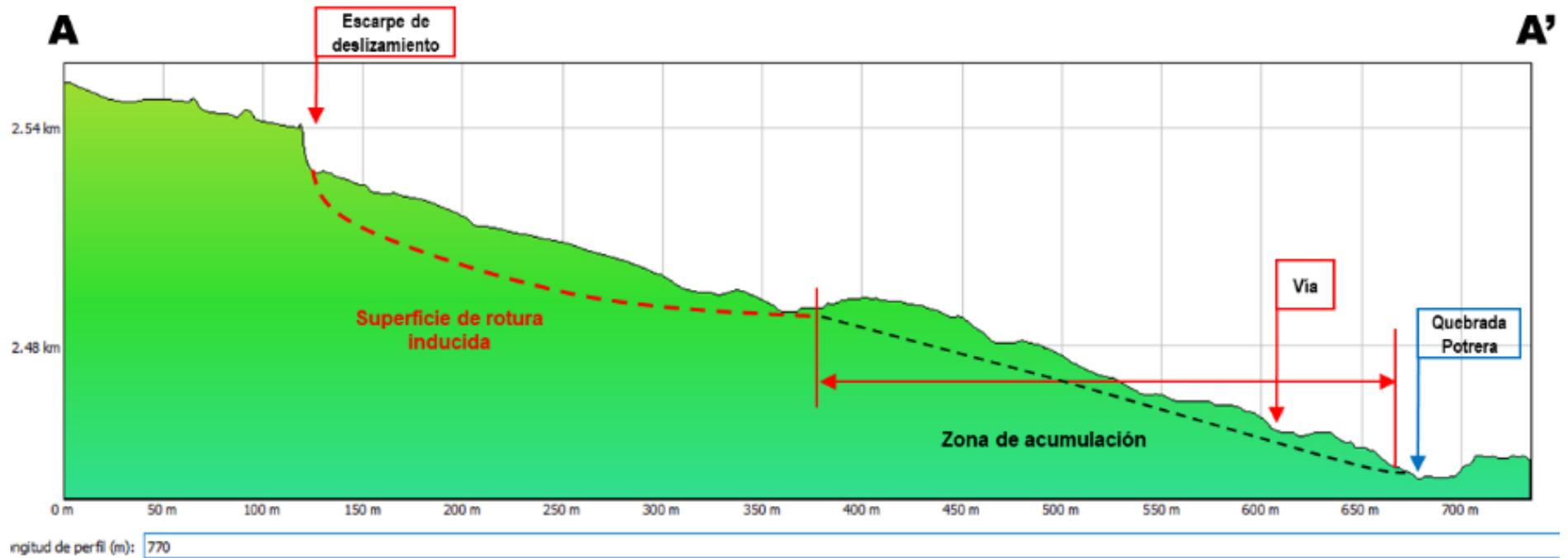
A continuación, se detalla las características del deslizamiento (figuras 18, 19, 20, 21, 22 y 23).

- Escarpe principal: 153 m.
- Altura máxima de escarpe principal: 12 m

- Área total: 16.10 hectáreas
- La zona de acumulación alcanza una longitud de 420.25 m en contacto con la quebrada Potrera
- Forma de la superficie de rotura: Circular
- Dirección de desplazamiento: N310.
- El material deslizado está constituido por bloques de roca y suelo arenoso arcilloso y saturado

Figura 19

Perfil A-A' longitudinal al deslizamiento



Nota. Figura que comprende el deslizamiento desde el escarpe principal hasta la zona de acumulación. Fuente: INGEMMET (2022)

Figura 20

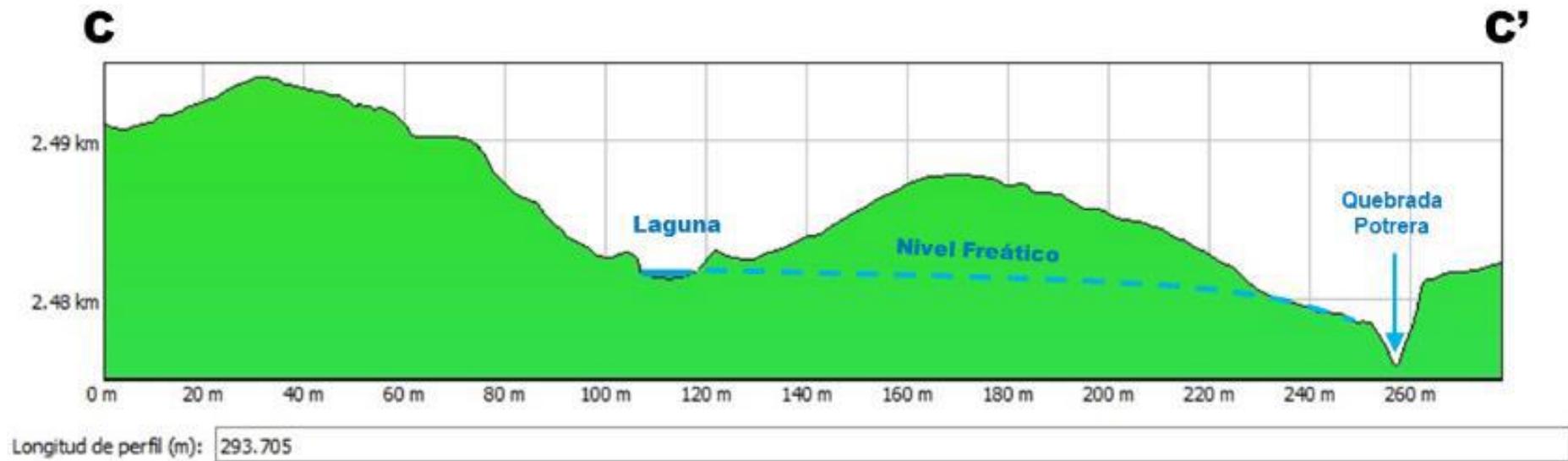
Perfil B-B' transversal al deslizamiento



Nota. Figura en la que se determina una depresión en el área afectada. Fuente: INGEMMET (2022)

Figura 21

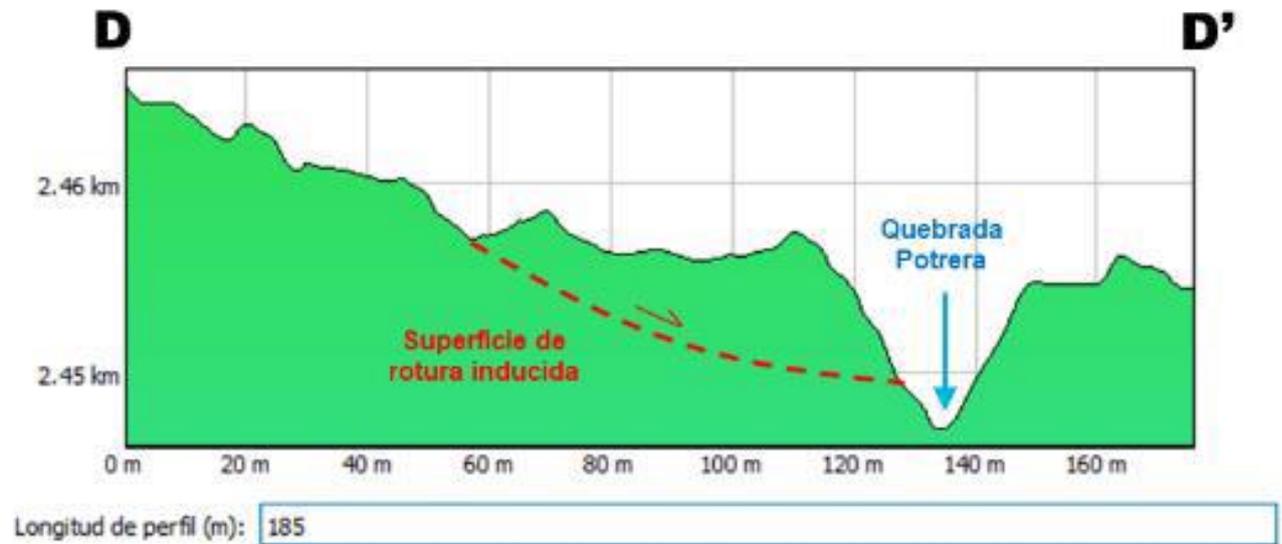
Perfil C-C' transversal al deslizamiento



Nota. Figura en la cual se ha representado la laguna y la relación de altura respecto a la quebrada y la surgencia de agua, infiriendo que el nivel freático es superficial, mostrándose el suelo totalmente saturado. Fuente: INGEMMET (2022).

Figura 22

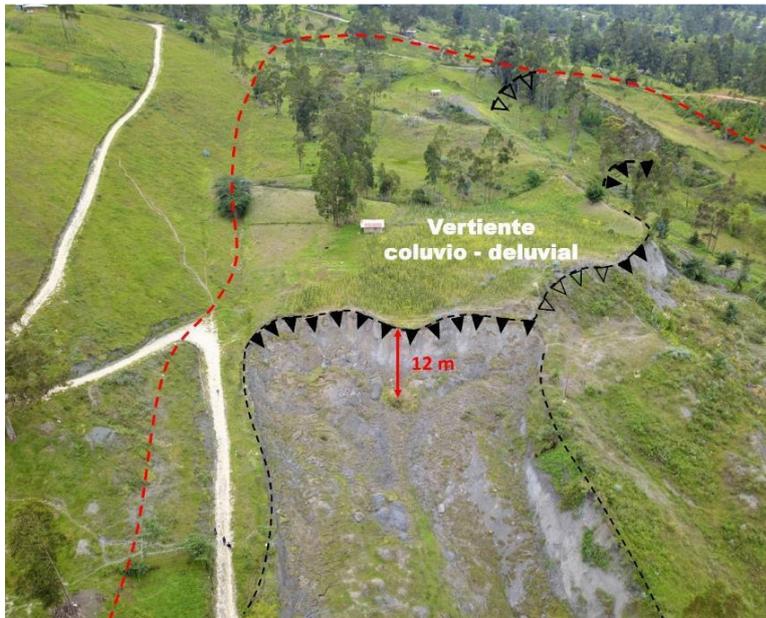
Perfil D-D'



Nota. Figura que representa la zona de acumulación de material deslizado, que va reduciendo el cauce de la quebrada Potrera del flanco izquierdo. Fuente: INGEMMET (2022)

Figura 23

El escarpe principal



Nota. El escarpe principal, alcanza 12 metros, y su longitud supera 153.71 metros, coordenadas UTM 761860 E – 9273584 N. Fuente: INGEMMET (2022)

3.4. Metodología de la investigación

La investigación es de tipo descriptiva no experimental, los métodos usados son la observación, el analítico y sintético. La observación permite describir directamente en campo las características geológicas, geotécnicas, geomorfológico, hidrológicas y climáticas de las laderas, mediante el método histórico se realizó la revisión de información existente y testimonios de los habitantes cercanos a la zona de investigación con la cual se conoció los detalles de la problemática existente, y con los métodos analítico y sintético se identificó los agentes influyentes en la inestabilidad de las laderas, finalmente determinamos el Factor de Seguridad aplicando los métodos geotécnicos de Bishop Simplificado, Fallenius y Janbú, con el software Slide.

El desarrollo de la investigación se realizó con diversas técnicas y en cuatro etapas:

Primera etapa. Revisión y recopilación de la información relacionada al problema de investigación

Mediante la información de campo y la revisión de documentos e investigaciones existentes relacionado al tema de investigación, se conoció la existencia de la inestabilidad en las laderas y taludes en el mundo, y en nuestro país especialmente en Chota, sector Las Lagunas. Se creó pertinente realizar el estudio en esta zona, considerando que existen peligros y riesgos propensos a seguir generando múltiples pérdidas materiales, económicas y ambientales.

Segunda etapa. Recolección y generación de información en campo

Apoyados con el método de observación directa en campo, se realizó un reconocimiento de las laderas, con la finalidad de delimitar la zona, y realizar los estudios necesarios.

La recolección de datos se hizo de forma secuencial, empezando con:

Estudio de la geología

El Sector Las Lagunas, presenta una secuencia de rocas arcillosas de composición lutita, y delgados estratos de roca calcárea con contenido de fósiles, roca de color gris y crema puntualmente, con fuerte diaclasamiento y moderadamente meteorizadas, esta litología corresponde a la Formación Geológica Celendín, sobreyase a esta formación una secuencia intercalada de conglomerados con clastos redondeados de diferente tamaño y composición en una matriz areno-limosa, entre ellos cuarcitas y areniscas, estratos arenosos y arcillosos, estos pertenecen a la Formación Geológica Chota (figuras 24 y 25), en otros punto se tiene suelos y cobertura agrícola, presencia de afloramiento de agua, los mismos que son factores condicionantes para la inestabilidad de las laderas.

Figura 24

Talud ubicado a la margen derecha de la Quebrada Potrera



Nota. La figura muestra la exposición estratigráfica de rocas calcáreas y lutitas de la Formación Geológica Celendín.

Figura 25

Talud ubicado en zona oeste del área de estudio



Nota. La figura muestra la exposición estratigráfica con una secuencia de: conglomerados estratos arenosos y arcillosos de la Formación Geológica Chota.

Estudio de las unidades geomorfológicas y la topografía

El área de investigación y su entorno presenta diferentes pendientes relacionadas con las alturas y se incrementan a partir de los 2528.81 m.s.n.m., comprendidas entre los 5° a 45°. Con los rangos de moderada, fuerte y escarpada, hacia el este se encuentran entre 25° a 45° clasificadas como pendientes escarpadas, están presentes en ambas márgenes de la quebrada intermitente, afluente de la quebrada Potrera (INGEMMET, 2021) (figuras 26)

En la zona investigada en el Sector Las Lagunas se tiene pendientes moderadas con un rango de 5° a 15°, y puntualmente pendientes fuertes, los cambios de pendientes bruscos

describen los saltos en el escarpe del deslizamiento producido (INGEMMET, 2021) (figuras 19 y 26).

Figura 26

Zona sureste del Sector Las Lagunas



Nota. La figura muestra el límite de la zona sureste del Sector, se observa las laderas con pendientes moderadas.

También se ha realizado el levantamiento topográfico para obtener los perfiles longitudinales en el sentido del deslizamiento (figuras 27, 28, 29 y 30) y con los parámetros geotécnicos determinados en el laboratorio mediante los ensayos, se ha calculado el Factor de Seguridad en las laderas con los métodos geotécnicos, aplicando el Software Slide.

Figura 27

Realizando el levantamiento topográfico del Sector Las Lagunas



Figura 28

Plano topográfico y perfiles interceptando los puntos de las C-01 y C-02

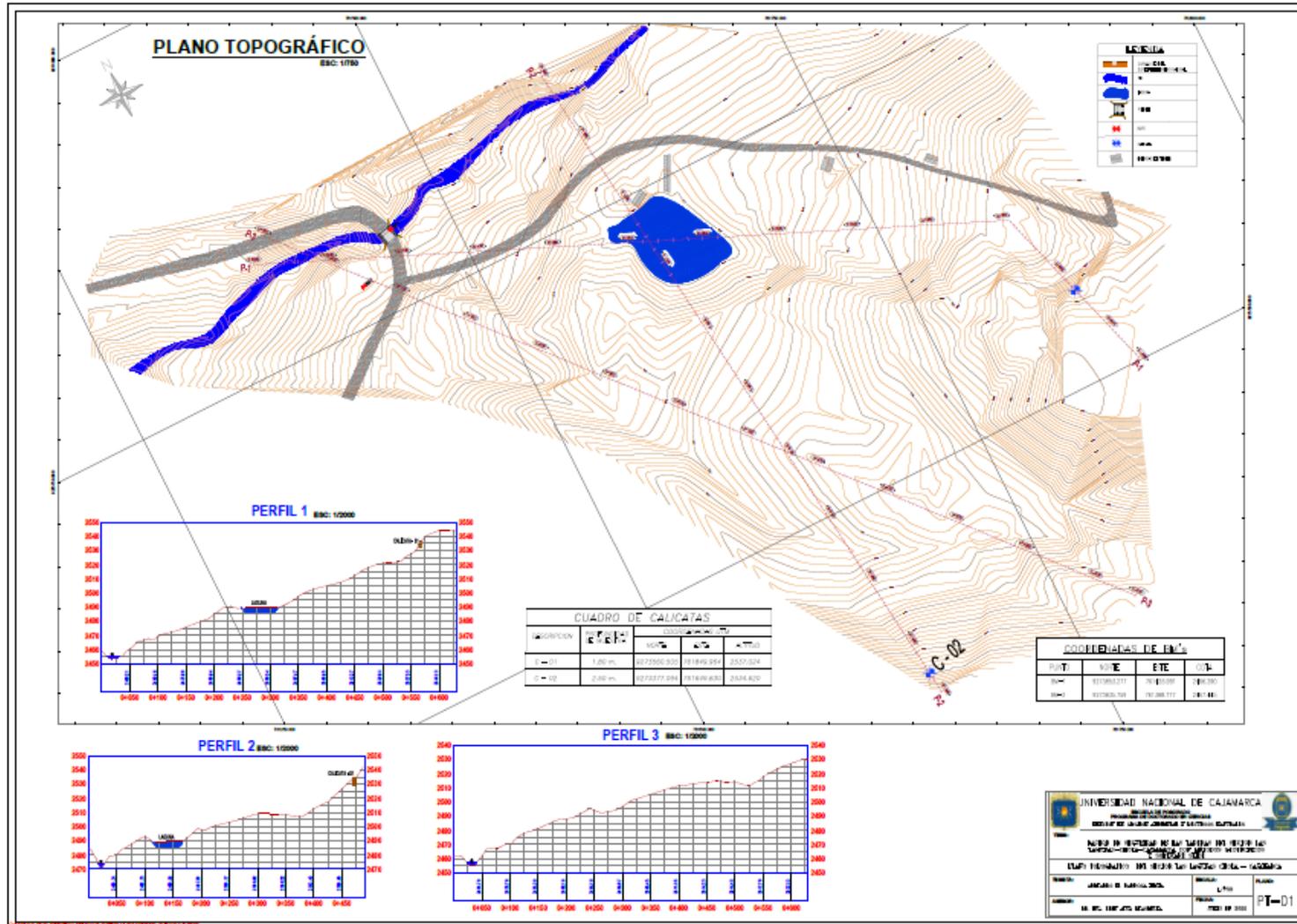


Figura 29

Perfil topográfico, se evidencia el punto de la calicata C-01

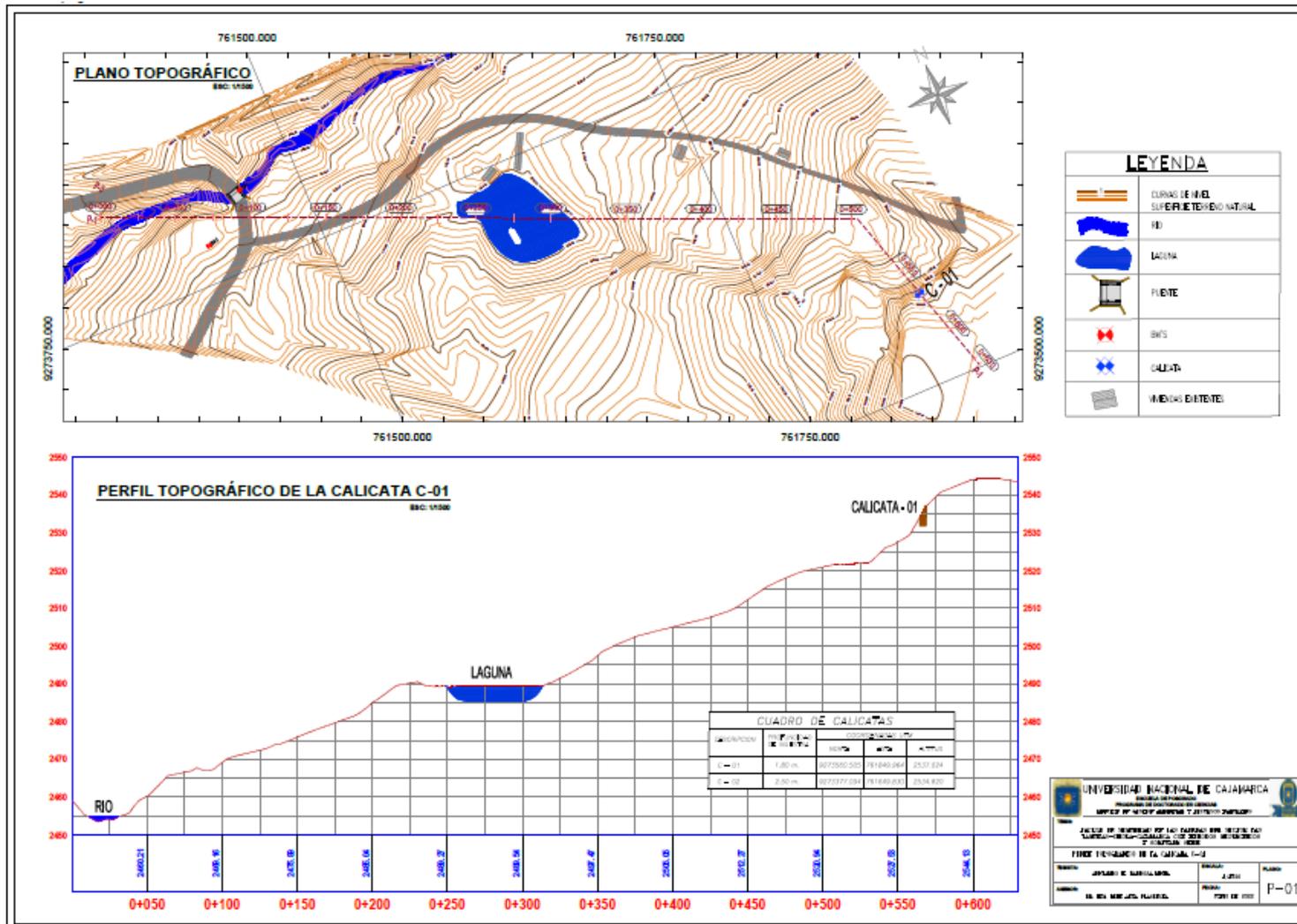
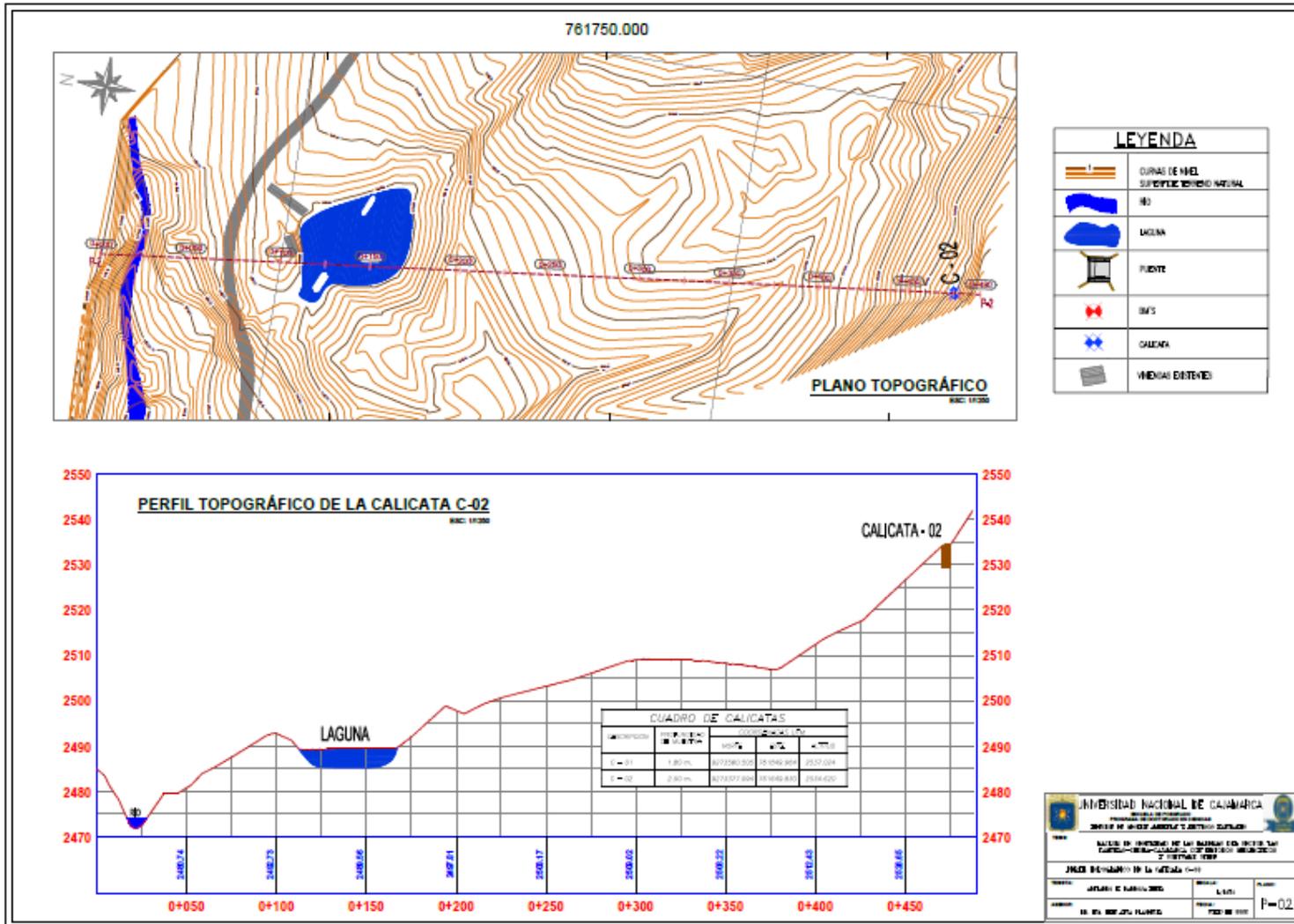


Figura 30

Perfil topográfico, se evidencia el punto de la calicata-02



Estudio de la geodinámica y geotecnia

El Sector Las Lagunas zona de la investigación, y sus alrededores están presentes rocas y depósitos cuaternarios, en los cuales se observó zonas de inestabilidad relacionados con los deslizamientos suscitados en los años 2011 y 2021, eventos que dieron origen al movimiento en masa tanto de suelo y roca, producto de algunos factores condicionantes como la litología, el agua y la pendiente, siendo el último el de mayor magnitud por los daños ocasionados (figura 31).

Figura 31

Evento geodinámico producido en el Sector Las lagunas



Se realizaron los trabajos geotécnicos y estudios, considerado como una actividad principal para la investigación que consistió en la excavación, muestreo y descripción del suelo de cada una de las calicatas (figuras 32, 33, 34, 35 y anexo 3). Se procedió a excavar y extraer las muestras de las calicatas de forma manual, con profundidades de: calicata No 01 (C-01 = 1.8 m), calicata No 02 (C-02 = 2.5 m), obteniendo una muestra por calicata por la

similitud de los estratos del suelo con relación a su característica litológica y algunas físicas, se realizó la descripción macroscópica de las propiedades físicas del suelo (MTC, 2012). La muestra se obtuvo de una de las paredes de las calicatas, la menos expuesta al sol con la finalidad de no generar cambios de humedad, las muestras extraídas se realizaron en condiciones de alteradas e inalteradas, para llevar al laboratorio cada una con su código, y realizar los ensayos requeridos

En las muestras inalteradas se tuvo especial cuidado para no perder sus propiedades naturales, para ello se usó materiales apropiados y especiales como la bolsa fill, el debido cuidado en su traslado (MEM, 2016).

Figura 32

Excavación, y medición de la calicata C-01



Figura 33

Muestreo, muestras y descripción del suelo de la calicata C-01



Figura 34

Excavación, y medición de la calicata C-02



Figura 35

Muestreo, muestras y descripción del suelo de la calicata C-02



Características de la hidrología

Las precipitaciones del mes de diciembre y marzo son las que poseen mayor incidencia en la infiltración de agua, las cuales aprovechan las diaclasas preexistentes y la permeabilidad del suelo, tal como se presentan los resultados de precipitación en mm (figura 16), y los manantiales (figura 36), en los meses comprendidos desde octubre de 2020 a marzo de 2021, con intensidad y prolongación en el mes de marzo, fecha en que se produce el deslizamiento. Se indica que existieron precipitaciones que superaron a las de marzo, solo que fueron lluvias de corta duración, los periodos de cese drenan el terreno natural y disminuye la saturación del suelo, mientras que en periodos prolongados de lluvias conlleva a una mayor infiltración de agua y mantiene un nivel freático constante y aflorante, esta

condición hace variar el ángulo de fricción interna y la cohesión de las partículas de los suelos (INGEMMET, 2021).

Figura 36

Afloramiento de agua en la zona investigada



NOTA: Presencia de afloramiento de agua en algunos puntos de la zona investigada

Característica del clima

En la ciudad de Chota y en la zona de investigación, la época de verano es cómodo, se presenta mayormente con cielo despejado, el periodo de invierno es corto, fresco, secos y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 7 °C a 22 °C y rara vez excede este rango.

Tercera etapa. Fase de laboratorio

Los ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos se han efectuado con la finalidad de determinar: el contenido de humedad, la granulometría, los límites de consistencia, y corte directo, en base a la norma AASHTO (American Association of State Highway and

Transportation Officials)-ASTM (American Society for Testing Materials), estos ensayos se realizaron en el laboratorio acreditado (Hurteco).

Obtención del contenido de humedad del suelo

Esta es una propiedad física muy importante del suelo, para la cual se extrajeron muestras de campo de los estratos de la calicata y se realizaron tres ensayos para M-01, C-01, con un peso promedio de 962.1 g, de muestra húmeda y tres ensayos para la M-01, C-02 con peso promedio de 1054.26 g, el secado se realizó a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ (figura 37), la determinación matemática para esta propiedad es la siguiente:

$$w = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Donde:

w = contenido de humedad (en %)

W_w = Peso de la muestra natural

W_s = Peso de la muestra seca

Preparación de las muestras (a), pesado y toma de datos (b), colocado al horno para el secado (c), ASTM D2216.

Figura 37

Proceso para determinar el contenido de humedad de las muestras



Obtención de la granulometría del suelo

En la granulometría se determina la distribución de las partículas que conforman un suelo según su tamaño, los cuales ofrece un criterio para una clasificación descriptiva, para este ensayo se extrajeron muestras de campo de los estratos de las calicatas y se realizaron

ensayos por cada muestra M-01, C-01, con un peso de 1887.18 g, y de 2106.41 para la M-01, C-02, la técnica se realizó mediante el tamizado en lavado (figura 38), pesado de la tara (a), lavado de la muestra de suelo (b), tamizado (c), NTP 339.128, 1999, (revisada el 2019).

Figura 38

Proceso para determinar la granulometría de las muestras del suelo.



Obtención de los límites de consistencia (Atterberg)

Para la determinación de los límites de consistencia, se extrajeron muestras de campo de los estratos de las calicatas y se realizó un ensayo por cada muestra M-01, C-01, y M-01, C-02, estos límites son muy importantes para el estado del suelo, tanto el límite líquido como el límite plástico (figura 39), preparación de la muestra (a), colocando la muestra en la copa de Casagrande para el ensayo del límite líquido (b), proceso para determinar el límite plástico (c), ASTM D 4318

Figura 39

Proceso para determinar los límites de consistencia del suelo.



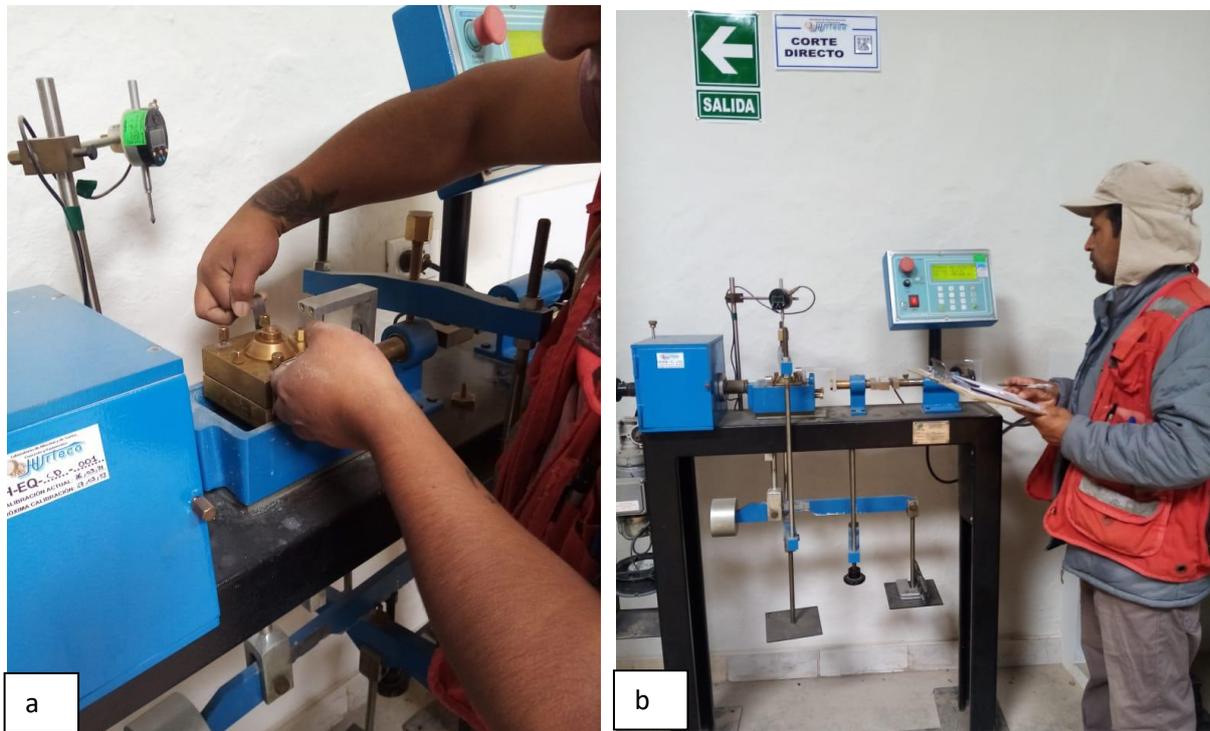


Obtención de la cohesión y ángulo de fricción interna

Para la determinación de estos parámetros geotécnicos, se extrajeron muestras de campo de los estratos de la calicata, y se realizó el ensayo por cada muestra M-01, C-01, y M-01, C-02, estos parámetros son muy importantes para el cálculo del factor de seguridad con el software Slide (figura 40), preparación del equipo(a), toma de datos(b), acompañamiento del asesor del trabajo de investigación (c), ASTM D3080/D3080M.

Figura 40

Proceso para determinar el ángulo de fricción interna y la cohesión



Cuarta etapa. Procesamiento, análisis de la información y modelamiento

Los datos de campo y de los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos se obtuvieron en formatos como hojas de Excel, en calidad de instrumentos de recolección de la información, e ingresados al software Slide para el cálculo del Factor de Seguridad.

Figura 41

Aplicación del software Slide 6.

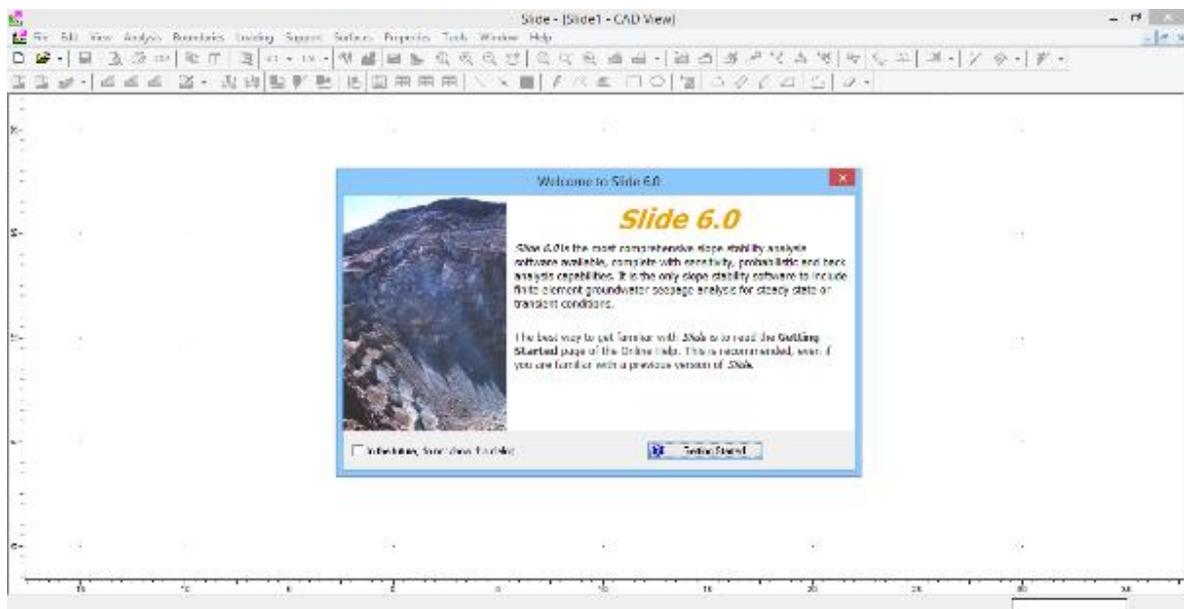


Figura 42

Importación de los perfiles desde AutoCAD al software Slide 6.

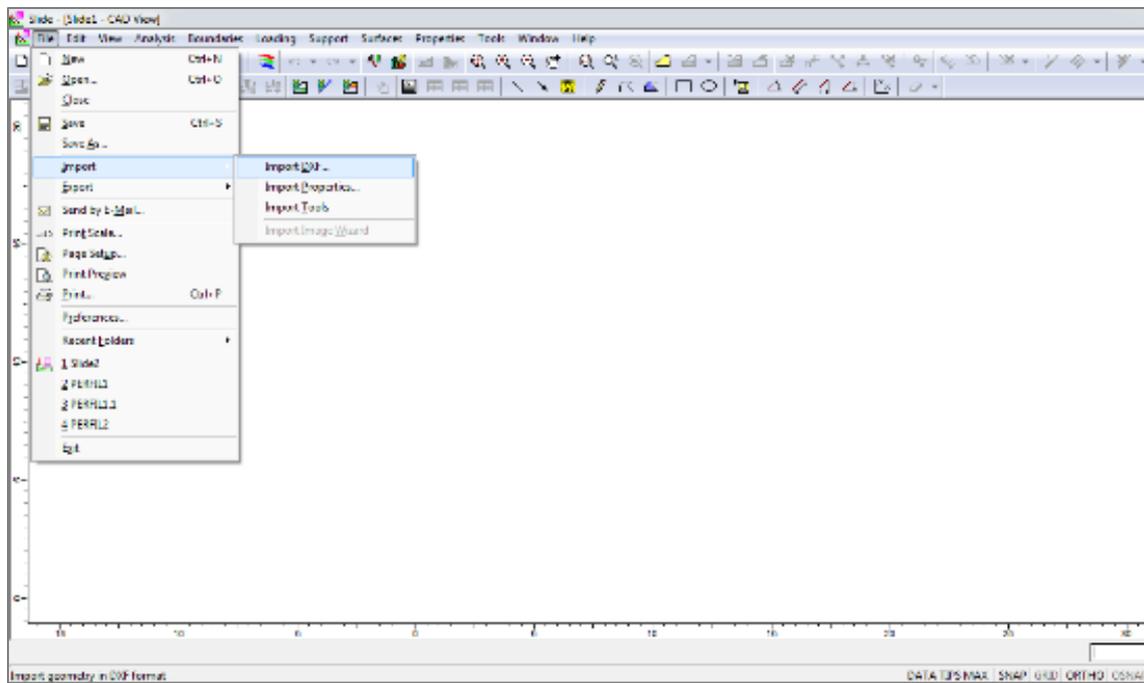
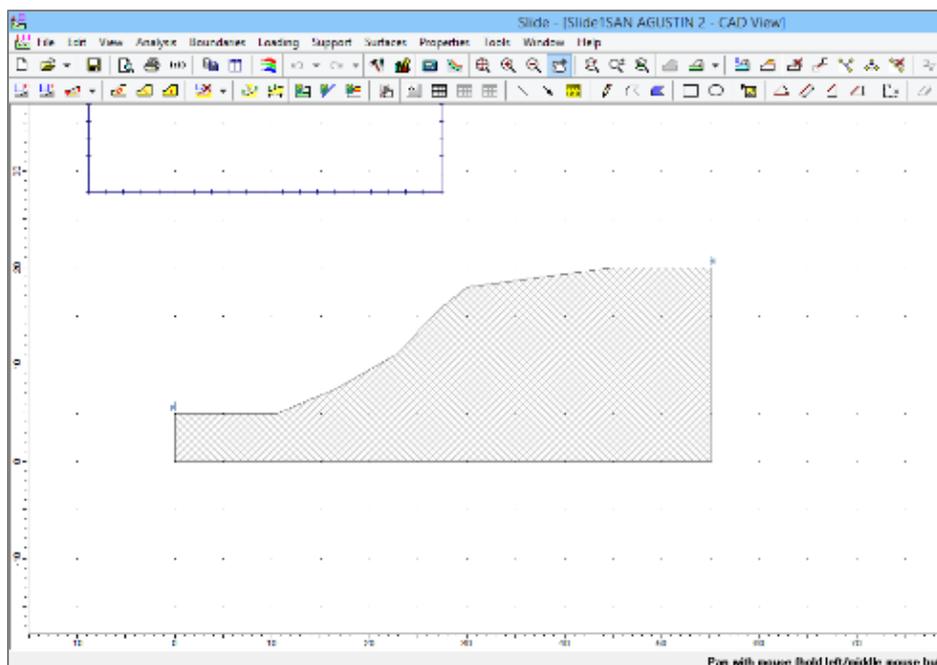


Figura 43

Modelado y cálculo del factor de seguridad



CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presenta los resultados de la investigación producto de los trabajos realizados en campo, en el laboratorio, procesamiento de datos y cálculo del factor de seguridad en las laderas naturales.

Tabla 10

Contenido de humedad del suelo, en la C-01, M-01,

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO			
No. De Tara	C-03	C-04	C-05
Masa de la Tara(g)	83,88	84,04	83,10
Masa de la Tara + Muestra Húmeda(g)	1029,35	1025,75	1082,20
Masa de la Tara + Muestra Seca(g)	857,09	853,77	898,06
Masa del Agua (g)	172,26	171,98	184,96
Masa de la Muestra Seca(g)	773,21	769,73	814,96
Contenido de Humedad (%)	22,3	22,3	22,6
W% PROMEDIO (%)	22		

Nota. Datos obtenidos del laboratorio de mecánica de suelos. Fuente: laboratorio Hurteco (2022).

Tabla 11

Contenido de humedad del suelo, en la C-02, M-01,

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO			
No. De Tara	C-06	C-07	C-08
Masa de la Tara(g)	83,97	84,48	83,57
Masa de la Tara + Muestra Húmeda(g)	1137,11	1137,75	1139,94
Masa de la Tara + Muestra Seca(g)	916,65	917,33	918,23
Masa del Agua (g)	220,56	220,42	221,71
Masa de la Muestra Seca(g)	832,58	832,85	834,66
Contenido de Humedad (%)	26,5	26,5	26,6
W% PROMEDIO (%)	27		

Nota. Datos obtenidos del laboratorio de mecánica de suelos. Fuente: laboratorio Hurteco (2022).

Ejecutado el proceso en laboratorio de mecánica de suelos y luego de haber obtenido los resultados de humedad, la *M-01, C-01*, presenta menor valor que la *M-01, C-02*, significa que la *M-01, C-02*, tiene la propiedad de retener mayor cantidad de agua por sus características físicas del suelo.

Tabla 12

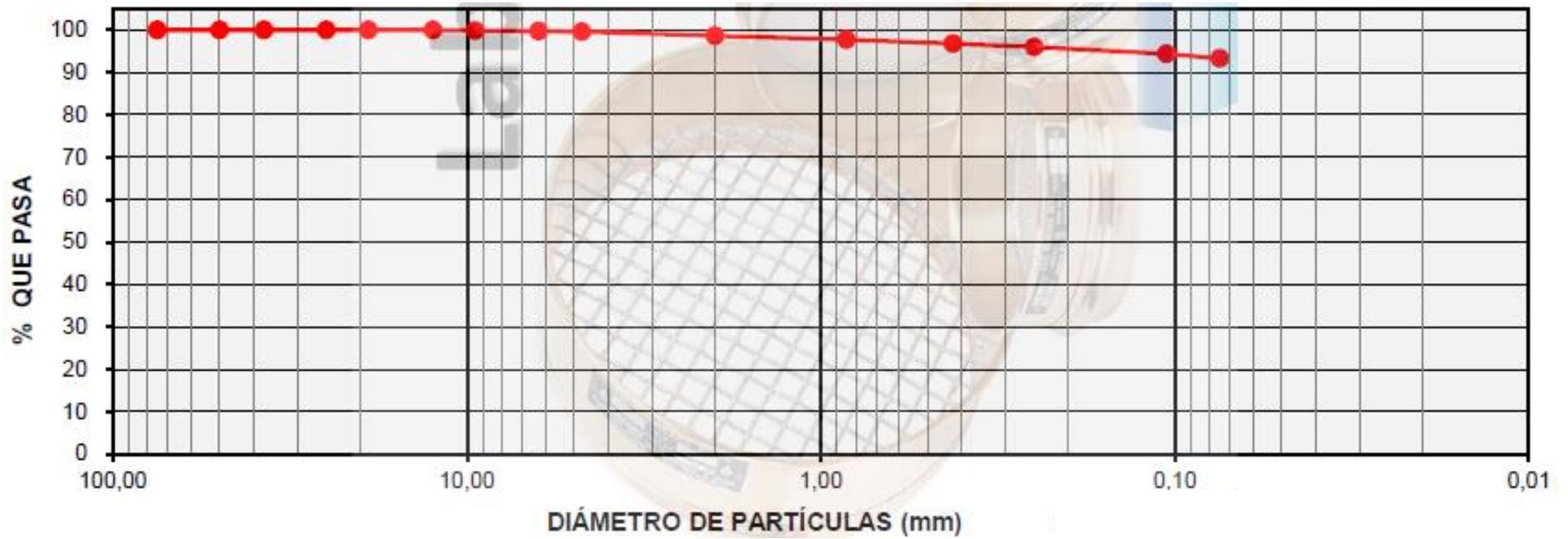
Granulometría del suelo, C-01, M-01.

Masa muestra húmeda:	1 887,18 g			
Masa seca inicial:	1 542,94 g			
Masa seca lavada:	106,08 g	Tamaño máximo de partículas		
TAMICES A.S.T.M.	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
6 in.	150,000	0,00	0,0	100,0
4 in.	100,000	0,00	0,0	100,0
3 in.	75,000	0,00	0,0	100,0
2 in.	50,000	0,00	0,0	100,0
1 1/2 in.	37,500	0,00	0,0	100,0
1 in.	25,000	0,00	0,0	100,0
3/4 in.	19,000	0,00	0,0	100,0
1/2 in.	12,500	0,00	0,0	100,0
3/8 in.	9,500	1,61	0,1	99,9
1/4 in.	6,300	1,53	0,2	99,8
No. 4	4,750	3,52	0,4	99,6
No. 10	2,000	14,63	1,3	98,7
No. 20	0,850	16,11	2,3	97,7
No. 40	0,425	13,99	3,2	96,8
No. 60	0,250	12,44	4,0	96,0
No. 140	0,106	24,81	5,6	94,4
No. 200	0,075	16,49	6,7	93,3
Cazoleta	-	0,39		

Nota. Datos obtenidos del laboratorio de mecánica de suelos. Fuente: laboratorio Hurteco (2022).

Figura 44

Curva de distribución granulométrica de la C-01, M-01.



Nota. Datos obtenidos del laboratorio de mecánica de suelos. Fuente: laboratorio Hurteco (2022).

Realizado el proceso de tamizado de la muestra de suelo se observa que más del 50% del peso total pasa la malla No. 200, significa que tienen características de suelo fino (limo-arcilla) e inestable con poca cantidad de arena y grava, la curva granulométrica se muestra en la figura 44, resultando un suelo uniforme por sus características granulométricas.

Tabla 13

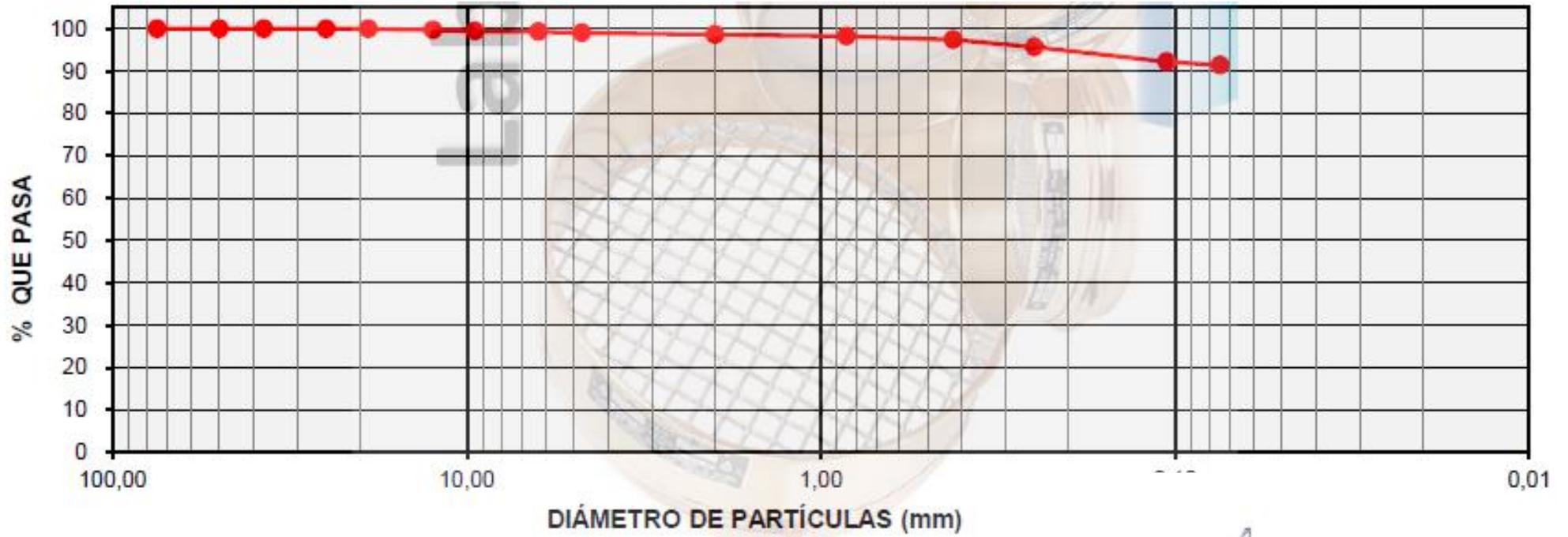
Granulometría del suelo, C-02, M-01.

Masa muestra húmeda:		2 106,41 g		
Masa seca inicial:		1 665,43 g		
Masa seca lavada:		143,55 g	Tamaño máximo de partículas	
TAMICES A.S.T.M.	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
6 in.	150,000	0,00	0,0	100,0
4 in.	100,000	0,00	0,0	100,0
3 in.	75,000	0,00	0,0	100,0
2 in.	50,000	0,00	0,0	100,0
1 1/2 in.	37,500	0,00	0,0	100,0
1 in.	25,000	0,00	0,0	100,0
3/4 in.	19,000	0,00	0,0	100,0
1/2 in.	12,500	5,62	0,3	99,7
3/8 in.	9,500	2,68	0,5	99,5
1/4 in.	6,300	3,85	0,7	99,3
No. 4	4,750	4,59	1,0	99,0
No. 10	2,000	6,23	1,4	98,6
No. 20	0,850	7,36	1,8	98,2
No. 40	0,425	13,13	2,6	97,4
No. 60	0,250	27,90	4,3	95,7
No. 140	0,106	58,48	7,8	92,2
No. 200	0,075	12,68	8,6	91,4
Cazoleta	-	0,30		

Nota. Datos obtenidos del laboratorio de mecánica de suelos. Fuente: laboratorio Hurteco (2022).

Figura 45

Curva distribución granulométrica, C-02, M-01



Nota. Datos obtenidos del laboratorio de mecánica de suelos. Fuente: laboratorio Hurteco (2022).

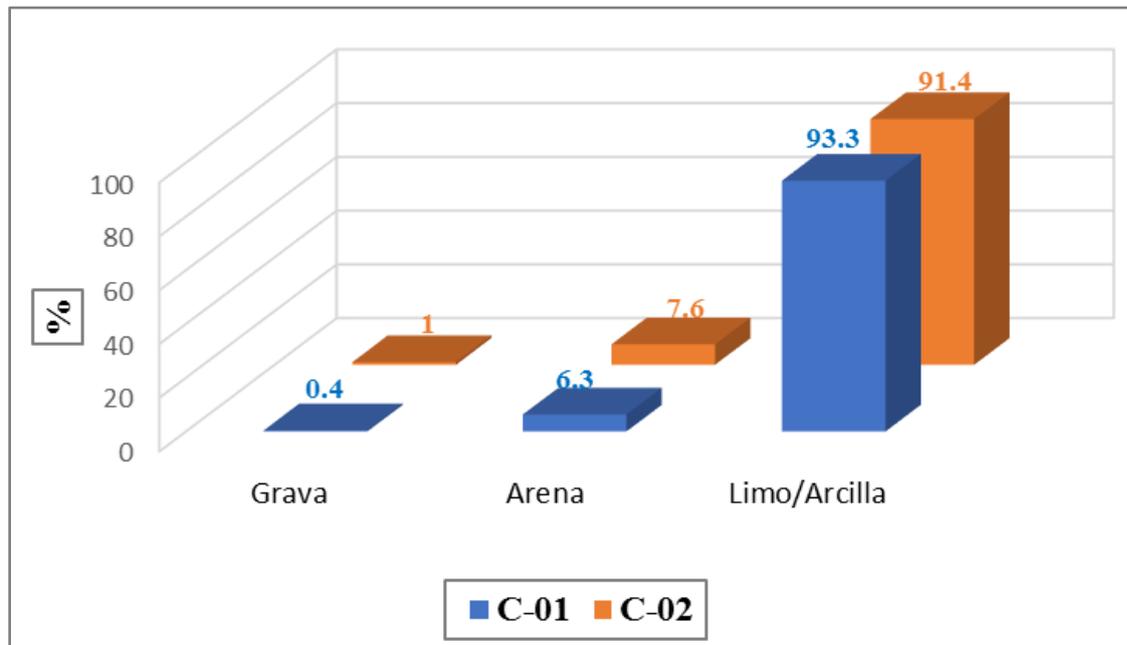
Tabla 14

Análisis granulométrico por tamizado mediante lavado

TIPO Y CLASIFICACIÓN DE SUELO	C-01, M-01 (%)	C-02, M-01 (%)
Grava	0.4	1
Arena	6.3	7.6
Limo y arcilla	93.3	91.4

Figura 46

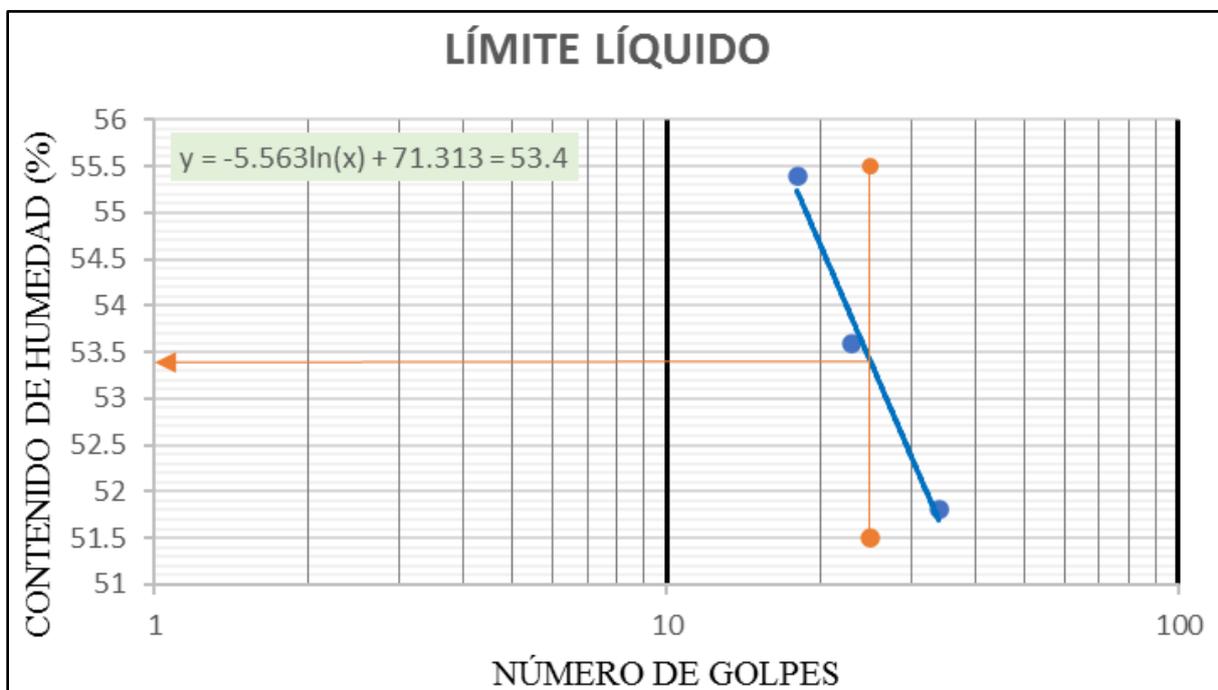
Balace de la clasificación de suelo de la: C-01, M-01 y C-02, M-01



Ejecutado el ensayo granulométrico en laboratorio y procesamiento de datos en las muestras de suelo se observa que mayor a 90% del suelo pasa el tamiz No. 200, con predominio de en la muestra M-01, calicata C-01 y muy poco suelo grueso arena entre 5-10% y grava < 5%, esto indica que tienen características de suelo fino (limo-arcilla) e inestable, poco permeable de tipo residual (tabla 15, figura 46 y 49).

Figura 47

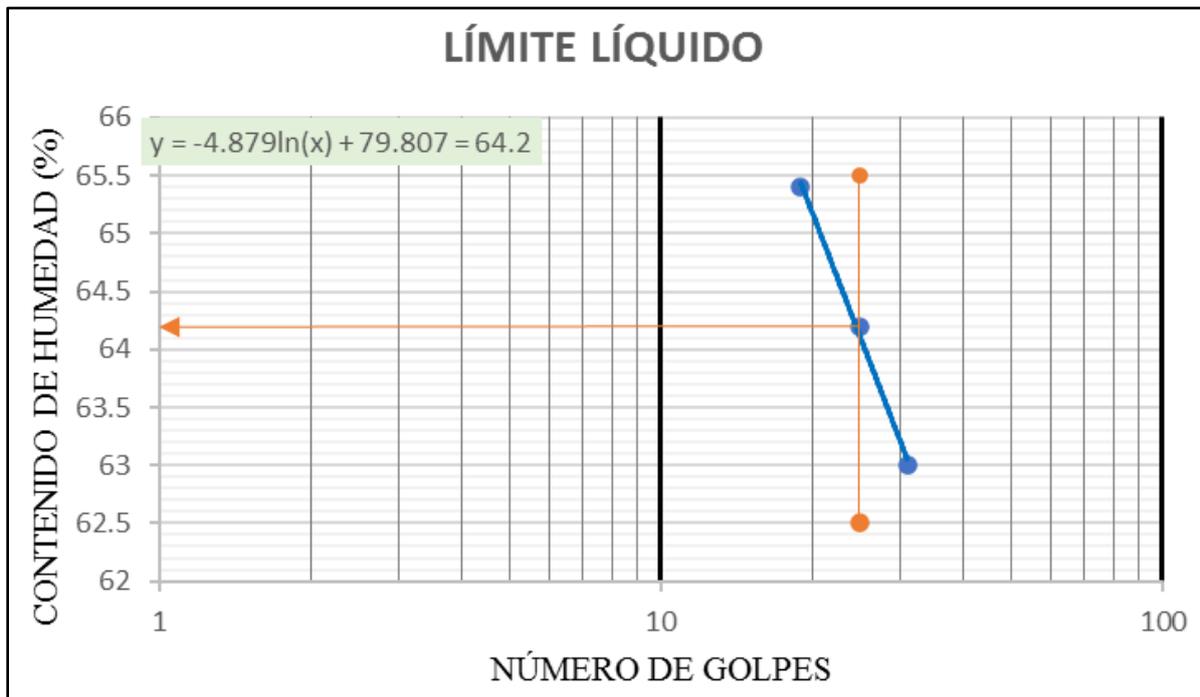
Determinación de los límites de consistencia (Atterberg) C-01, M-01



Nota. Datos obtenidos del laboratorio de mecánica de suelos. Fuente: laboratorio Hurteco (2022).

Figura 48

Determinación de límites de consistencia (Atterberg) C-02, M-01



Nota. Datos obtenidos del laboratorio de mecánica de suelos. Fuente: laboratorio Hurteco (2022).

Tabla 15

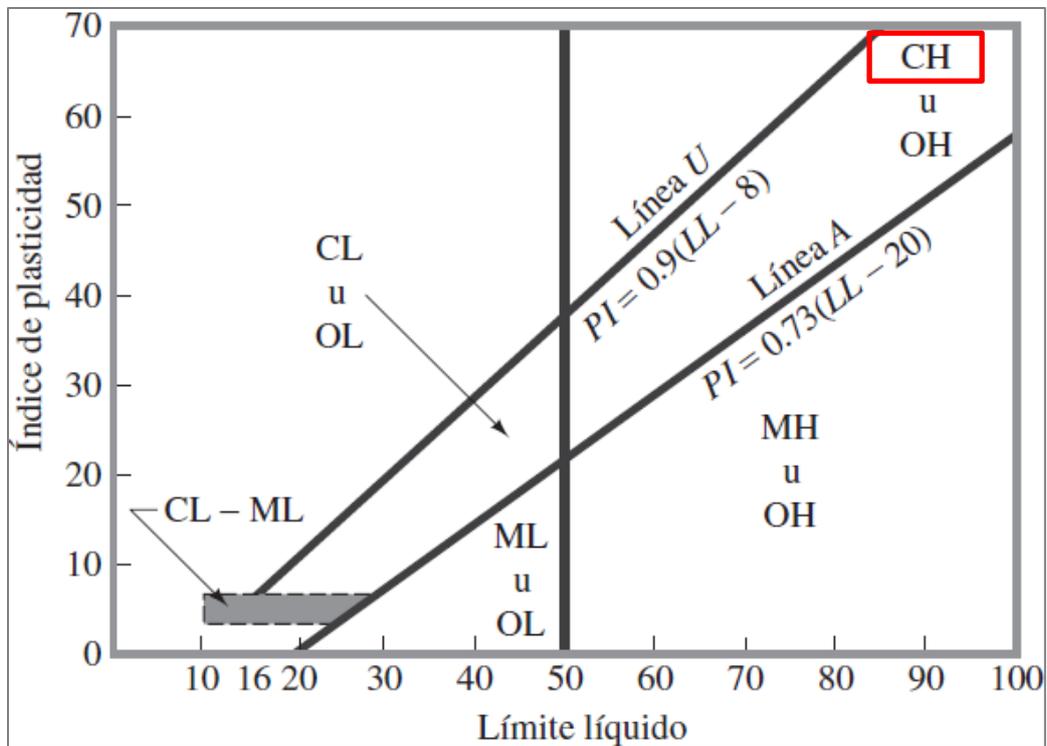
Humedad, límites de consistencia y clasificación del suelo.

ENSAYOS	C-01, M-01 (%)	C-02, M-01 (%)
Humedad natural (H.N)	22	27
Límite líquido (LL)	53	64
Límite plástico (LP)	19	31
Índice de plasticidad (I.P)	34	33
<i>ARCILLA INORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD</i>		
Clasificación SUCS (ASTM D2487)	CH	CH

Nota. Datos obtenidos del laboratorio de mecánica de suelos. Fuente: laboratorio Hurteco (2022).

Figura 49

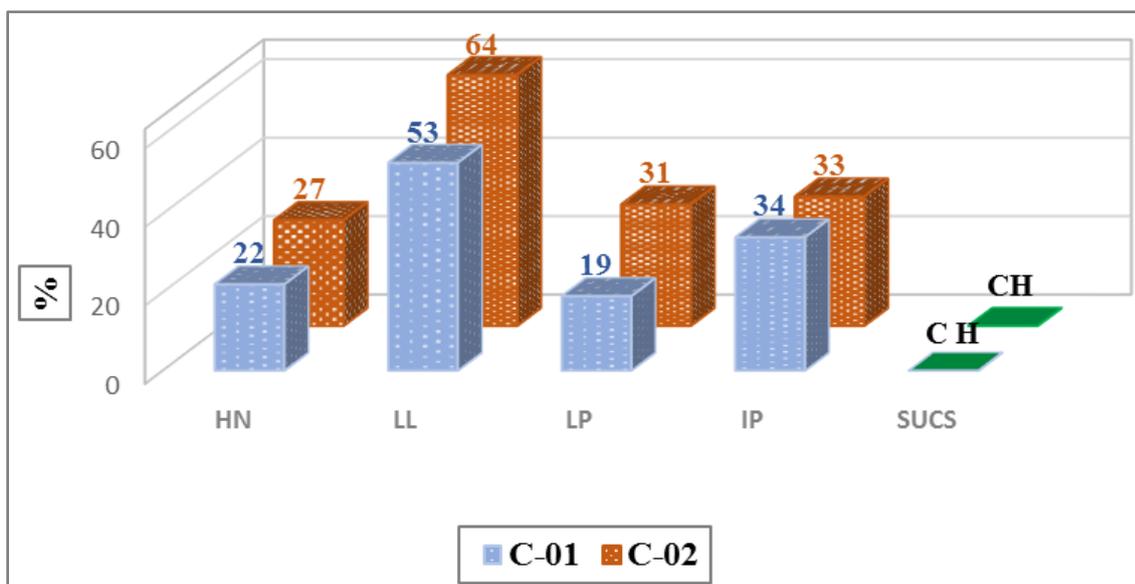
Carta de plasticidad para la clasificación de suelo fino



Nota. Carta de plasticidad para la clasificación de suelo fino-SUCS. Fuente: BRAJA M. DAS Fundamentos de ingeniería geotécnica, cuarta edición.

Figura 50

Balace de: HN, LL, LP y IP y clasificación de suelo



Realizado los ensayos para determinar los límites de consistencia, la muestra de suelo M-01, calicata C-01, presenta menor valor del límite líquido (LL) que la muestra M-01, calicata C-02, al presentar un límite líquido (LL), mayor a 50%, y un alto índice de plasticidad, esto indica que es un suelo fino (limo arcilla), significa que tiene un alto grado de expansión (hinchamiento) (tabla 15, figuras 47, 48, 49 y 50)

Tabla 16

Datos obtenidos del ensayo de corte directo (ASTM 3080), C-01, M-01

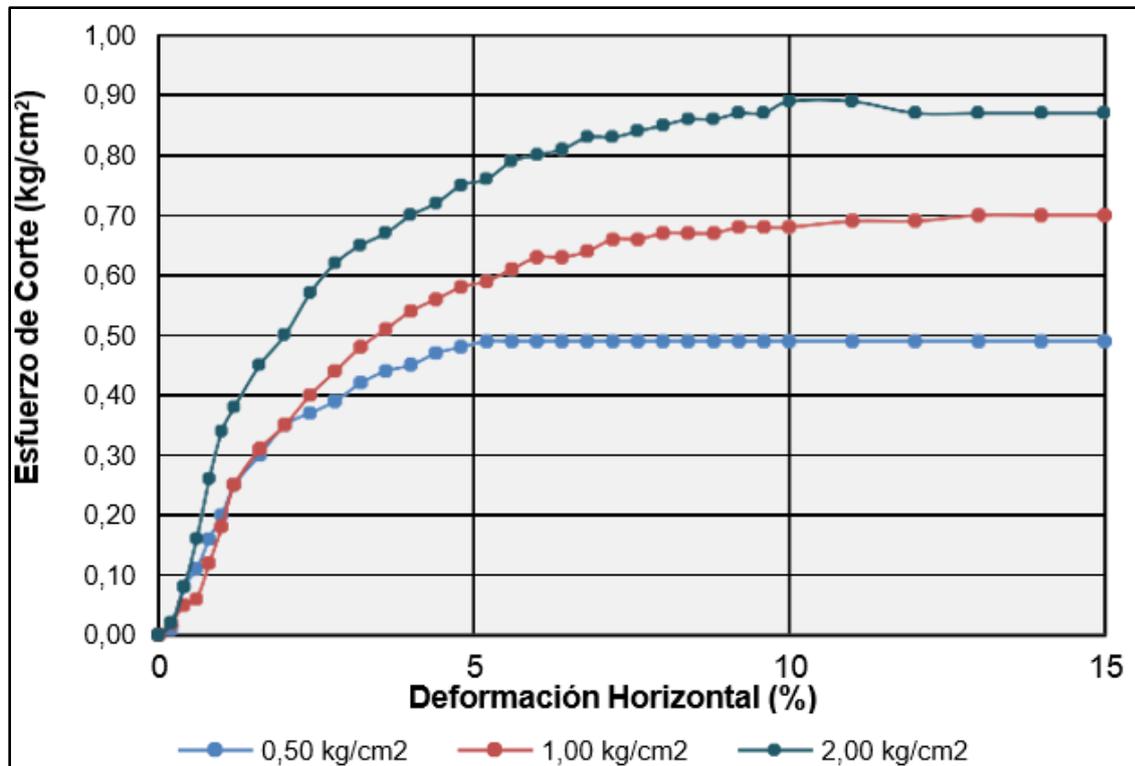
CONSOLIDACIÓN					
Espécimen No		ESP.-01	ESP.-02	ESP.-03	
Esfuerzo normal (kg cm ⁻²)		0.50	1.00	1.50	
Tiempo (t)		DEFORMACIÓN VERTICAL			
Minutos	Raíz de (t)	(mm)			
0,00	0,00	0,185	0,256	0,274	
0,07	0,26	0,581	0,812	0,834	
0,25	0,50	0,608	0,860	0,898	
0,57	0,75	0,621	0,891	0,937	
1,00	1,00	0,635	0,911	0,960	
1,57	1,25	0,639	0,924	0,977	
2,25	1,50	0,644	0,934	0,989	
3,07	1,75	0,656	0,943	1,000	
4,00	2,00	0,657	0,950	1,009	
6,25	2,50	0,659	0,961	1,025	
9,00	3,00	0,660	0,970	1,036	
16,00	4,00	0,671	0,982	1,055	
25,00	5,00	0,671	0,991	1,068	
36,00	6,00	0,671	0,997	1,077	
49,00	7,00	0,671	1,002	1,085	
64,00	8,00	0,672	1,006	1,091	
81,00	9,00	0,672	1,009	1,096	
100,00	10,00	0,672	1,011	1,100	
144,00	12,00	0,673	1,013	1,103	

CORTE					
Espécimen No		ESP.-01	ESP.-02	ESP.-03	
Esfuerzo normal (kg cm ⁻²)		0.50	1.00	1.50	
Deformación	Deformación	ESFUERZO DE CORTE			
(%)	(mm)	(kg/cm ²)			
0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	
0,2	0,10	0,01	0,02	0,02	
0,4	0,20	0,08	0,05	0,08	
0,6	0,31	0,11	0,06	0,16	
0,8	0,41	0,16	0,12	0,26	
1,0	0,51	0,20	0,18	0,34	
1,2	0,61	0,25	0,25	0,38	
1,6	0,82	0,30	0,31	0,45	
2,0	1,02	0,35	0,35	0,50	
2,4	1,22	0,37	0,40	0,57	
2,8	1,43	0,39	0,44	0,62	
3,2	1,63	0,42	0,48	0,65	
3,6	1,83	0,44	0,51	0,67	
4,0	2,04	0,45	0,54	0,70	
4,4	2,24	0,47	0,56	0,72	
4,8	2,45	0,48	0,58	0,75	
5,2	2,65	0,49	0,59	0,76	
5,6	2,85	0,49	0,61	0,79	
6,0	3,06	0,49	0,63	0,80	
6,4	3,26	0,49	0,63	0,81	
6,8	3,47	0,49	0,64	0,83	
7,2	3,67	0,49	0,66	0,83	
7,6	3,87	0,49	0,66	0,84	
8,0	4,08	0,49	0,67	0,85	
8,4	4,28	0,49	0,67	0,86	
8,8	4,48	0,49	0,67	0,86	
9,2	4,69	0,49	0,68	0,87	
9,6	4,89	0,49	0,68	0,87	
10,0	5,10	0,49	0,68	0,89	
11,0	5,61	0,49	0,69	0,89	
12,0	6,12	0,49	0,69	0,87	
13,0	6,62	0,49	0,70	0,87	
14,0	7,13	0,49	0,70	0,87	
15,0	7,64	0,49	0,70	0,87	

Nota. Datos obtenidos del laboratorio de mecánica de suelos. Fuente: laboratorio Hurteco (2022).

Figura 51

Obtención del esfuerzo de corte, C-01, M-01



Nota. Datos obtenidos del laboratorio de mecánica de suelos. Fuente: laboratorio Hurteco (2022).

Tabla 17

Esfuerzo de Corte (kg cm⁻²) C-01, M-01

Espécimen No	ESP-01	ESP-02	ESP-03
Esfuerzo normal (kg cm ⁻²)	0.50	1.00	1.50
Esfuerzo de corte (kg cm ⁻²)	0.49	0.70	0.89

Nota. Datos obtenidos del laboratorio de mecánica de suelos. Fuente: laboratorio Hurteco (2022).

Tabla 18*Datos obtenidos del ensayo de corte directo (ASTM 3080), C-02, M-01*

CONSOLIDACIÓN				
Espécimen No		ESP.-01	ESP.-02	ESP.-03
Esfuerzo normal (kg cm ⁻²)		0.50	1.00	1.50
Tiempo (t)		DEFORMACIÓN VERTICAL		
Minutos	Raíz de (t)	(mm)		
0,00	0,00	-0,258	-0,269	-0,326
0,07	0,26	0,722	0,896	1,145
0,25	0,50	0,747	0,980	1,215
0,57	0,75	0,767	1,038	1,262
1,00	1,00	0,775	1,070	1,293
1,57	1,25	0,777	1,090	1,319
2,25	1,50	0,785	1,108	1,338
3,07	1,75	0,789	1,122	1,354
4,00	2,00	0,793	1,137	1,366
6,25	2,50	0,801	1,151	1,383
9,00	3,00	0,806	1,165	1,394
16,00	4,00	0,809	1,189	1,418
25,00	5,00	0,809	1,201	1,431
36,00	6,00	0,809	1,209	1,441
49,00	7,00	0,810	1,215	1,450
64,00	8,00	0,810	1,220	1,457
81,00	9,00	0,811	1,224	1,463
100,00	10,00	0,811	1,227	1,468
144,00	12,00	0,812	1,230	1,471

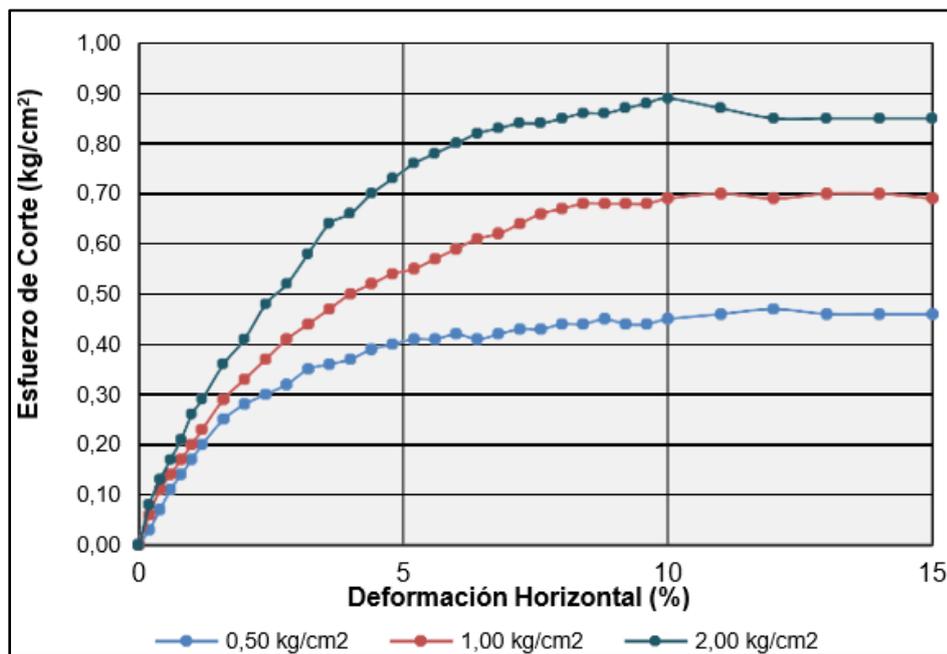
CORTE				
Espécimen No		ESP.-01	ESP.-02	ESP.-03
Esfuerzo normal (kg cm ⁻²)		0.50	1.00	1.50
Deformación	Deformación	ESFUERZO DE CORTE		
(%)	(mm)	(kg/cm2)		
0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
0,2	0,10	0,03	0,06	0,08
0,4	0,20	0,07	0,11	0,13
0,6	0,31	0,11	0,14	0,17
0,8	0,41	0,14	0,17	0,21
1,0	0,51	0,17	0,20	0,26
1,2	0,61	0,20	0,23	0,29
1,6	0,82	0,25	0,29	0,36
2,0	1,02	0,28	0,33	0,41
2,4	1,22	0,30	0,37	0,48
2,8	1,43	0,32	0,41	0,52
3,2	1,63	0,35	0,44	0,58

3,6	1,83	0,36	0,47	0,64
4,0	2,04	0,37	0,50	0,66
4,4	2,24	0,39	0,52	0,70
4,8	2,45	0,40	0,54	0,73
5,2	2,65	0,41	0,55	0,76
5,6	2,85	0,41	0,57	0,78
6,0	3,06	0,42	0,59	0,80
6,4	3,26	0,41	0,61	0,82
6,8	3,47	0,42	0,42	0,42
7,2	3,67	0,43	0,43	0,43
7,6	3,87	0,43	0,43	0,43
8,0	4,08	0,44	0,44	0,44
8,4	4,28	0,44	0,44	0,44
8,8	4,48	0,45	0,45	0,45
9,2	4,69	0,44	0,44	0,44
9,6	4,89	0,44	0,44	0,44
10,0	5,10	0,45	0,45	0,45
11,0	5,61	0,46	0,46	0,46
12,0	6,12	0,47	0,47	0,47
13,0	6,62	0,46	0,46	0,46
14,0	7,13	0,46	0,46	0,46
15,0	7,64	0,46	0,46	0,46

Nota. Datos obtenidos del laboratorio de mecánica de suelos. Fuente: laboratorio Hurteco (2022).

Figura 52

Obtención del esfuerzo de corte, C-02, M-01



Nota. Datos obtenidos del laboratorio de mecánica de suelos. Fuente: laboratorio Hurteco (2022).

Tabla 19

Esfuerzo de corte (Kg cm⁻²) C-02, M-01

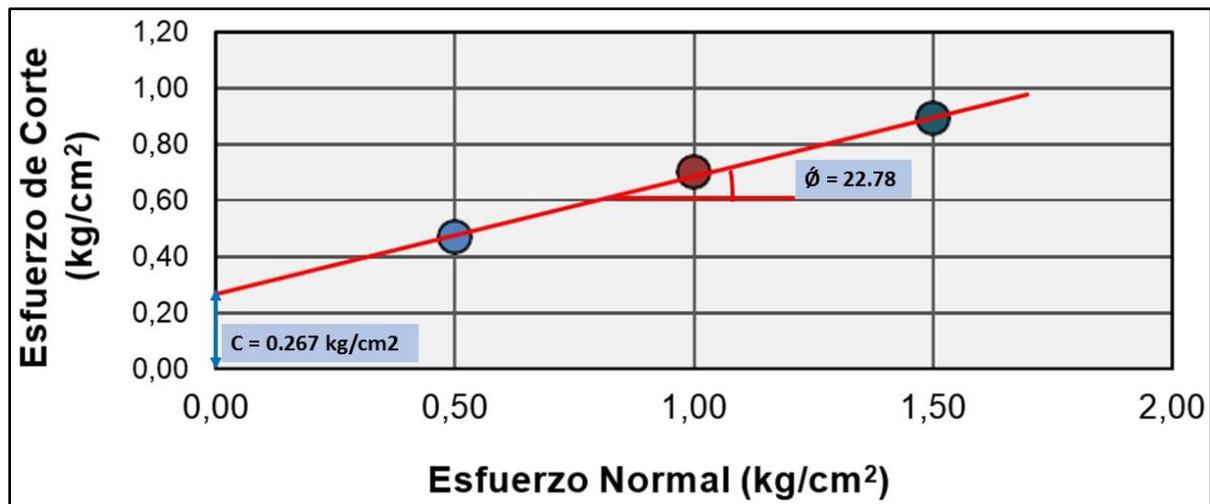
Espécimen No	ESP-01	ESP-02	ESP-03
Esfuerzo Normal (kg cm ⁻²)	0.50	1.00	1.50
Esfuerzo de Corte (kg cm ⁻²)	0.47	0.70	0.89

Nota. Datos obtenidos del laboratorio de mecánica de suelos. Fuente: laboratorio Hurteco (2022).

Los resultados obtenidos después de realizar los ensayos en las dos muestras de suelo, se observa similitud en el esfuerzo de corte en los especímenes ESP-02 y ESP-03, teniendo una ligera variación en el ESP-01 (tabla 19 y 20, figuras 51 y 52)

Figura 53

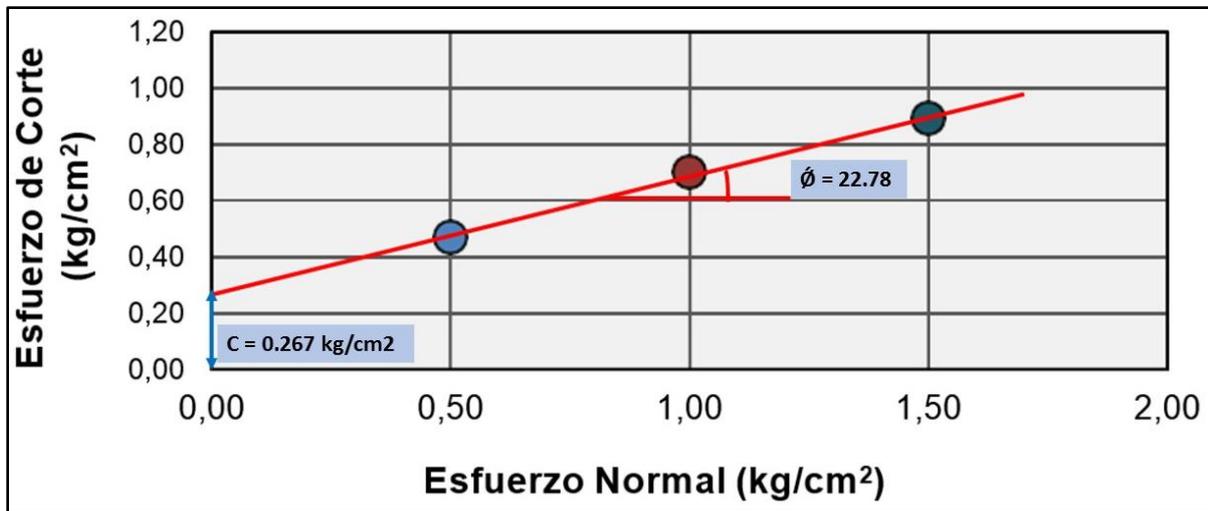
Cohesión(C) y ángulo de fricción interna (Ø), C-01, M-01



Nota. Datos obtenidos del laboratorio de mecánica de suelos. Fuente: laboratorio Hurteco (2022).

Figura 54

Cohesión(C) y ángulo de fricción interna (ϕ), C-02, M-01



Nota. Datos obtenidos del laboratorio de mecánica de suelos. Fuente: laboratorio Hurteco (2022).

Tabla 20

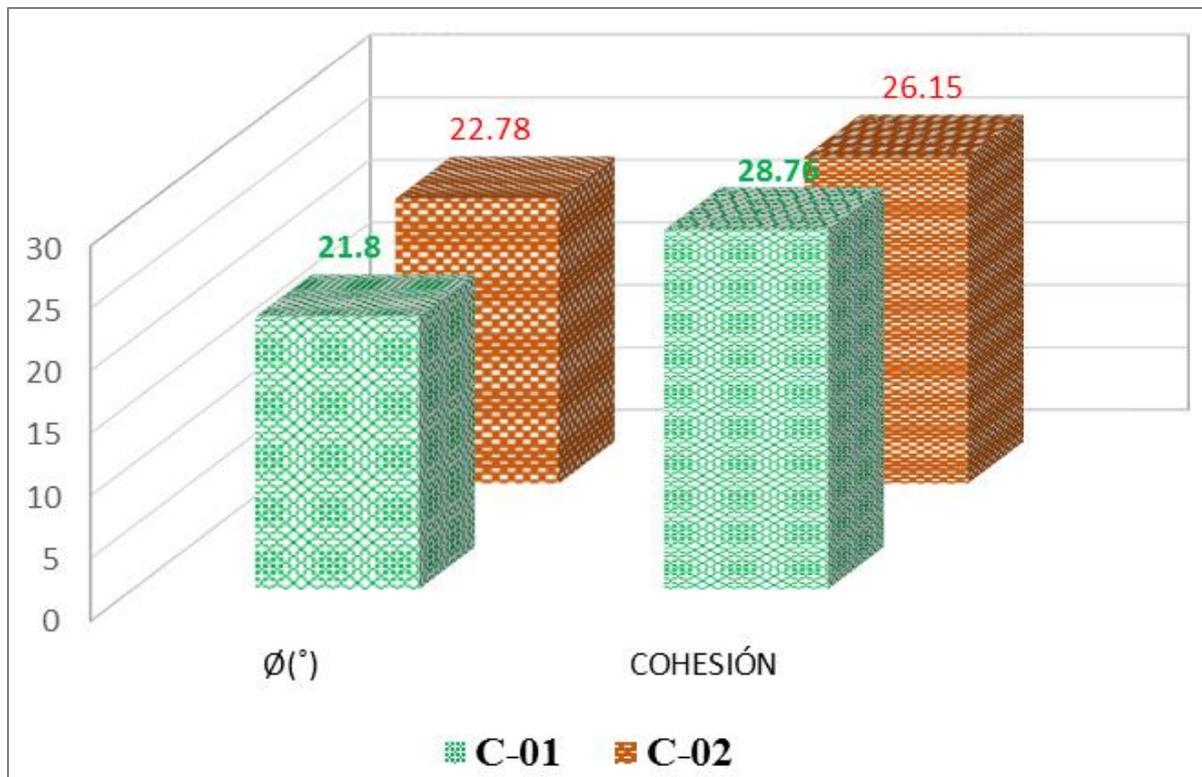
PG obtenidos del corte directo en la: C-01, M-01, C-02, M-01

Parámetros Geotécnicos	C-01, M-01	C-02, M-01
Angulo de fricción interno ϕ (°)	21.80	22.78
Cohesión C (kg cm ⁻²)	0.293	0.267
Cohesión C (kn cm ⁻²)	28.76	26.15

Nota. Datos obtenidos del laboratorio de mecánica de suelos. Fuente: laboratorio Hurteco (2022).

Figura 55

Balace de los parámetros geotécnicos en la: C-01, M-01, C-02, M-01



La muestra M-01 de la C-02, presenta mayor ángulo de fricción interna y menor valor en la cohesión, esto significa que se tiene un suelo más friccionante que cohesivo, mientras que la M-01, en la C-01 es más cohesiva que friccionante, significa que hay mayor atracción entre partículas originada por las fuerzas moleculares y las películas de agua (tabla 20, figuras, 53, 54 y 55)

A continuación se modela los resultados para determinar el factor de seguridad con los métodos geotécnicos de Bishop Simplificado, Fellenius Ordinario y Janbú Simplificado aplicando el software Slide

4.1. Factor de seguridad usando el método de Bishop Simplificado

Figura 56

FS con el método de Bishop Simplificado (C-01, M-01); (C-02, M-01)

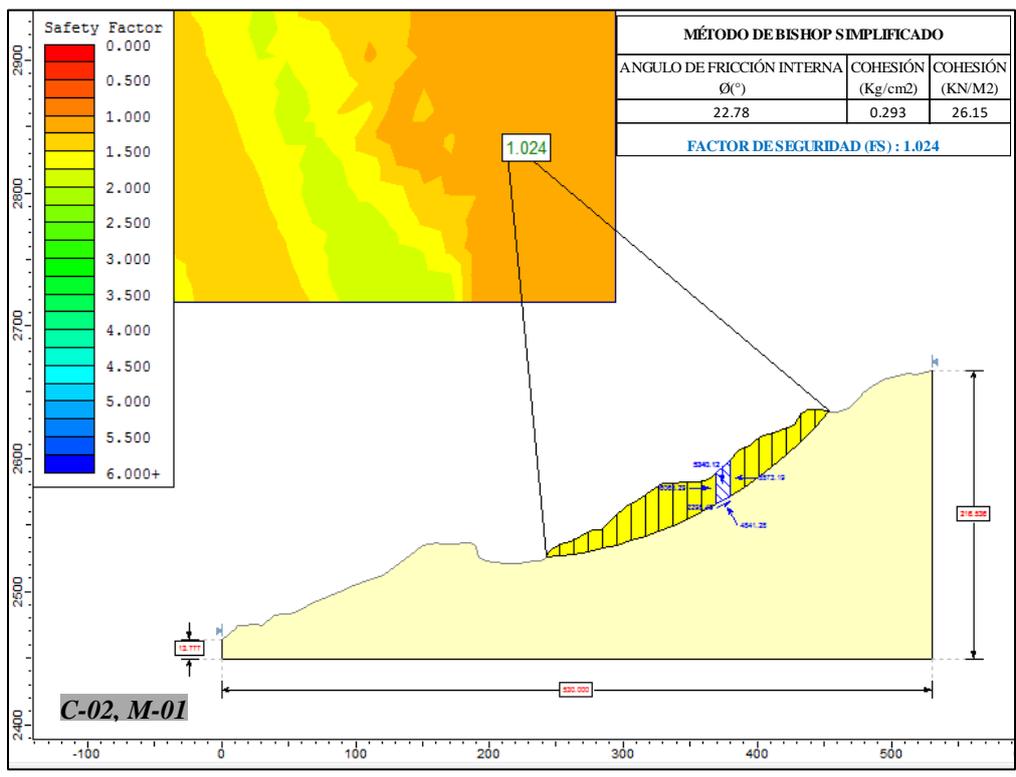
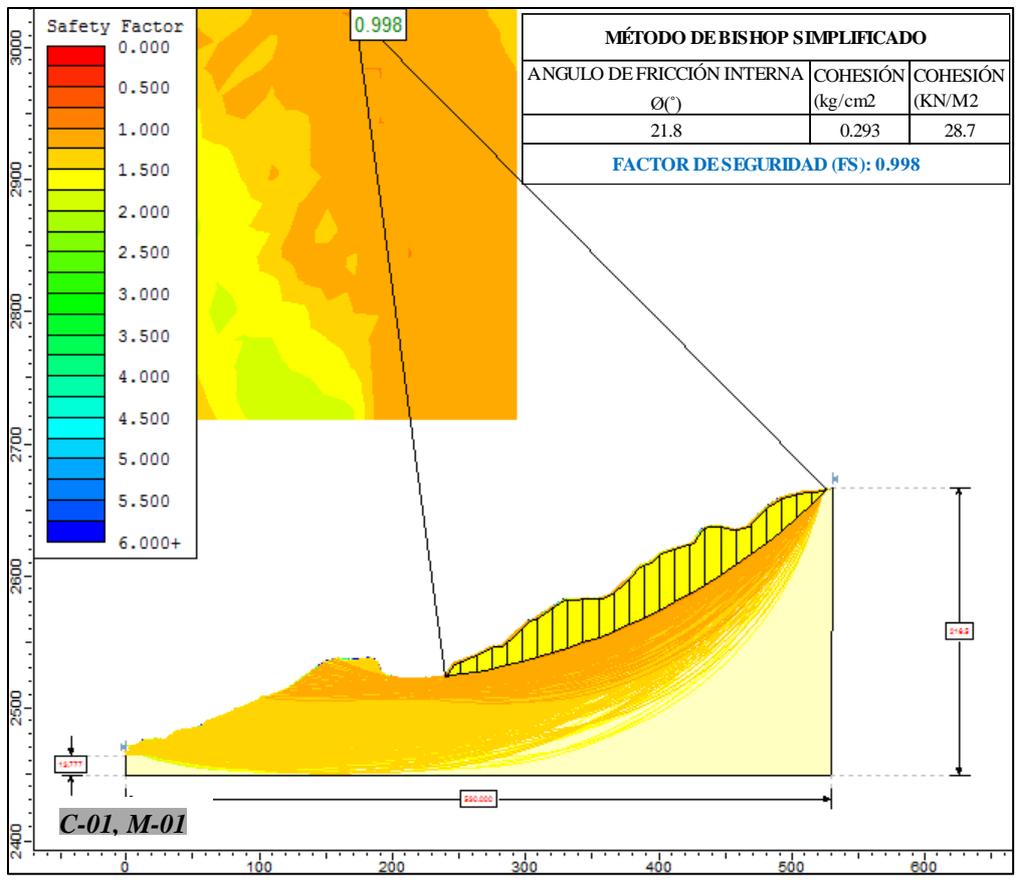
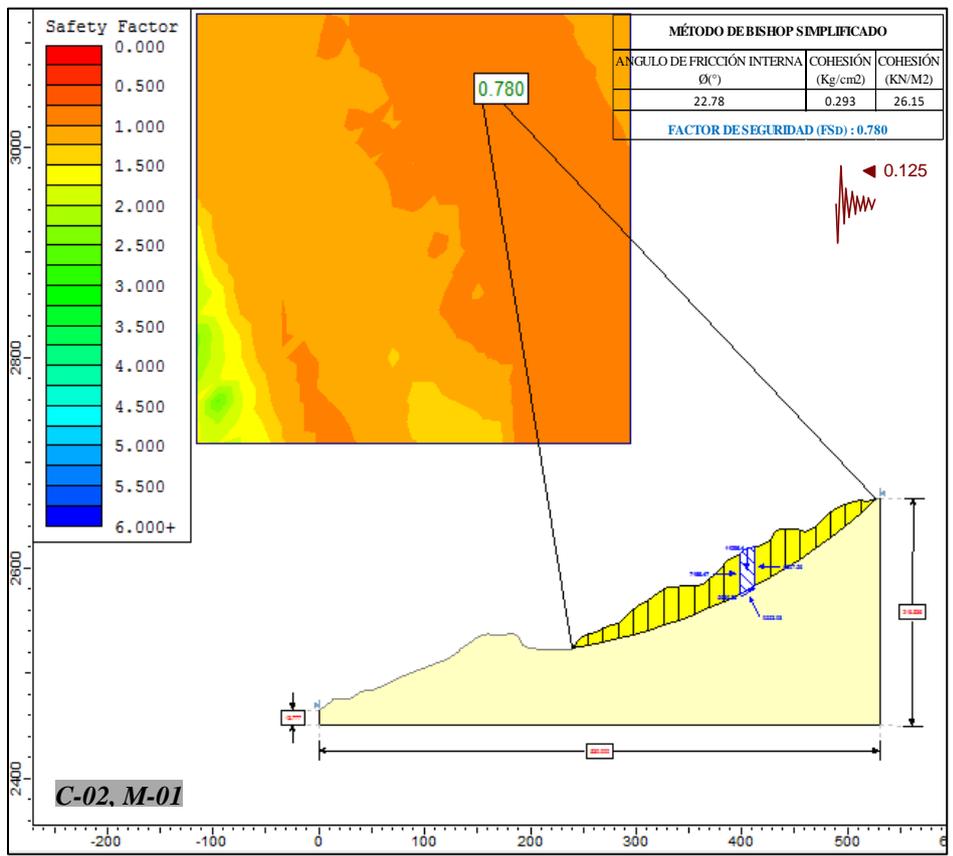
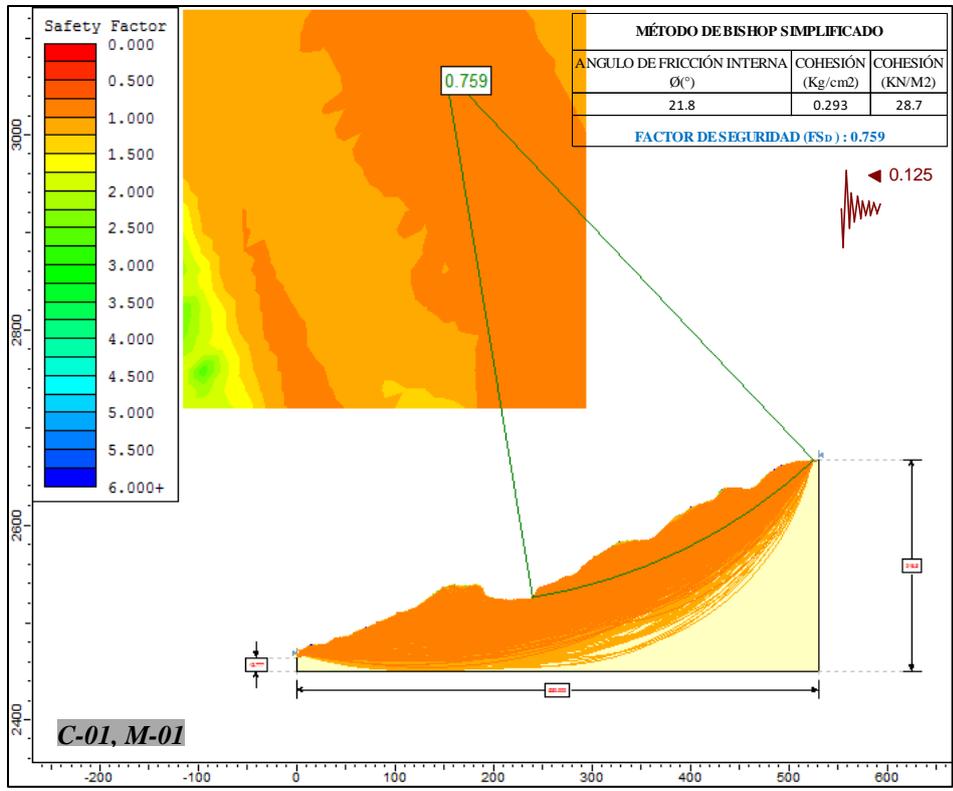


Figura 57

FSD con el método de Bishop Simplificado (C-01, M-01); (C-02, M-01)



El Factor de Seguridad con el modelo de **Bishop Simplificado** para las dos muestras realizadas, están por debajo del valor mínimo de 1.5 para estabilidad de taludes, Norma CE.020 (2012), porque presenta un suelo con porcentaje predominante de arcilla según la determinación granulométrica (tablas 12 y 13)

Calicata	Muestra	FACTOR DE SEGURIDAD (FS)		
		Bishop Simplificado	Fellenius Ordinario	Janbú Simplificado
C-01	M-01	0.998	0.960	0.954
C-02	M-01	1.316	1.279	1.273

Calicata	Muestra	FACTOR DE SEGURIDAD (FS _D)		
		Bishop Simplificado	Fellenius Ordinario	Janbú Simplificado
C-01	M-01	0.759	0.735	0.730
C-02	M-01	0.780	0.755	0.750

Según **Sanhueza y Rodríguez (2013)** en su trabajo de investigación científica titulado: "Análisis comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales", publicada en su revista de la construcción vol.12 No.1, en Santiago de Chile.

Los resultados obtenidos en el caso estático y pseudo estático (GEO - SLOPE, 2007) son los siguientes.

Modelo	FS _E	FS _D (Valparaíso 1985)	FS _D (Maule 2010)
Fellenius	2.695	1.657	1.700
Bishop	2.949	1.684	1.718
Jambu	2.622	1.528	1.572

Se observa que hay una diferencia y estos están por sobre el valor mínimo establecido en la norma, significa que hay diferencia en sus propiedades físicas y químicas de los suelos.

4.2. Factor de seguridad usando el método de Fellenius Ordinario

Figura 58

FS con el método de Fellenius Ordinario (C-01, M-01); (C-02, M-01)

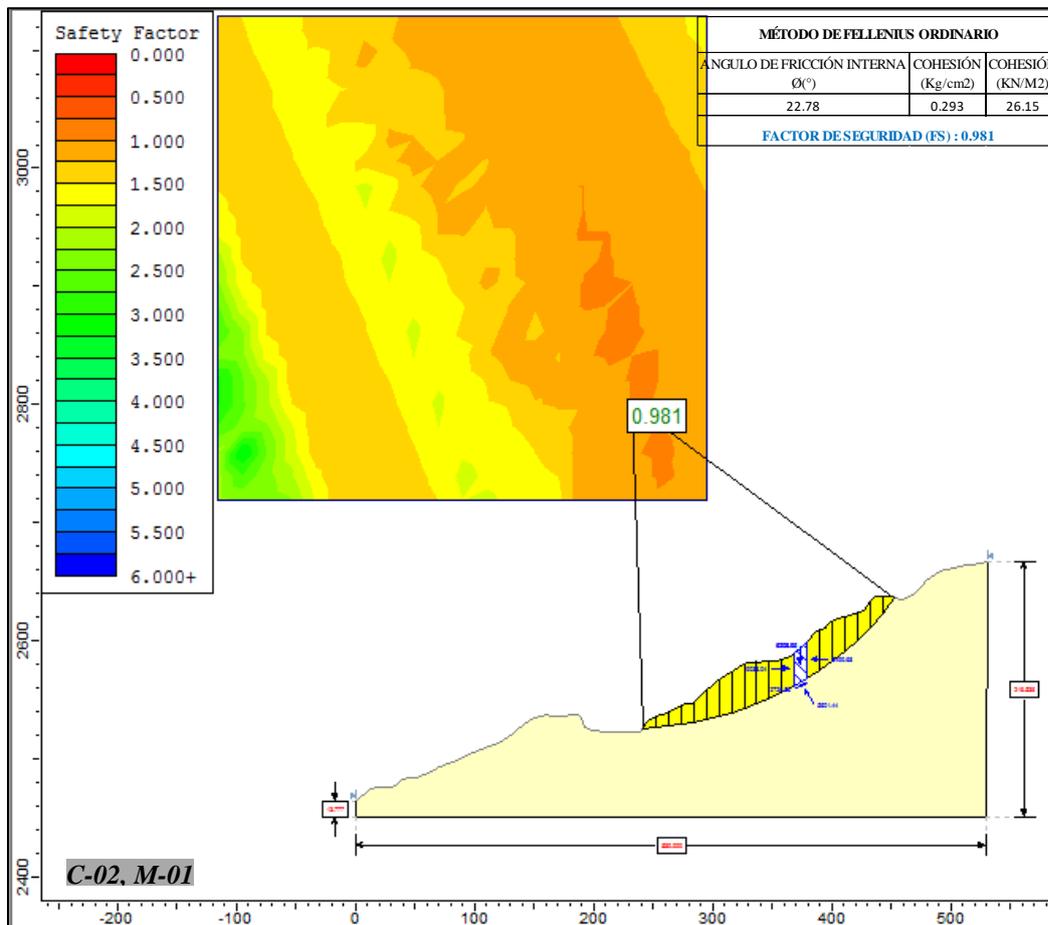
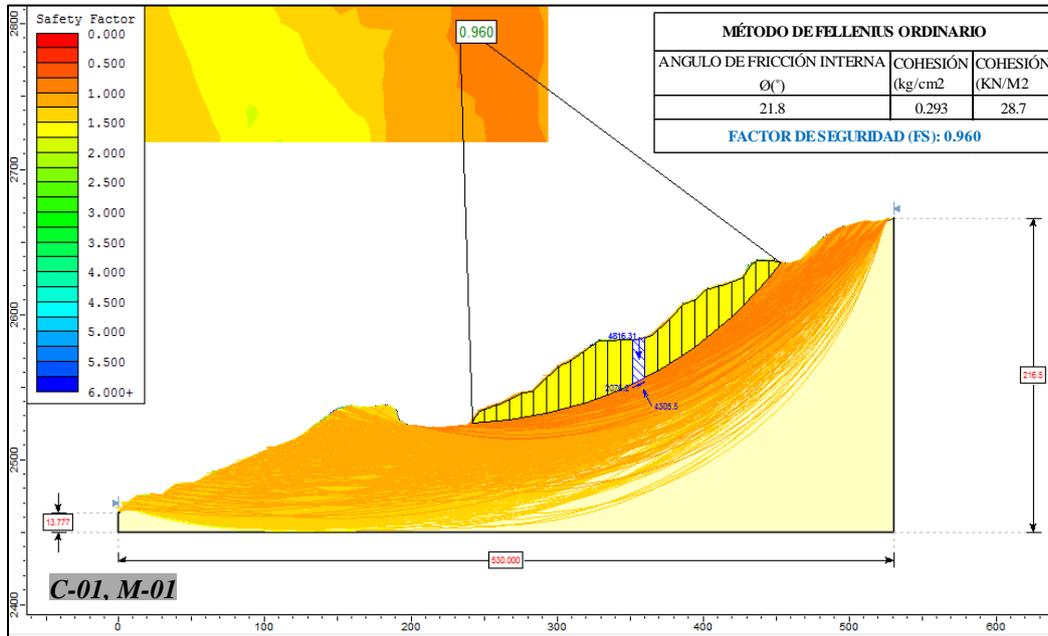
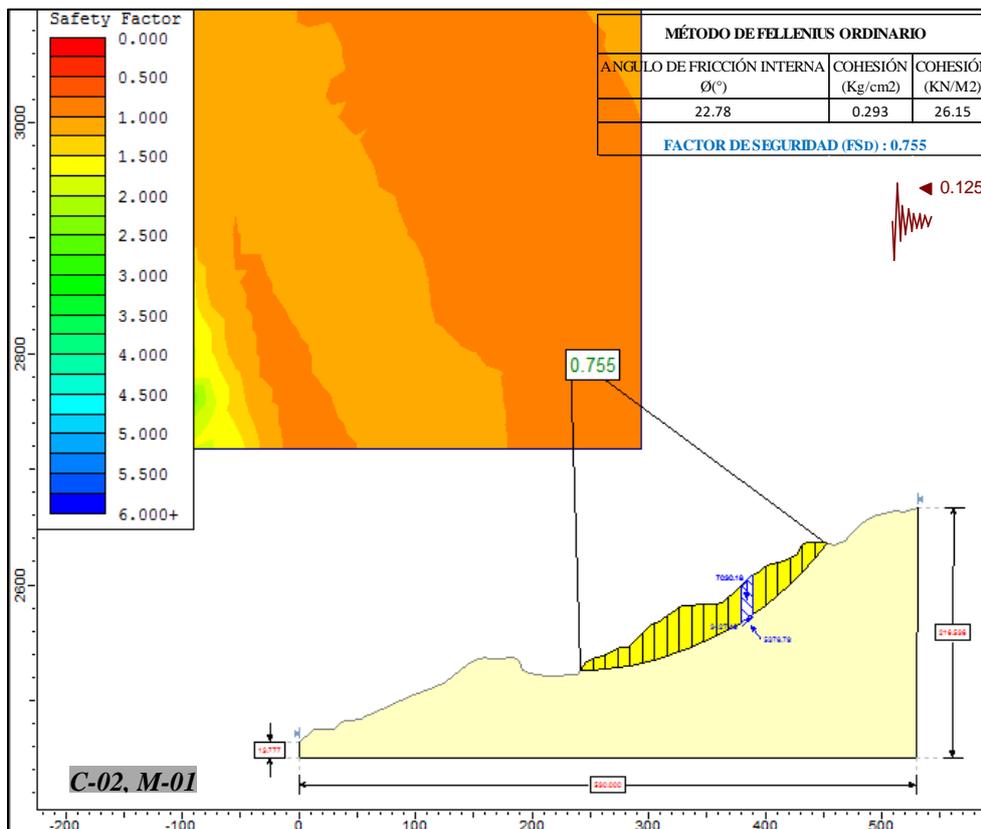
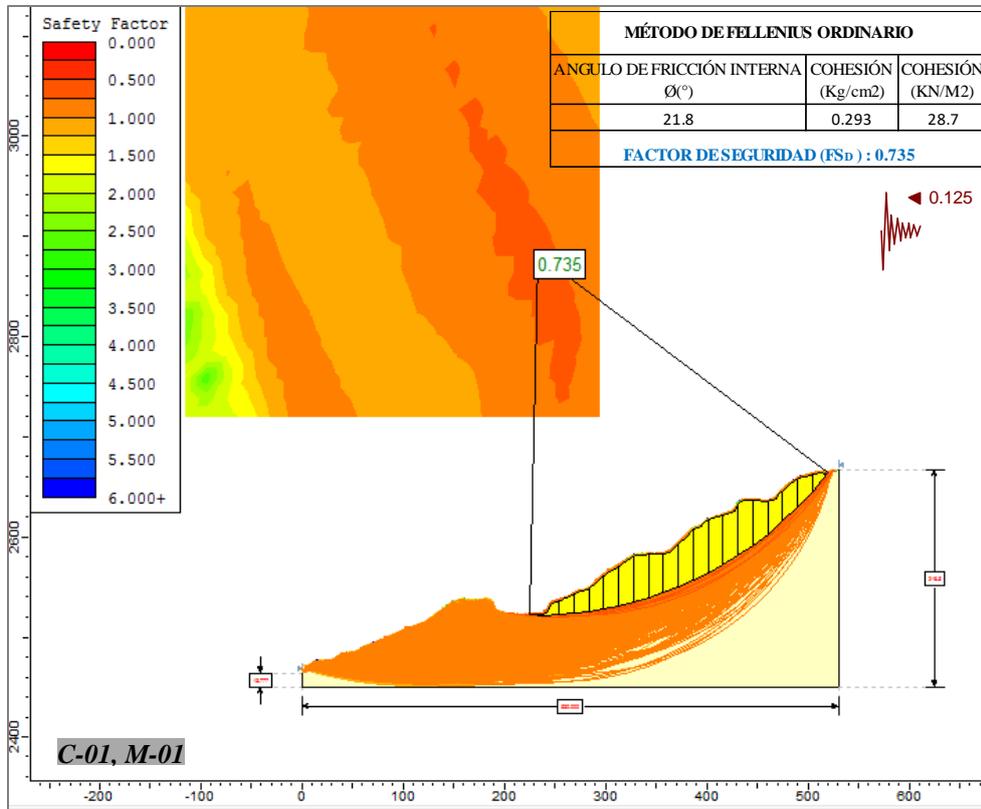


Figura 59

FSD con el método de Fellenius Ordinario (C-01, M-01); (C-02, M-01)



El Factor de Seguridad con el modelo de **Fellenius Ordinario** para las dos muestras realizadas, están por del bajo del valor mínimo de 1.5 para estabilidad de taludes, según la Norma CE.020 (2012), porque presenta un suelo con porcentaje predominante de arcilla según la determinación granulométrica (tablas 14 y 15)

Calicata	Muestra	FACTOR DE SEGURIDAD (FS)		
		Bishop Simplificado	Fellenius Ordinario	Janbu Simplificado
C-01	M-01	0.998	0.960	0.954
C-02	M-01	1.316	1.279	1.273

Calicata	Muestra	FACTOR DE SEGURIDAD (FS _D)		
		Bishop Simplificado	Fellenius Ordinario	Janbu Simplificado
C-01	M-01	0.759	0.735	0.730
C-02	M-01	0.780	0.755	0.750

Según **Sanhueza y Rodríguez (2013)** en su trabajo de investigación científica titulado: "Análisis comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales", publicada en su revista de la construcción vol.12 No.1, en Santiago de Chile. Los resultados obtenidos en el caso estático y pseudo estático (GEO - SLOPE, 2007) son los siguientes

Modelo	FS _E	FS _D (Valparaíso 1985)	FS _D (Maule 2010)
Fellenius	2.695	1.657	1.700
Bishop	2.949	1.684	1.718
Jambu	2.622	1.528	1.572

Se observa que hay una diferencia de los factores de seguridad, y estos están por sobre el valor mínimo establecido en la norma, significa que hay más porcentaje de suelo grueso esto hace variar en sus propiedades físicas y químicas de los suelos.

4.3. Factor de seguridad usando el método de Jambú Simplificado

Figura 60

FS con el método de Jambú Simplificado (C-01, M-01); (C-02, M-01)

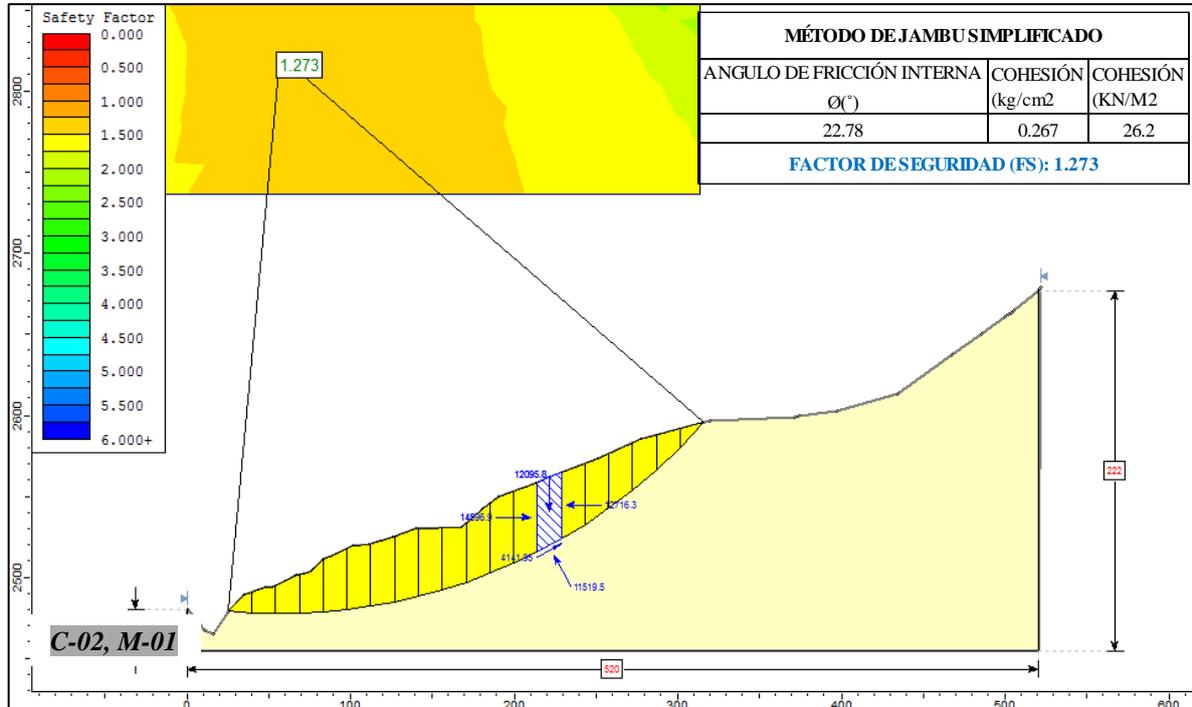
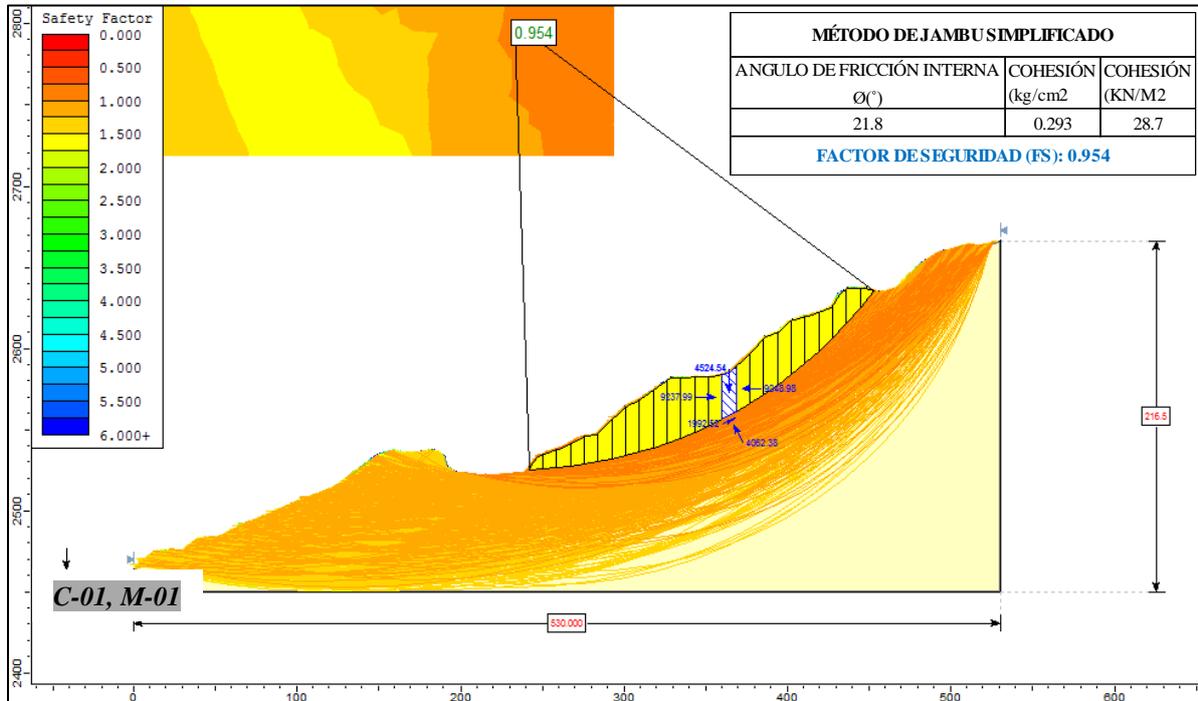
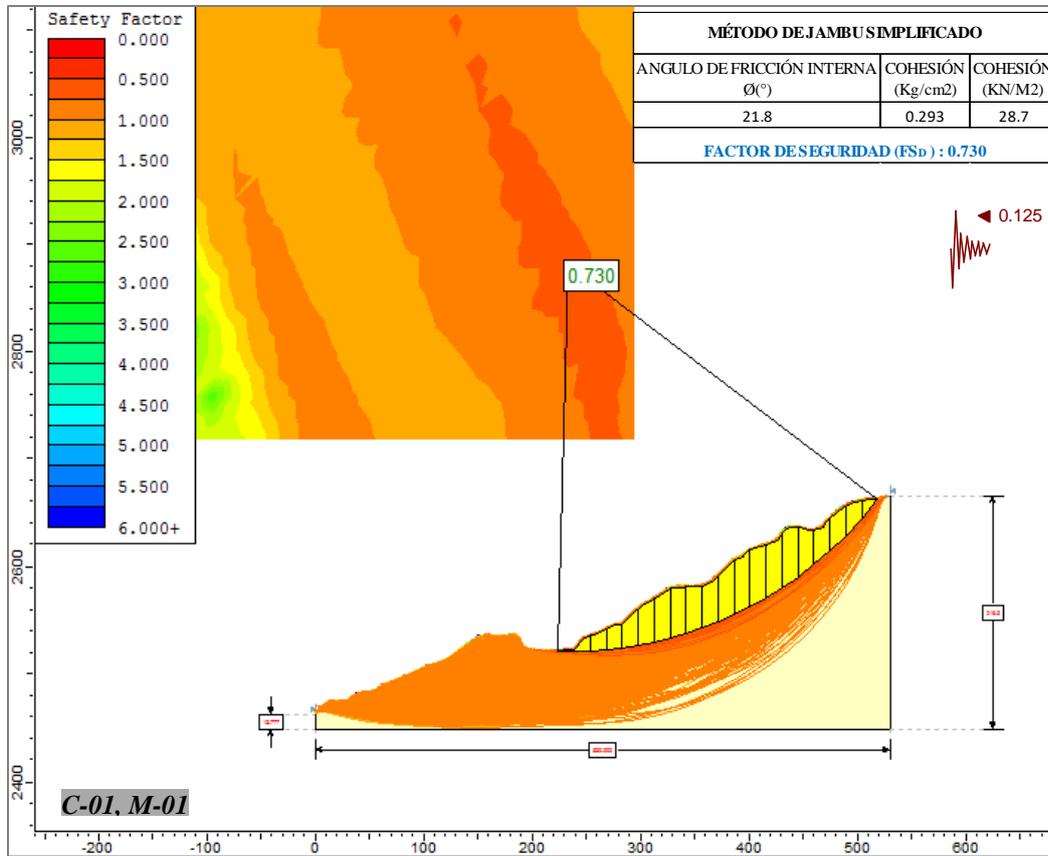
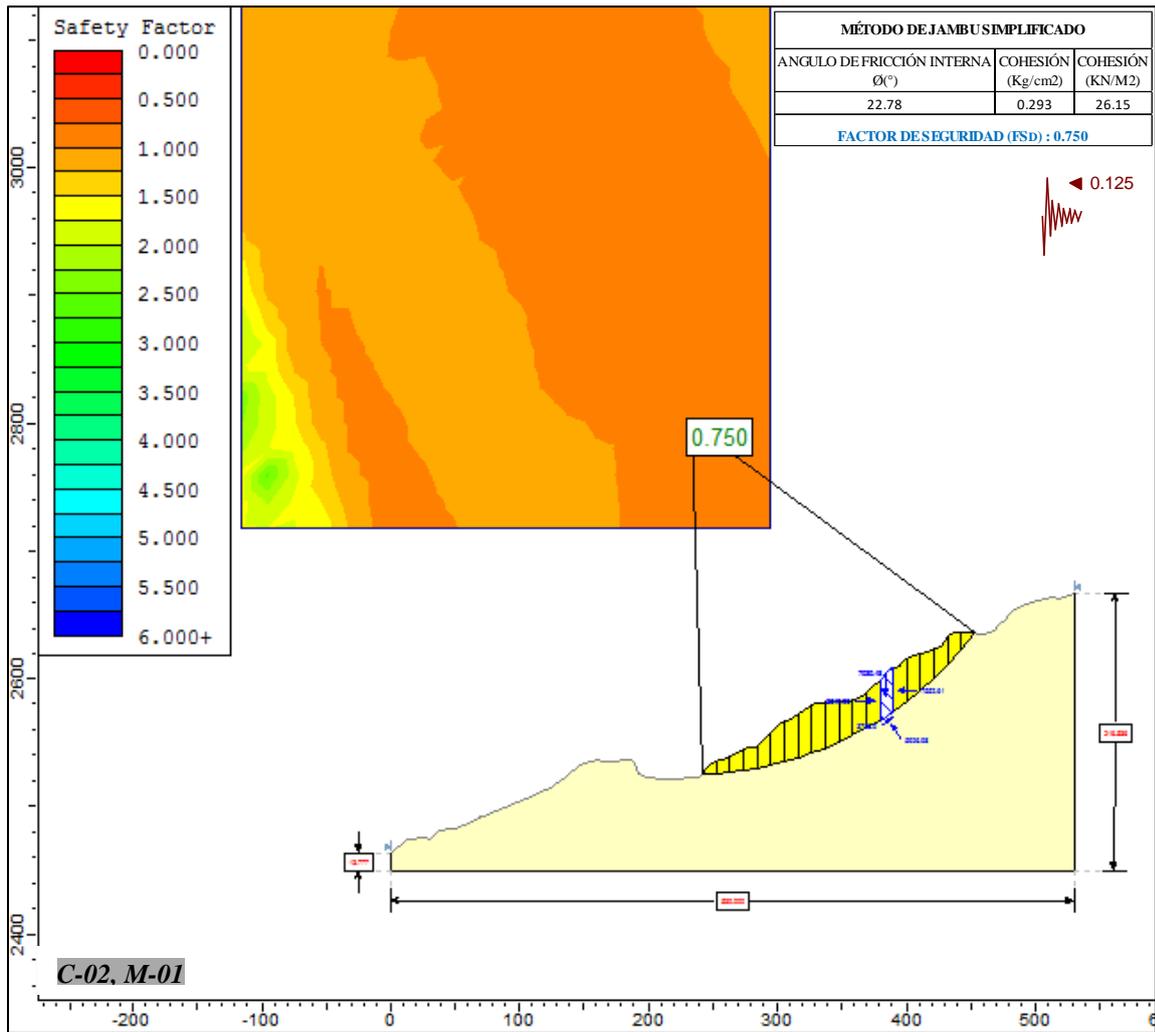


Figura 61

FS con el método de Jambú Simplificado (C-01, M-01); (C-02, M-01)





El Factor de Seguridad con el modelo de **Janbú Simplificado** para las dos muestras realizadas, están por del bajo del valor mínimo de 1.5 para estabilidad de taludes, según la Norma CE.020 (2012), porque presenta un suelo con porcentaje predominante de arcilla según la determinación granulométrica (tablas 14 y 15)

Calicata	Muestra	FACTOR DE SEGURIDAD (FS)		
		Bishop Simplificado	Fellenius Ordinario	Janbú Simplificado
C-01	M-01	0.998	0.960	0.954
C-02	M-01	1.316	1.279	1.273

Calicata	Muestra	FACTOR DE SEGURIDAD (FS _D)		
		Bishop Simplificado	Fellenius Ordinario	Janbú Simplificado
C-01	M-01	0.759	0.735	0.730
C-02	M-01	0.780	0.755	0.750

Según **Sanhueza y Rodríguez (2013)** en su trabajo de investigación científica titulado: “Análisis comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales”, publicada en su revista de la construcción vol.12 No.1, en Santiago de Chile. Los resultados obtenidos en el caso estático (GEO - SLOPE, 2007) son los siguientes

Modelo	FSE	FSD (Valparaíso 1985)	FSD (Maule 2010)
Fellenius	2.695	1.657	1.700
Bishop	2.949	1.684	1.718
Jambu	2.622	1.528	1.572

Se observa que hay una diferencia de los factores de seguridad, y estos están por sobre el valor mínimo establecido en la norma, significa que hay más porcentaje de suelo grueso esto hace variar en sus propiedades físicas y químicas de los suelos.

Figura 62

Balance de los factores de seguridad (FS) con los métodos geotécnicos

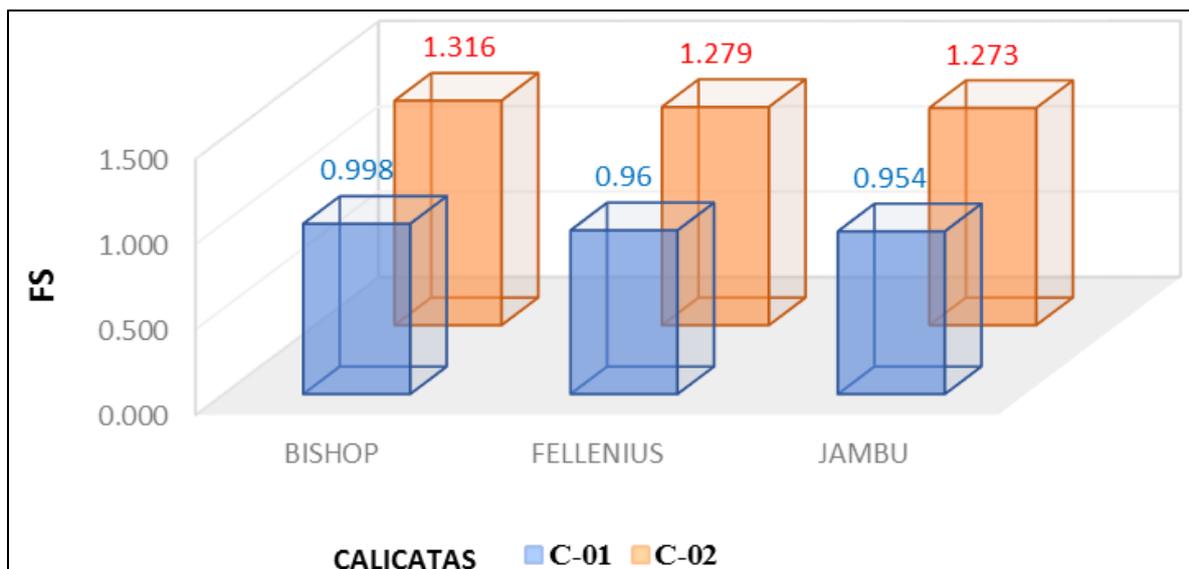


Figura 63

Balance de los factores de seguridad (FSD) con los métodos geotécnicos

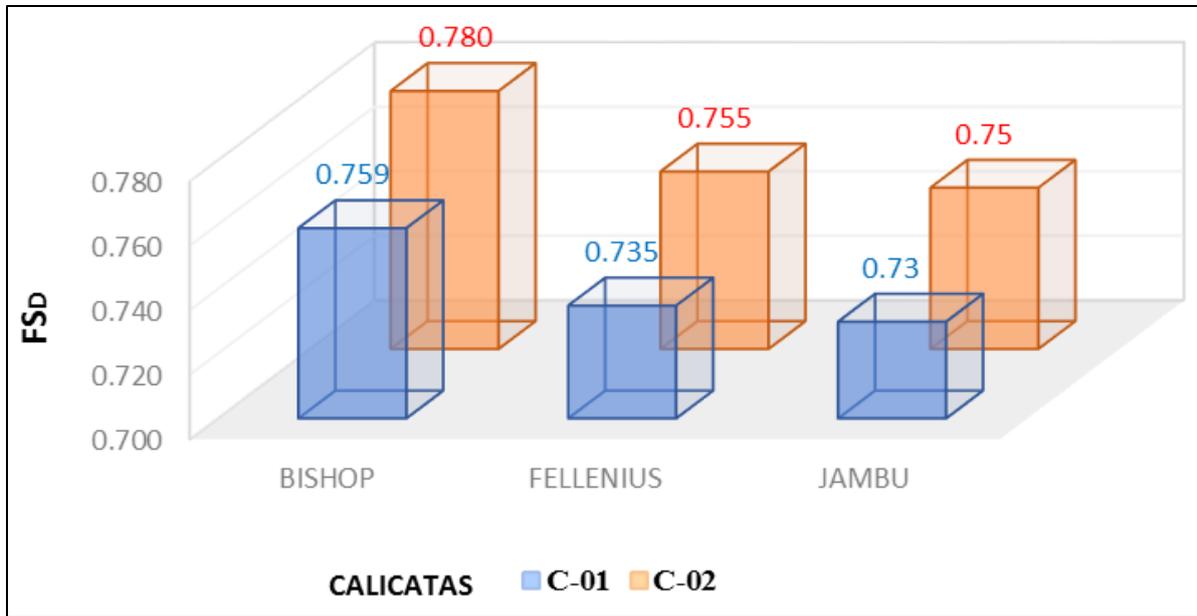
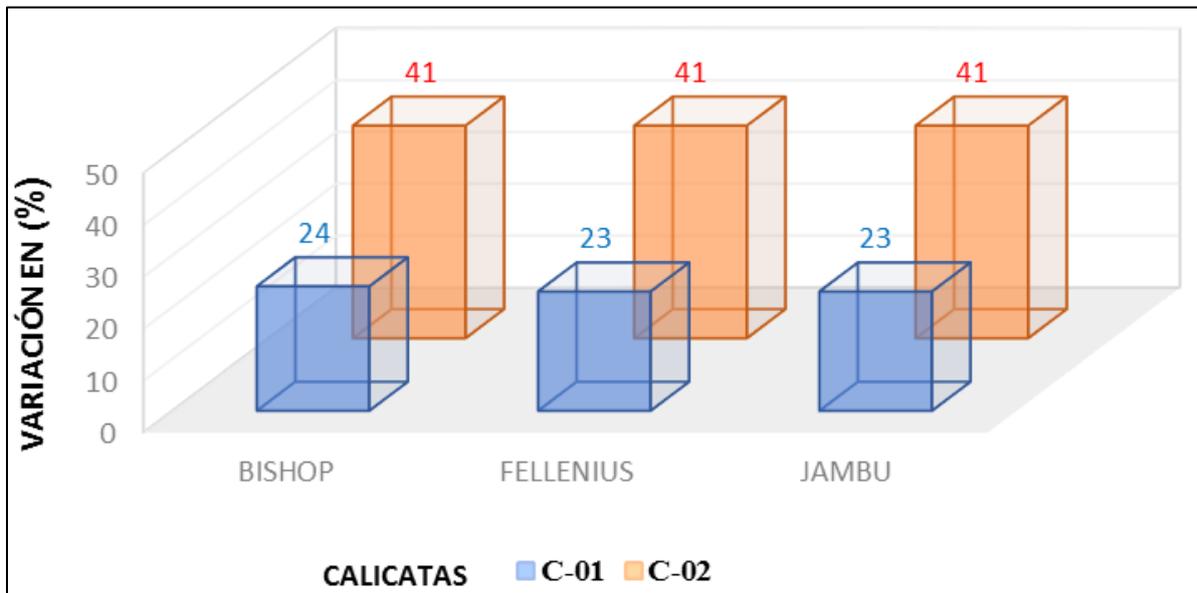


Figura 64

Porcentaje de variación de (FS) y (FSD) con los métodos geotécnicos



El balance de los tres factores de seguridad muestra una variación de los valores con los “métodos de las dovelas o cortes” el cual incluye las metodologías de estos métodos, el método más conservador resulta ser el propuesto por Janbú Simplificado (tiene en cuenta las cargas en la corona del talud, presenta un tipo de superficie circular, obliga a que se cumpla el equilibrio de fuerzas horizontales, tiene en cuenta las grietas de tensión en caso de presentarse, y también el nivel freático), a diferencias de Bishop Simplificado (no tiene en cuenta la variación de fuerzas horizontales entre rebanadas, obtención de datos del talud por medio de dovelas, trabaja el equilibrio en momentos)

CAPÍTULO V CONCLUSIONES

El contenido de humedad del suelo en las dos muestras (C-01, M-01 = 22%; C-02, M-01 = 27%;), la muestra C-01, M-01 tiene menor contenido de humedad, en tanto que la C-02, M-01, tiene mayor valor, significa que es un suelo poroso.

El ensayo granulométrico de las dos muestras, la muestra C-01, M-01 tiene: grava 0.4%, arena 6.3%, limo y arcilla 93.3%, la muestra C-02, M-01 tiene: grava 1%, arena 7.6%, limo y arcilla 91.4%, el cual tenemos un suelo que predomina la fracción fina limo y arcilla, con menor contenido de arena y grava en las dos muestras de suelo.

Los límites de consistencia de las dos muestras, C-01, M-01, LL = 53%, LP = 19% y C-02, M-01, LL = 64%, LP= 31%, con un índice de plasticidad de M-01, C-01: 34% y M-01, C-02: 33%, siendo el índice de plasticidad mayor la M-01, C-01.

La clasificación SUCS (ASTM D2487) como una arcilla inorgánica de alta plasticidad (CH) en las dos calicatas y en las dos muestras del suelo.

En el ensayo de corte directo la M-01, C-01 tiene mayor cohesión y menor ángulo de fricción interna $\phi = 22.78^\circ$; $C = 0.267 \text{ kgcm}^{-2}$, mientras que la M-01 de la C-02, tiene $\phi = 21,80^\circ$; y $C = 0.293 \text{ kgcm}^{-2}$, este resultado indica que el suelo tiene mayor contenido de fino (arcilla-limo).

Se determinaron los factores de seguridad con los siguientes métodos geotécnicos:

Bishop Simplificado planteado mediante el software Slide es: FS = (0.998, M-01, C-01) y FS = (1.316, M-01, C-02).

Fellenius Ordinario planteado mediante el software Slide es: FS = (0.960, M-01, C-01) y FS = (1.279, M-01, C-02).

Jambú Simplificado planteado mediante el software Slide es: $FS = (0.954, M-01, C-01)$ y $FS = (1.273, M-01, C-02)$.

Bishop Simplificado mediante el software Slide es: $FS_D = (0.759, M-01, C-01)$ y $FS_D = (0.780, M-01, C-02)$.

Fellenius Ordinario planteado mediante el software Slide es: $FS_D = (0.735, M-01, C-01)$ y $FS_D = (0.755, M-01, C-02)$.

Jambú Simplificado mediante el software Slide es: $FS_D = (0.730, M-01, C-01)$ y $FS_D = (0.750, M-01, C-02)$.

Al comparar los (FS/FS_D) con los tres métodos geotécnicos mediante el software Slide, hay una variación considerable en la C-01, $M-01 = 21\%$ y en la C-02, $M-01 = 41\%$. El método geotécnico de Bishop Simplificado proporciona los mayores valores de FS/FS_D en las dos muestras de suelo, y el método Jambú Simplificado arroja el menor valor considerándose el más conservador.

Los factores condicionantes en la inestabilidad de las laderas en el sector Las Lagunas son las características litológicas, la presencia del nivel freático expresado en manantiales y zonas pantanosas, así mismo la topografía en algunas zonas.

Se recomienda a la sociedad civil e instituciones involucradas a planificar la ejecución de trabajos geotécnicos e hidrológicos superficiales y subterráneos para determinar zonas de riesgo geológico, de igual manera realizar prospección geofísica, con la finalidad de determinar de áreas vulnerables a deslizamientos de tierra, tanto locales y nacionales, con métodos geotécnicos y geofísicos, especialmente el método de Jambú por ser el más conservador de acuerdo a los resultados del FS, y de esta manera evitar y/o mitigar impactos negativos como pérdidas económicas-medioambientales, materiales y humanas.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, F. (2020). Estudio y análisis de la vulnerabilidad ante riesgos naturales, de las viviendas ubicadas en las principales laderas y quebradas de la zona urbana y su incidencia en la calidad de vida de sus habitantes, Ambato. Ecuador.
- Alcántara, I., Echavarría, A., Gutiérrez, C., Domínguez, L., y Noriega, I. (2021). La inestabilidad de laderas, Centro Nacional de Prevención de Desastres-CNPD. México.
- Alfaro A., Mamani, J., y Pilares, I. (2022). Mapeo de inestabilidad de laderas en cuencas de fuerte pendiente mediante el enfoque de talud infinito, Universidad Nacional del Altiplano. Puno.
- Charles G., Prasad, S., David, A., Ratna, A., Tiwa, T., Adeniyi, R., y Peter, A. (2021). Investigación geotécnica y geológica de la estabilidad de taludes de una sección de taludes de escombros cortados a lo largo de la Carretera Nacional Autopista-7-Uttarakhand. India.
- Dávila, J. (2011). Diccionario Geológico. Perú
- De Matteis. (2003). Estabilidad de taludes, deslizamientos de tierra y sus causas
- Fernández, L., y Andrés, R. (2018). Nuevas aportaciones al estudio de inestabilidad de laderas en la provincia de León. España.
- Flores, S., Ruiz, R., Agüero, J., y López, G. (2020). Estudio de la estabilidad de laderas en la Colonia José María Izazaga. México.
- Galindo, A., y Alcántara, I. (2015). Inestabilidad de laderas e infraestructura vial: análisis de susceptibilidad en la Sierra Nororiental de Puebla, Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía. México.
- González, L., Mercedes, F., Ortuño, L., Oteo, C. (2002). Ingeniería geológica, Universidad Complutense de Madrid, Instituto Geológico y Minero de España, Uriel y Asociados, SA., Universidad Politécnica de Madrid.
- Hernández, Y., y Ramírez, H. (2016). Evaluación del riesgo asociado a vulnerabilidad física por taludes y laderas inestables en la Microcuenca Cay, Ibagué, Tolima. Colombia.

- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico-INGEMMET. (2021). Evaluación de peligros geológicos por movimiento en masa en el Sector Lagunas, distrito de Chota, provincia Chota, región Cajamarca. Perú.
- Lagos, A., (2015). Modelamiento de la relación entre los procesos tectónicos y la inestabilidad en los terrenos. Urubamba y Tres Ríos. Cajamarca- Perú
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones-MTC. (2014). Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos-MCSGGP. Perú
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento-MVCS. (2011). Norma Técnica Peruana-NTP CE.020, Estabilización de Suelos y Taludes. Perú
- Obando, T. (2017) Conceptos básicos de los deslizamientos de la tierra. Editorial Académica Española.
- Oliva, A., Gallardo, J. (2018). Evaluación del riesgo por deslizamiento de una ladera en la ciudad de Tijuana. México.
- Quesada, A., Moncada, R., Paz T, J., Espinoza, E., Gutiérrez, C., Castellón, A., Acosta, N. (2018). Las investigaciones sobre movimientos de laderas en Costa Rica, Honduras, México y Nicaragua, Revista Geográfica de América Central No.60.
- Sanhueza, C., y Rodríguez, L. (2013). Análisis comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales.
- Suarez. (2009). Deslizamiento Análisis Geotécnico y Soluciones
- Vázquez, Y. y Beira, E. (2019). Propuesta de pendiente de talud de presas de colas para

CAPÍTULO VII

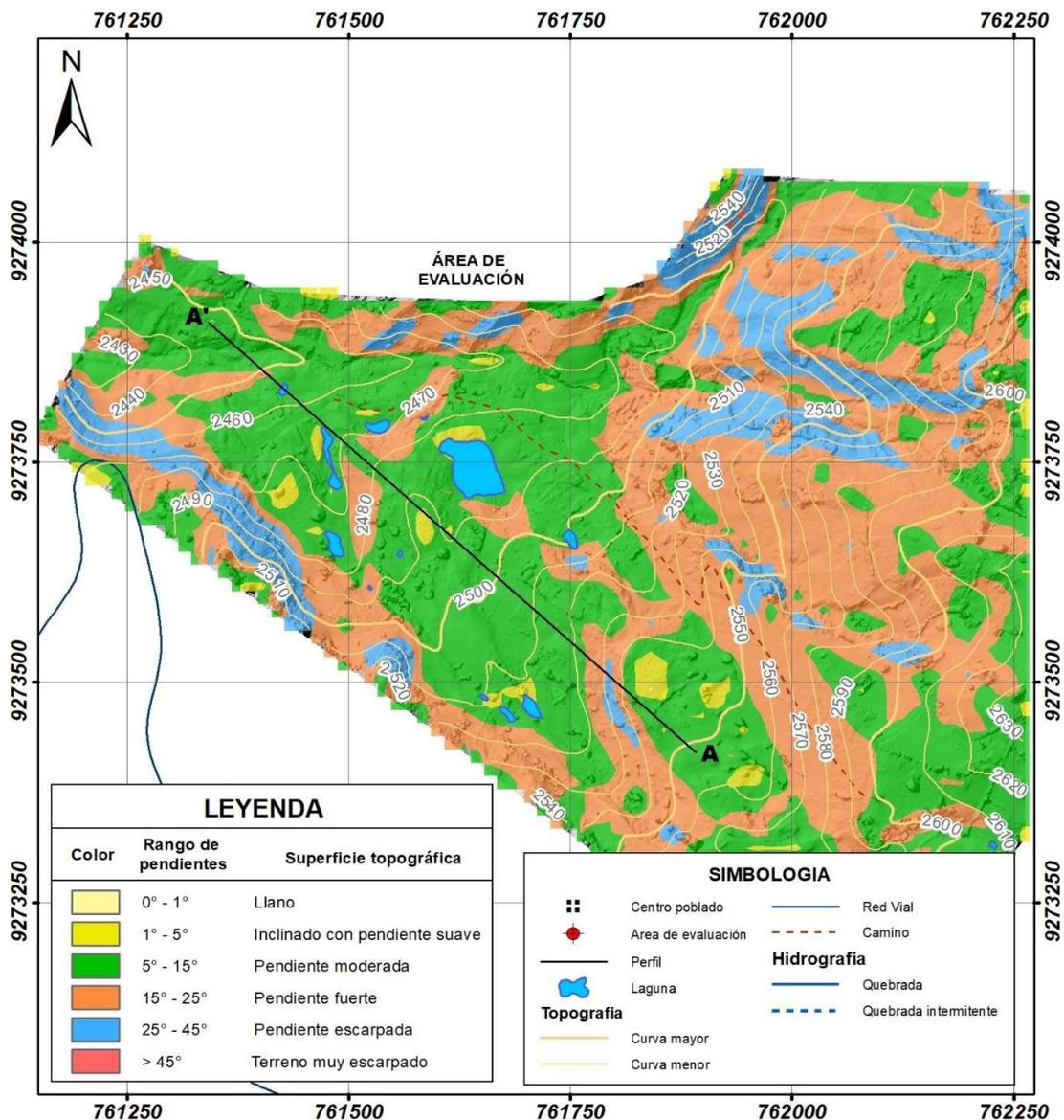
ANEXOS

ANEXO 1. Rango de pendientes topográficas

Criterios de susceptibilidad por movimientos en masa

GRADO/CRITERIO	
	Muy Alta: Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas, saturadas y muy fracturadas; con discontinuidades desfavorables, depósitos superficiales inconsolidados, laderas con pendientes entre 30° a 45°, movimientos en masa anteriores y/o antiguos. En estos sectores existe alta posibilidad de que ocurran movimientos en masa.
	Alta: Laderas que tienen zonas de falla, masas de roca con meteorización alta a moderada, fracturadas con discontinuidades desfavorables; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, laderas con pendientes entre 25° a 45°, donde han ocurrido movimientos en masa o existe la posibilidad de que ocurran.
	Media: Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados, laderas con pendientes entre 20° y 30°, donde han ocurrido algunos movimientos en masa y no existe completa seguridad de que no ocurran movimientos en masa. Estos pueden ser "detonados" por sismos y lluvias excepcionales
	Baja: Laderas con materiales poco fracturados, moderada a poca meteorización, parcialmente erosionados, no saturados, con pocas discontinuidades favorables. Pendientes entre 10° a 20°. Zonas que tienen pocas condiciones para originar movimientos en masa, salvo que puede ser afectada por movimientos en masa ocurridos en zonas de susceptibilidad alta a muy alta cercanas a ellas, detonadas principalmente por lluvias excepcionales
	Muy Baja: Laderas no meteorizadas, con discontinuidades favorables. Terrenos con pendientes menores a 5° donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.

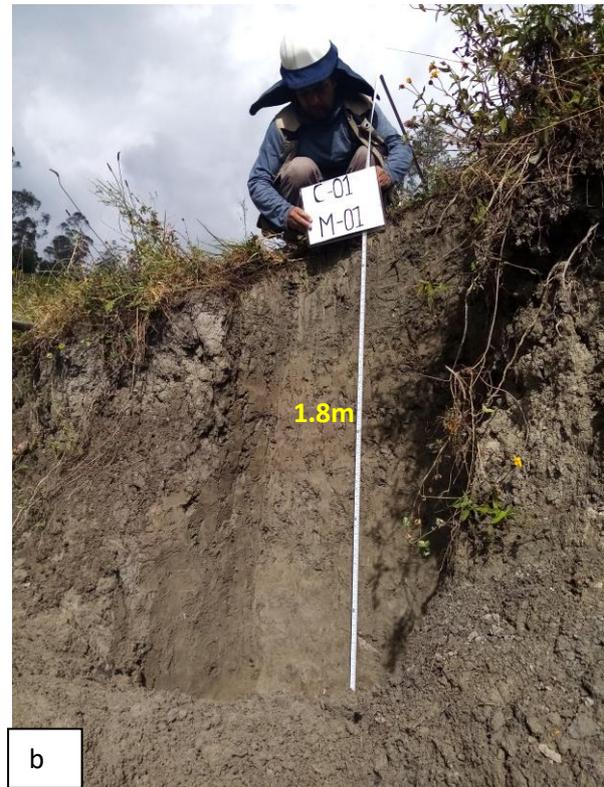
Nota: Fuente Fidel et al. (2006), Rev. Asoc. Geol. Argent. vol.69 no.3 Buenos Aires set. 2012.



ANEXO 2. Figuras del estudio topográfico (a y b), plano y perfiles topográficos interceptando los puntos de las calicatas



ANEXO 3. Extracción y descripción macroscópica de muestras de suelo en C-01, M-01(a, b, c y d); C-02, M-01(e, f, g y h)





POSGRADO-UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA										
FORMATO										
	DESCRIPCION: REGISTRO PARA DESCRIPCIÓN VISUAL DE PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO EN CAMPO									
	NORMA: NORMA ASTM D2488 (I.N.V. E - 102)									
	TESIS: FACTOR DE SEGURIDAD EN LAS LADERAS DEL SECTOR LAS LAGUNAS- CHOTA- CAJAMARCA CON MÉTODOS GEOTÉCNICOS Y SOFTWARE SLIDE									
CALICATA: C-01					MUESTRA: M-01					
UBICACIÓN: SECTOR LAS LAGUNAS - CHOTA - CAJAMARCA					COLOR DE SUELO: GRIS CLARO					
FECHA DE MUESTREO: 18/06/2022					TESISTA: ABELARDO MELANIO BARBOZA MEJIA					
FECHA DE ENSAYO: 07/2022					REVISADO POR: DR. EDIN EDGARDO ALVA PLASENCIA					
PROFUNDIDAD TOTAL : 1.80m										
MÉTODO DE EXCAVACIÓN		MANUAL	HERRAMIENTAS Y MATERIAL		PICO, PALANA, ESPÁTULA, BOLSAS PLASTICAS, ENTRE OTROS					
COORDENADAS		EQUIPO	SISTEMA	ESTE	NORTE	ALTURA	OBSERVACION:			
UTM		ESTACIÓN TOTAL		761849.964	9273560.505	2537.024				
DESCRIPCION VISUAL DEL SUELO										
PROFUNDIDAD: 1.80m							ESTRATO N°1	ESTRATO N°2	ESTRATO N°3	ESTRATO N°4
FORMA DE LAS PARTICULAS	1	PLANAS								
	2	ALARGADAS								
HUMEDAD	1	SECA								
	2	HUMEDA X					X			
	3	SATURADA								
REACCION CON HCL	1	NINGUNA X					X			
	2	DEBIL								
	3	FUERTE								
CONSISTENCIA	1	MUY BLANDA								
	2	BLANDA X					X			
	3	FIRME								
	4	DURA								
	5	MUY DURA								
CEMENTACION	1	DEBIL								
	2	MODERADA X					X			
	3	FUERTE								
ESTRUCTURA	1	ESTRATIFICADA								
	2	LAMINADA								
	3	FISURADA								
	4	LISA X					X			
	5	EN BLOQUES								
	6	EN LENTES								
	7	HOMOGENEA X					X			
DILATANCIA	1	NULA								
	2	LENTA X					X			
	3	RAPIDA								
TENACIDAD	1	BAJA								
	2	MEDIA X NO FORMA RODILLOS					X			
	3	ALTA								
PLASTICIDAD	1	NO PLASTICO								
	2	BAJA								
	3	MEDIA								
	4	ALTA X					X			
RESISTENCIA		ARCILLA/LIMO	ARENA	GRAVA						
	1	NINGUNA		MUY SUELTA	MUY SUELTA					
	2	BAJA		SUELTA	SUELTA					
	3	MEDIANA		MED. DENSA	MED. COMPACTA					
	4	ALTA X		DENSA	COMPACTA		X			
5	MUY ALTA		MUY DENSA	MUY COMPACTA						
COLOR	1	NEGRO								
	2	GRIS X CLARO					X			
	3	MARRÓN								
	4	BLANQUESINO								
	5	PARDO O AMARILLO								
	6	ROJO								
FORMA, y TAMAÑO(Pulg)	PORCENTAJE DE PARTICULAS			ANGULOSIDAD DE LAS PARTICULAS GRUESAS						
	>20"	BLOQUES		1	ANGULOSA					
	>12"-20"	BOLONES		2	SUB ANGULOSA					
	>3"-12"	CANTOS RODADOS		3	SUB REDONDEADO					
<3"	FINOS, ARENAS Y GRAVAS		4	REDONDEADO						
PRESENCIA DE OXIDOS (SI/NO) NO					PRESENCIA DE OXIDOS (SI/NO)					
OBSERVACIONES: FIGURAS 32, 33 y ANEXO 3										
RESPONSABLE DE REGISTRO DE CAMPO			COORDINADOR DE REGISTRO DE CAMPO			ASESOR				
NOMBRE: ABELARDO M. BARBOZA MEJIA			NOMBRE: ABELARDO M. BARBOZA MEJIA			NOMBRE: DR. EDIN EDGARDO ALVA PLASENCIA				

		POSGRADO-UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA								
		FORMATO								
		DESCRIPCION:	REGISTRO PARA DESCRIPCIÓN VISUAL DE PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO EN CAMPO							
		NORMA:	NORMA ASTM D2488 (I.N.V. E - 102)							
TESIS:	FACTOR DE SEGURIDAD EN LAS LADERAS DEL SECTOR LAS LAGUNAS- CHOTA- CAJAMARCA CON MÉTODOS GEOTÉCNICOS Y SOFTWARE SLIDE									
CALICATA: C-02			MUESTRA: M-01							
UBICACIÓN: SECTOR LAS LAGUNAS - CHOTA - CAJAMARCA			COLOR DE SUELO: MARRÓN CLARO/GRIS CLARO							
FECHA DE MUESTREO: 18/06/2022			TESISTA: ABELARDO MELANIO BARBOZA MEJIA							
FECHA DE ENSAYO: 07/2022			REVISADO POR: DR. EDIN EDGARDO ALVA PLASENCIA							
PROFUNDIDAD TOTAL : 2.50m										
MÉTODO DE EXCAVACIÓN		MANUAL	HERRAMIENTAS Y MATERIAL		PICO, PALANA, ESPÁTULA, BOLSAS PLASTICAS, ENTRE OTROS					
COORDENADAS		EQUIPO	SISTEMA	ESTE	NORTE	ALTURA	OBSERVACION:			
UTM		ESTACIÓN TOTAL	76°49.83	9273377.094	2534.620					
DESCRIPCION VISUAL DEL SUELO							ESTRATO N°1	ESTRATO N°2	ESTRATO N°3	ESTRATO N°4
PROFUNDIDAD: 2.50m										
FORMA DE LAS PARTICULAS	1	PLANAS								
	2	ALARGADAS								
	3	PLANAS Y ALARGADAS X				X				
HUMEDAD	1	SECA								
	2	HUMEDA X				X				
	3	SATURADA								
REACCION CON HCL	1	NINGUNA X				X				
	2	DEBIL								
	3	FUERTE								
CONSISTENCIA	1	MUY BLANDA								
	2	BLANDA X				X				
	3	FIRME								
	4	DURA								
	5	MUY DURA								
CEMENTACION	1	DEBIL								
	2	MODERADA X				X				
	3	FUERTE								
ESTRUCTURA	1	ESTRATIFICADA								
	2	LAMINADA								
	3	FISURADA								
	4	LISA X				X				
	5	EN BLOQUES								
	6	EN LENTES								
	7	HOMOGENEA X				X				
DILATANCIA	1	NULA								
	2	LENTA X				X				
	3	RAPIDA								
TENACIDAD	1	BAJA								
	2	MEDIA X FORMA RODILLOS				X				
	3	ALTA								
PLASTICIDAD	1	NO PLASTICO								
	2	BAJA								
	3	MEDIA								
	4	ALTA X				X				
RESISTENCIA		ARCILLA/LIMO	ARENA	GRAVA						
	1	NINGUNA	MUY SUELTA	MUY SUELTA						
	2	BAJA	SUELTA	SUELTA						
	3	MEDIANA	MED. DENSA	MED. COMPACTA						
	4	ALTA X	DENSA	COMPACTA		X				
COLOR	1	NEGRO								
	2	GRIS X CLARO				X				
	3	MARRÓN X CLARO				X				
	4	BLANQUESINO								
	5	PARDO O AMARILLO								
	6	ROJO								
FORMA, y TAMAÑO(Pulg)	PORCENTAJE DE PARTICULAS			ANGULOSIDAD DE LAS PARTICULAS GRUESAS						
	>20"	BLOQUES	1	ANGULOSA						
	>12"-20"	BOLONES	2	SUB ANGULOSA						
	>3"-12"	CANTOS RODADOS	3	SUB REDONDEADO						
<3"	FINOS, ARENAS Y GRAVAS	4	REDONDEADO							
PRESENCIA DE OXIDOS (SI/NO) SI			PRESENCIA DE OXIDOS (SI/NO)							
OBSERVACIONES: FIGURAS 34, 35 y ANEXO 3										
RESPONSABLE DE REGISTRO DE CAMPO			COORDINADOR DE REGISTRO DE CAMPO			ASESOR				
NOMBRE: ABELARDO M. BARBOZA MEJIA			NOMBRE: ABELARDO M. BARBOZA MEJIA			NOMBRE: DR. EDIN EDGARDO ALVA PLASENCIA				

ANEXO 4. Ensayos en laboratorio a las muestras de suelo para determinar su propiedades físicas y parámetros geotécnicos: humedad (a y b), densidad (c, d, e y f), granulometría (g y h), límites de consistencia (i, j, k y l), corte directo (m, n, o, p, q, r y s).





e



f



g



h



i



j



k



l



m



n



o



p



ANEXO 5. Figuras donde se observa la presencia de los especialistas de INGEMMET evaluando los resultados de deslizamiento (A, B, C y D).



ANEXO 6. Informe de los ensayos en laboratorio acreditado-Hurteco – Cajamarca, por el Instituto Nacional de Calidad- INACAL.

		LABORATORIO DE ENSAYOS ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-126			
Código	: LH-FOR-173	Fecha	: 18/05/2022	Versión	: 03
Aprobación	: JL	Página	: 01 de 02		

INFORME DE ENSAYOS DE LABORATORIO

LH-B-INF-2022-470

I. DATOS DEL CLIENTE

Cliente	: ABELARDO BARBOZA	10274330444
Dirección	: JR. HORACIO URTEAGA No. 319 - BARRIO SAN PEDRO	-
Contacto	: ING. ABELARDO BARBOZA	-
e-mail	: bameal02@gmail.com	940118773

II. DATOS DEL PROYECTO

Proyecto (**)	: Factor de seguridad en las laderas con Métodos Geotécnicos y software Slide, en el sector Las Lagunas, Chota, Cajamarca
Ubicación (**)	: CHOTA - CAJAMARCA

III. FECHAS

Muestreo	: 2022-06-17 - Realizado por el cliente	Inicio de Ensayos	: 2022-07-19
Recepción de muestra	: 2022-07-18	Término de Ensayos	: 2022-07-26
Emisión de Informe	: 2022-09-08		

IV. MUESTRA Y CONTRAMUESTRA

HURTECO SRL no ha participado en la toma de muestras, el muestreo ha sido realizado por el CLIENTE.

No se almacena contramuestra, no ha sido proporcionada por el cliente.

El día 2022-07-18, el laboratorio recibió la muestra, con las siguientes características:

CUADRO No. 01: MUESTRA Y CONTRAMUESTRA

CÓDIGO DE MUESTRA (CLIENTE)	CÓDIGO DE MUESTRA (LABORATORIO HURTECO)	TIPO	CANTIDAD
C-01, M-01	LH-B-M-2022-0405	Mab ¹	02
C-01, M-02	LH-B-M-2022-0406	Mib ²	01
C-02, M-01	LH-B-M-2022-0407	Mas ¹	02
C-02, M-02	LH-B-M-2022-0408	Mib ²	01

V. ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos de las muestras se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos Pavimentos y Concreto de la empresa Hnos. Urteaga Contratistas SRL, ubicado en la (Av. El Porongo No. 118 del Sector Armando Revoredo Iglesias – Caserío de Tartar Distrito de Baños Del Inca – Cajamarca). Los ensayos se realizaron bajo las Normas Estandarizadas indicadas en el siguiente cuadro:

CUADRO No. 02: ENSAYOS DE LABORATORIO

CANTIDAD	ENSAYO	NORMA DE ENSAYO	MÉTODO
02	Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass ¹	ASTM D2216 - 19	A
02	SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico.	NTP 339.128 1999 (revisada el 2019)	-
02	Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils ¹	ASTM D4318 - 17 ¹	A
02	Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer ¹	ASTM D854 - 14	B
02	Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) ¹ (*)	ASTM D2487 - 17	-
02	Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes ¹ (*)	ASTM D3282 - 15	-
02	SUELOS. Determinación del peso volumétrico de suelo cohesivo (*)	NTP 339.139:1999 (revisada el 2014)	-
02	Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions ¹ (*)	ASTM D3080/D3080M - 11	-

HNOS URTEAGA CONTRATISTAS

(*) Los métodos indicados, no han sido acreditados por INACAL - DA

¹ Mas: Muestra alterada en saco, aproximadamente 14 kg.

Ing. Frank F. Gonzales Vásquez
Reg. C.R. 211190
A.P.F. DE LABORATORIO

Hnos. URTEAGA CONTRATISTAS S.R.L.

Domicilio social: Jr. La Mar N° 224 RUC: 20453782761 Teléfono: 076- 365288
Visite nuestra página web: www.hurteco.com

Página 1 de 18

		LABORATORIO DE ENSAYOS ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-126			
Código : LH-FOR-173	Fecha : 18/05/2022	Versión : 03	Aprobación : JL	Página : 02 de 02	

VI. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Código de Muestra	Análisis Granulométrico por Tamizado (NTP 339.128 1999 (revisada el 2019))			Límites de Atterberg (ASTM D4318 - 17 ¹)			Contenido de Humedad (ASTM D2216 - 19)	Gravedad Específica de Sólidos (ASTM D854 - 14)	Clasificación S.U.C.S (ASTM D2487) (*)
	Gravas (%)	Arenas (%)	Limos y Arcillas (%)	LL	LP	IP			
C-01, M-01	0,4%	6,3%	93,3%	53	19	34	22%	2,60	CH - Arcilla de alta plasticidad
C-02, M-01	1,0%	7,6%	91,4%	64	31	33	27%	2,60	CH - Arcilla de alta plasticidad

(*) Los métodos indicados, no han sido acreditados por INACAL - DA

VII. PERSONAL RESPONSABLE

Realización de los Ensayos	Procesamiento de Resultados	Revisión y Aprobación
Tec. Jesús Pompa Chaupe Tec. Nilton Julcamoro Cusquisiban	Bach. Elvis O. Terrones Rudas	Ing. Frank J. Gonzáles Vásquez

VIII. NOTAS

- El presente informe de ensayo solo puede ser difundido en su totalidad y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la aprobación escrita del laboratorio HURTECO.
- Informes sin firma y sello carecen de validez.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Los resultados corresponden a los ensayos realizados a las muestras proporcionadas por el cliente al Laboratorio HURTECO.

NOTAS REFERIDAS A LA MUESTRA DE ENSAYO :	No aplica
CÓDIGO DEL INFORME AL QUE REEMPLAZA :	No aplica
MOTIVO :	-



SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico (NTP 339.128 1999 (revisada el 2019))

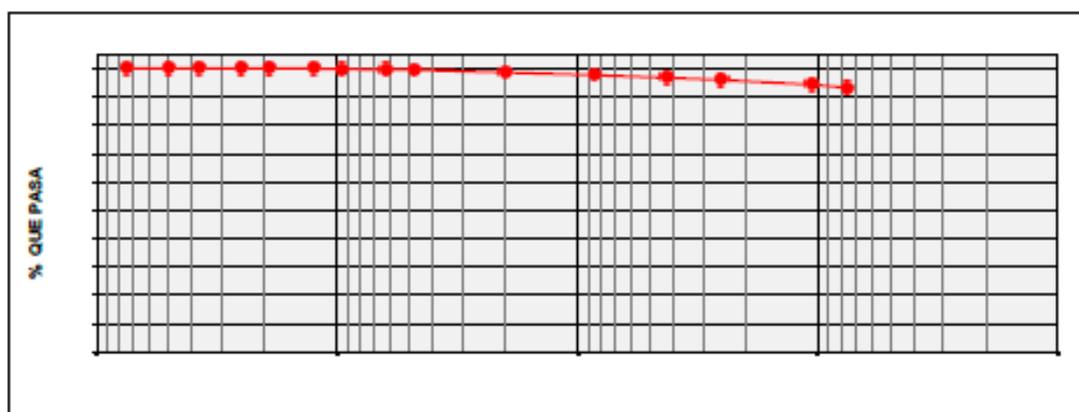


Código : LH-FOR-084	Fecha : 13/05/2022	Versión : 07	Aprobación : JL	Página : 01 de 01
---------------------	--------------------	--------------	-----------------	-------------------

Proyecto (**)	Factor de seguridad en las laderas con Métodos Geotécnicos y software Slide, en el sector Las Lagunas, Chota, Cajamarca			Informe No.	LH-B-INF-2022-470
Ubicación (**)	CHOTA - CAJAMARCA			Fecha de Muestreo (**)	2022-06-17
Cliente	ABELARDO BARBOZA			Fecha de Recepción	2022-07-18
Material (**)	MATERIAL PROPIO			Fecha de Informe	2022-09-05
Procedencia (**)	CALICATA 01			Técnico Encargado	Jesús Pompa
Código de Muestra (**)	C-01, M-01			Hora de Muestreo (**)	-
Código de Laboratorio	LH-B-M-2022-0405			Clima (**)	-
Ubicación de Muestreo (**)	-			Muestreado por (**)	-
Coordenadas (**)	-			Fechas de Ejecución del Ensayo :	
Condiciones Ambientales :		Inicial	Final	Inicio de Ensayo	2022-07-19
	Temperatura	19,73 °C	18,05 °C	Fin de Ensayo	2022-07-22
	HR	40,35 %	45,90 %		

SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico NTP 339.128 1999 (revisada el 2019)

Masa Muestra Húmeda:	1 887,18 g						
Masa Seca Inicial:	1 542,94 g						
Masa Seca Lavada:	106,08 g	Tamaño máximo de partículas		1/2 in.			
TAMICES A.S.T.M.	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	EETT (CLIENTE)	DESCRIPCIÓN	
6 in.	150,000	0,00	0,0	100,0	-	Bloques (>300 mm): -	
4 in.	100,000	0,00	0,0	100,0	-	Bolones (75 mm - 300 mm): 0,0%	
3 in.	75,000	0,00	0,0	100,0	-	Gravas (4,75 mm - 75 mm): 0,4%	
2 in.	50,000	0,00	0,0	100,0	-	Arenas (0,075 mm - 4,75 mm): 6,3%	
1 1/2 in.	37,500	0,00	0,0	100,0	-	Limos y Arcillas (<0,075 mm): 93,3%	
1 in.	25,000	0,00	0,0	100,0	-	A. gruesa (4,75 mm - 2,00 mm): 0,9%	
3/4 in.	19,000	0,00	0,0	100,0	-	A. media (2,00 mm - 0,425 mm): 1,9%	
1/2 in.	12,500	0,00	0,0	100,0	-	A. fina (0,425 mm - 0,075 mm): 3,5%	
3/8 in.	9,500	1,61	0,1	99,9	-	CARACTERÍSTICAS	
1/4 in.	6,300	1,53	0,2	99,8	-	D ₁₀ (ASTM D2487-17)(mm):	0,00
No. 4	4,750	3,52	0,4	99,6	-	D ₃₀ (ASTM D2487-17) (mm):	0,00
No. 10	2,000	14,63	1,3	98,7	-	D ₆₀ (ASTM D2487-17) (mm):	0,00
No. 20	0,850	16,11	2,3	97,7	-	Cu (ASTM D2487-17):	-
No. 40	0,425	13,99	3,2	96,8	-	Cc (ASTM D2487-17):	-
No. 60	0,250	12,44	4,0	96,0	-	LL (ASTM D4318-17):	53
No. 140	0,106	24,81	5,6	94,4	-	LP (ASTM D4318-17):	19
No. 200	0,075	16,49	6,7	93,3	-	IP (ASTM D4318-17):	34
Cazoleta	-	0,39				Error de ensayo (%):	0,036%



Revisó y aprobó:

(**) Los datos indicados han sido proporcionados por el cliente.

Hnos. URTEAGA CONTRATISTAS S.R.L.

Domicilio social: Jr. La Mar N° 224 RUC: 20453782761 Teléfono: 076- 365288
 Visite nuestra página web: www.hurteco.com

		CONTENIDO DE HUMEDAD DE SUELOS (ASTM D2216 - 19)							
Código	: LH-FOR-086	Fecha	: 13/05/2022	Versión	: 05	Aprobación	: JL	Página	: 01 de 01

Proyecto (**)	Factor de seguridad en las laderas con Métodos Geotécnicos y software Slide, en el sector Las Lagunas, Chota, Cajamarca					
Ubicación (**)	CHOTA - CAJAMARCA					
Cliente	ABELARDO BARBOZA					
Material	MATERIAL PROPIO					
Procedencia (**)	CALIGATA 01					
Código de Muestra (**)	C-01, M-01					
Código del Laboratorio	LH-B-M-2022-0405					
Ubicación de Muestreo (**)	-					
Coordenadas (**)	-					
Condiciones Ambientales:		Inicial	Final			
	Temperatura	19,73 °C	22,00 °C			
	HR	40,35 %	37,77 %			
Informe No.	LH-B-INF-2022-470					
Fecha de Muestreo (**)	2022-06-17					
Fecha de Recepción	2022-07-18					
Fecha de Informe	2022-09-06					
Técnico Encargado	Jesús Pompa					
Hora de Muestreo (**)	-					
Clima (**)	-					
Muestreado por (**)	-					
Fechas de Ejecución del Ensayo:						
	Inicio de Ensayo					2022-07-19
	Fin de Ensayo					2022-07-20

Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass¹
MÉTODO A

Temperatura de secado:	110 ± 5 °C	Cantidad de material en capas:	01
Tamaño máximo de partículas	1/2 in.	Material Excluido de la muestra de ensayo:	NINGUNO

CONTENIDO DE HUMEDAD - GLOBAL			
No. de Tara	C-03	C-04	C-05
Masa de la Tara (g)	83,88	84,04	83,10
Masa de la Tara + Muestra Húmeda (g)	1 029,35	1 025,75	1 082,20
Masa de la Tara + Muestra Seca (g)	857,09	853,77	898,06
Masa del Agua (g)	172,26	171,98	184,14
Masa de la Muestra Seca (g)	773,21	769,73	814,96
Contenido de Humedad (%)	22,3	22,3	22,6
w% PROMEDIO (%)	22		

Revisó y aprobó:

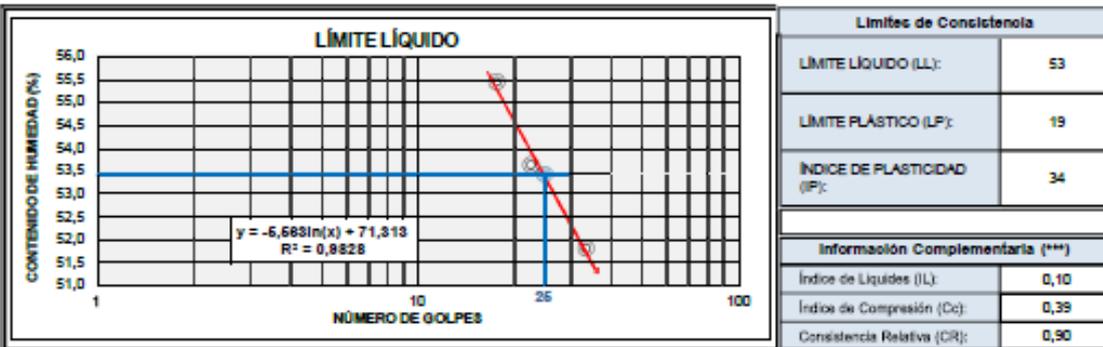
		LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D4318 - 17¹)			
Código	: LH-FOR-085	Fecha	: 13/05/2022	Versión	: 08
Aprobación	: JL	Página	: 01 de 01		

Proyecto (**)	Factor de seguridad en las laderas con Métodos Geotécnicos y software Slide, en el sector Las Lagunas, Chota, Cajamarca				
Ubicación (**)	CHOTA - CAJAMARCA				
Cliente	ABELARDO BARBOZA				
Material (**)	MATERIAL PROPIO				
Procedencia (**)	CALICATA 01				
Código de Muestra (**)	C-01, M-01				
Código de Laboratorio	LH-B-M-2022-0405				
Ubicación de Muestreo (**)	-				
Coordenadas (**)	-				
Condiciones Ambientales:		Inicial	Final		
Temperatura		19,73 °C	21,01 °C		
HR		40,35 %	40,05 %		
Informe No.	LH-B-INF-2022-470				
Fecha de Muestreo (**)	2022-06-17				
Fecha de Recepción	2022-07-18				
Fecha de Informe	2022-09-06				
Técnico Encargado	Jesús Pompa				
Hora de Muestreo (**)	-				
Clima (**)	-				
Muestreo por (**)	-				
Fechas de Ejecución del Ensayo:					
Inicio de Ensayo		2022-07-19			
Fin de Ensayo		2022-07-21			

Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils¹

Preparación del Especimen de Ensayo:	Método	Equipo para Límite Plástico:	Manual
Preparación Húmeda	A	Equipo para Límite Líquido:	Manual
Tamizado por lavado en el tamiz No. 40		Ranurador:	Plástico
Preparación con agua destilada		Clasificación SUCS (ASTM D2487 - 17) (*):	CH - Fat clay

LÍMITES DE CONSISTENCIA	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
Tara No.	6	7	8	9	10
Masa de Tara (g)	27,46	36,49	27,32	37,00	27,57
Masa de Tara + Muestra Húmeda (g)	47,70	57,98	44,46	47,51	38,82
Masa de Tara + Muestra Seca (g)	40,79	50,48	38,35	45,83	37,03
Masa del Agua (g)	6,91	7,50	6,11	1,68	1,79
Masa de la Muestra Seca (g)	13,33	13,99	11,03	8,83	9,46
Humedad (%)	51,80	53,60	55,40	19,03	18,92
Número de Golpes	34	23	18	PROMEDIO	19



Revisó y aprobó:

NOTAS: (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. (**) Los datos indicados han sido proporcionados por el cliente. (***) Los datos indicados no forman parte del alcance de Acreditación del Método de Ensayo (ASTM D4318).

		GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS (ASTM D854 - 14)							
Código:	LH-FOR-087	Fecha:	13/05/2022	Versión:	07	Aprobación:	JL	Página:	01 de 01

Proyecto (**)	Factor de seguridad en las laderas con Métodos Geotécnicos y software Slide, en el sector Las Lagunas, Chota, Cajamarca					
Ubicación (**)	CHOTA - CAJAMARCA			Informe No.	LH-B-INF-2022-470	
Cliente	ABELARDO BARBOZA			Fecha de Muestreo (**)	2022-06-17	
Material (**)	MATERIAL PROPIO			Fecha de Recepción	2022-07-18	
Procedencia (**)	CALICATA 01			Fecha de Informe	2022-09-06	
Código de Muestra (**)	C-01, M-01			Técnico Encargado	Jesús Pompa	
Código de Laboratorio	LH-B-M-2022-0405			Hora de Muestreo (**)	-	
Ubicación de Muestreo (**)	-			Clima (**)	-	
Coordenadas (**)	-			Muestreado por (**)	-	
Condiciones Ambientales:		Inicial	Final	Fechas de Ejecución del Ensayo :		
	Temperatura	17,06 °C	18,24 °C	Inicio de Ensayo	2022-07-25	
	HR	45,01 %	47,78 %	Fin de Ensayo	2022-07-26	

Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer¹

Método de Ensayo Utilizado	MÉTODO B	
Clasificación SUCS (ASTM D 2487 - 17) (*)	CH - Fat clay	
% que pasa el tamiz No. 4	99,60 %	
Material excluido de la muestra de ensayo	> No. 4	0,40 %

GRAVEDAD ESPECÍFICA			
ESPECIMEN DE ENSAYO No.	E - 1	E - 2	E - 3
No. Fiola	28	30	31
Masa de la Muestra Seca (g)	106,07	106,60	107,08
Masa de la Fiola + Agua + Muestra (g)	763,13	773,33	774,55
Temperatura del Agua (°C)	19,6	19,6	19,6
Masa Media Calibrada de la Fiola (g)	197,54	207,42	208,19
Volumen Promedio Calibrado de la Fiola (g)	499,78	499,92	499,90
Masa de la Fiola + Agua a temperatura de Ensayo (g)	696,46	706,48	707,23
Densidad del Agua a temperatura de Ensayo (g/ml)	0,99829	0,99829	0,99829
Factor "K"	1,00008	1,00008	1,00008
Gravedad Específica (G _{soil})	2,692	2,682	2,693
Gravedad Específica Promedio (G _{promedio})	2,68		

Revisó y aprobó:

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(**) Los datos indicados han sido proporcionados por el cliente.

Hnos. URTEAGA CONTRATISTAS S.R.L.

Domicilio social: Jr. La Mar Nº 224 RUC: 20453782761 Teléfono: 076- 365288
Visite nuestra página web: www.hurteco.com

Página 6 de 18



CLASIFICACIÓN DE SUELOS (ASTM D 2487 - 17) (*)

Código: LH-FOR-088 Fecha: 14/11/2020 Versión: 04 Aprobación: GG Página: 01 de 01

Proyecto (**): Factor de seguridad en las laderas con Métodos Geotécnicos y software Slide, en el sector Las Lagunas, Chota, Cajamarca Ubicación (**): CHOTA - CAJAMARCA Cliente: ABELARDO BARBOZA Material (**): MATERIAL PROPIO Procedencia (**): CALICATA 01 Código de Muestra (**): C-01, M-01 Código de Laboratorio: LH-B-M-2022-0405 Condiciones Ambientales: Temp.: - HR: -	Informe No.: LH-B-INF-2022-470 Fecha de Muestreo (**): 2022-06-17 Fecha de Recepción: 2022-07-18 Fecha de Ensayo: - Fecha de Informe: 2022-09-06
--	--

Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)¹ (*)

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA DE ENSAYO					
Tamaño máx. de partícula:	1/2 in.	Diámetro Efectivo D ₁₀ (mm):	0,00	Limite Líquido (LL):	53
Bloques (>300 mm):	-	Diámetro Efectivo D ₆₀ (mm):	0,00	Limite Plástico (LP):	19
Bolones (75 mm - 300 mm):	0,0%	Diámetro Efectivo D ₃₀ (mm):	0,00	Índice de Plasticidad (IP):	34
Gravas (4.75 mm - 75 mm):	0,4%	Coefficiente de Uniformidad (Cu):	-	Índice de Liquidez (IL):	0,10
Arenas (0.075 mm - 4.75 mm):	6,3%	Coefficiente de Curvatura (Cc):	-	Índice de Compresión (C _c):	0,39
Limos y Arcillas (<0.075 mm):	93,3%	Error de ensayo (%):	0,038%	Consistencia Relativa (CR):	0,90
Masa Muestra Húmeda:	1 887,18 g	CLASIFICACION SUCS (ASTM D2487 • 17) (*)			
Masa Seca Inicial:	1 542,94 g	CH - Fat clay			
Masa Seca Lavada:	106,08 g				

TAMICES A.S.T.M.	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	% RTDO ACUM	% QUE PASA
3 in	75,000	0,00	0,0	100,0
2 in	50,000	0,00	0,0	100,0
1 1/2 in	37,500	0,00	0,0	100,0
1 in	25,000	0,00	0,0	100,0
3/4 in	19,000	0,00	0,0	100,0
1/2 in	12,500	0,00	0,0	100,0
3/8 in	9,500	1,61	0,1	99,9
1/4 in	6,300	1,53	0,2	99,8
No. 4	4,750	3,52	0,4	99,6
No. 10	2,000	14,63	1,3	98,7
No. 20	0,850	16,11	2,3	97,7
No. 40	0,425	13,99	3,2	96,8
No. 60	0,250	12,44	4,0	96,0
No. 140	0,106	24,81	5,6	94,4
No. 200	0,075	16,49	6,7	93,3
Cazoleta	-	0,39		

CLASIFICACIÓN	
NOMBRE ALTERNATIVO (NTP 338.134) (*)	A.A.S.H.T.O. (NTP 338.136 - ASTM D 3282) (*)
CH - Arcilla de alta plasticidad	A-7-6 (34) Suelo arcilloso

Revisó y aprobó:

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(**) Los datos indicados han sido proporcionados por el cliente.

Código: LH-FOR-120 Fecha: 13/05/2022 Versión: 03 Aprobación: GG Página: 01 de 01

Proyecto (**)	Factor de seguridad en las laderas con Métodos Geotécnicos y software Slide, en el sector Las Lagunas, Chota, Cajamarca			Informe No.	LH-B-INF-2022-470
Ubicación (**)	CHOTA - CAJAMARCA			Fecha de Muestreo (**)	2022-06-17
Cliente	ABELARDO BARBOZA			Fecha de Recepción	2022-07-18
Material (**)	MATERIAL PROPIO			Fecha de Informe	2022-09-06
Procedencia (**)	CALICATA 01			Técnico Encargado	Nilton Julcamoro
Código de Muestra (**)	C-01, M-02			Hora de Muestreo (**)	-
Código de Laboratorio	LH-B-M-2022-0406			Clima (**)	-
Ubicación de Muestreo (**)	-			Muestreado por (**)	-
Coordenadas (**)	-			Fechas de Ejecución del Ensayo :	
Condiciones Ambientales :		Inicial	Final	Inicio de Ensayo	2022-07-19
	Temperatura	18,14 °C	16,46 °C	Fin de Ensayo	2022-07-21
	HR	40,65 %	50,06 %		

SUELOS: Peso Volumétrico de Suelo Cohesivo (*)

Clasificación SUCS (ASTM D 2487 - 17) (*)	CH - Fat clay		
CONTENIDO DE HUMEDAD			
ESPECIMEN DE ENSAYO No.	E - 1	E - 2	E - 3
No. de Tara	T-1	T-2	T-3
Masa de la Tara (g)	65,60	66,28	84,56
Masa de la Tara + Muestra Húmeda (g)	447,41	583,43	449,65
Masa de la Tara + Muestra Seca (g)	365,55	490,38	389,05
Masa del Agua (g)	81,86	93,05	60,60
Masa de la Muestra Seca (g)	299,95	424,10	304,45
Contenido de Humedad (%)	27,3	21,9	19,9
RELACIONES MASA - VOLUMEN			
ESPECIMEN DE ENSAYO No.	E - 1	E - 2	E - 3
Masa de Muestra Húmeda (g)	387,86	532,40	368,27
Masa de Muestra Húmeda + Parafina (g)	428,16	577,11	400,25
Masa de Muestra Húmeda + Parafina - Sumergida en agua (g)	170,50	239,50	171,64
Temperatura del Agua (°C)	22,0	22,0	22,0
Gravedad Específica de Sólidos (ASTM D654)	2,69	2,69	2,69
Factor "K"	0,99957	0,99957	0,99957
Masa de Muestra Seca (g)	304,68185	436,75144	307,14762
Peso de la Parafina (g)	40,30	44,71	31,98
Volumen de Suelo + Parafina (cm ³)	257,55	337,46	228,51
Volumen de Parafina (cm ³)	44,93	49,84	35,65
Volumen de Muestra - V (cm ³)	212,62	287,62	192,86
Volumen de Sólidos - Vs (cm ³)	113,26	162,36	114,18
Densidad Aparente Húmeda (g/cm ³)	1,824	1,851	1,910
Densidad Aparente Seca (g/cm ³)	1,433	1,519	1,593
Relación de Vacíos - e	0,877	0,771	0,689
Porosidad - n (%)	46,729	43,550	40,796
Densidad Aparente Húmeda Promedio (g/cm ³)	1,882		
Densidad Aparente Seca Promedio (g/cm ³)	1,616		
Relación de Vacíos Promedio - e	0,778		
Porosidad Promedio (%)	43,882		

Densidad de la Parafina: 0,897 g/cm³

Revisó y aprobó:

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(**) Los datos indicados han sido proporcionados por el cliente.

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(ASTM D3080/D3080M - 11) (*)**

Código : LH-FOR-093 Fecha : 01/06/2022 Versión : 05 Aprobación : JL Página : 01 de 02

Proyecto (**)	Factor de seguridad en las laderas con Métodos Geotécnicos y software Slide, en el sector Las Lagunas, Chota, Cajamarca			Informe No.	LH-B-INF-2022-470
Ubicación (**)	CHOTA - CAJAMARCA			Fecha de Muestreo (**)	2022-06-17
Cliente	ABELARDO BARBOZA			Fecha de Recepción	2022-07-18
Material (**)	MATERIAL PROPIO			Fecha de Informe	2022-08-30
Procedencia (**)	CALICATA 01			Técnico Encoargado	Nilton Julcamoro
Código de Muestra (**)	C-01, M-01			Hora de Muestreo (**)	-
Código de Laboratorio	LH-B-M-2022-0405			Clima (**)	-
Ubicación de Muestreo (**)	-			Muestreado por (**)	-
Coordenadas (**)	-			Fechas de Ejecución del Ensayo :	
Condiciones Ambientales :		Inicial	Final	Inicio de Ensayo	2022-07-25
	Temperatura	-	-	Fin de Ensayo	2022-07-26
	HR	-	-		

Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions (*)

DATOS GENERALES					
Sondaje No. / Calicata No. / Estrato No.	C-01		Muestra No. / Profundidad (m)	M-01	1,80 m.
Masa del Anillo (g)	120,12		Símbolo de Grupo SUCS	CH	
Altura del Anillo (mm)	21,36		Estado de la Muestra	Alterada	
Diámetro del Anillo (mm)	50,96		Condición de Ensayo	Consolidado - Drenado	
Área del Anillo (cm²)	20,40		Condición de la estructura del suelo	Remoldeado	
Volumen del Anillo (cm³)	43,57		Velocidad de Ensayo	0,18 mm/min	

CORTE DIRECTO						
ESPECÍMEN No.	ESPECÍMEN - 01		ESPECÍMEN - 02		ESPECÍMEN - 03	
ESFUERZO NORMAL	0,60 kg/cm²		1,00 kg/cm²		1,60 kg/cm²	
DESCRIPCIÓN	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
CONTENIDO DE HUMEDAD						
No. de Tara	61	62	63	64	65	66
Masa de la Tara (g)	38,20	37,19	37,10	37,17	37,20	37,17
Masa de Tara + Muestra Húmeda (g)	128,96	121,10	136,59	120,69	148,91	120,22
Masa de Tara + Muestra Seca (g)	110,29	104,00	117,15	104,03	126,08	103,52
Masa del Agua (g)	18,67	17,10	19,44	16,66	22,83	16,70
Masa de Muestra Seca (g)	72,08	66,81	80,05	66,86	88,88	66,35
Humedad (%)	25,9	25,6	24,3	24,9	25,7	25,2
DENSIDADES						
Altura del Especímen (mm)	21,36	20,48	21,36	19,94	21,36	19,81
Masa del Molde + Muestra (g)	202,41	204,03	202,39	203,64	202,37	203,17
Masa de Tara + Muestra Húmeda (g)	82,29	83,91	82,27	83,52	82,26	83,05
Masa de Tara + Muestra Seca (g)	65,36	66,81	66,19	66,87	65,43	66,33
Densidad Húmeda (g/cm³)	1,89	2,01	1,89	2,05	1,89	2,06
Densidad Seca (g/cm³)	1,50	1,60	1,52	1,64	1,50	1,64
DEFORMACIONES						
Deformación (mm)	-0,883		-1,423		-1,553	
RELACIONES FUNDAMENTALES DEL ESPECÍMEN DE ENSAYO						
Altura inicial de la muestra (H _i) (mm)	21,36		21,36		21,36	
Gravedad específica de sólidos (G _s)	2,690		2,690		2,690	
Volumen de Sólidos (V _s) (cm³)	31,19		31,05		30,87	
Altura sólidos (H _s) (mm)	15,29		15,22		15,14	
Altura inicial de Vacíos (H _v) (mm)	6,07		6,14		6,22	
Variación en la altura de la muestra (ΔH) (mm)	0,49		0,76		0,83	
Altura final de la muestra (H _f - H _i - ΔH) (mm)	20,87		20,60		20,53	
Altura inicial del agua (H _{wa}) (mm)	10,66		9,95		10,47	
Altura final del agua (H _{wa}) (mm)	10,53		10,20		10,26	
Relación de vacíos inicial (e _i)	0,397		0,403		0,411	
Relación de vacíos final (e _f)	0,365		0,353		0,366	
Grado de saturación inicial (G _{wi}) (%)	175,65		162,15		168,17	
Grado de saturación final (G _{wf}) (%)	188,81		189,54		190,23	
Deformación Unitaria Axial (ε) (%)	2,28		3,54		3,88	

Revisó y Aprobó:

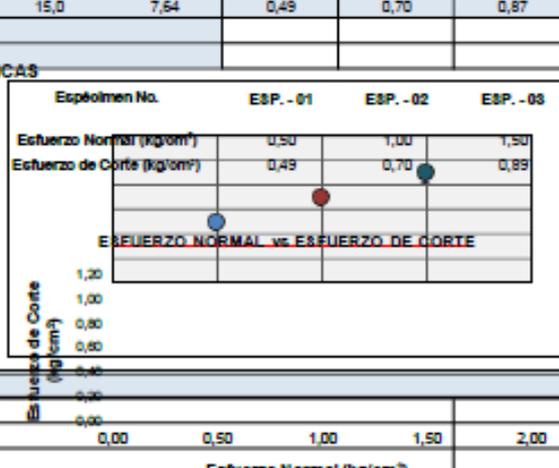
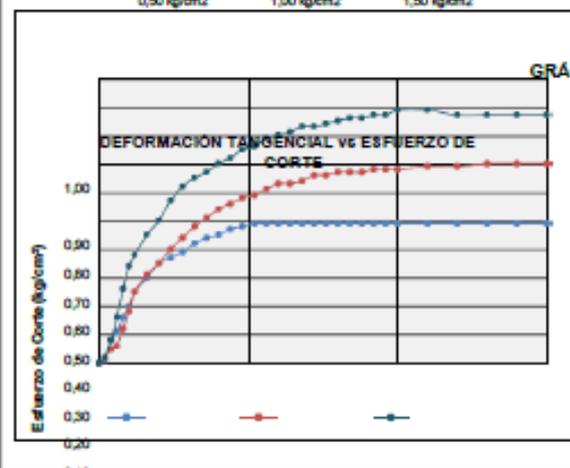
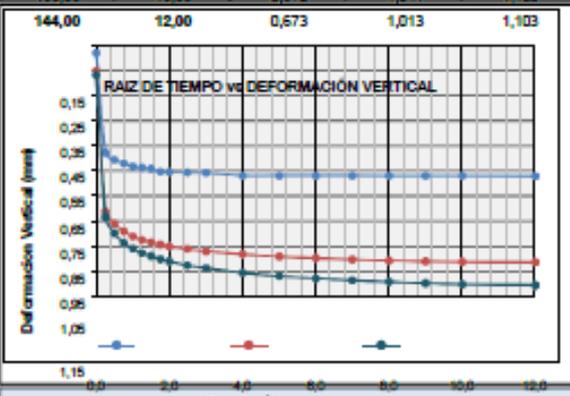
(**) Los datos indicados han sido declarados por el Cliente

Hnos. URTEAGA CONTRATISTAS S.R.L.

Página 9 de 18

Domicilio social: Jr. La Mar Nº 224 RUC: 20453782761 Teléfono: 076- 365288
Visite nuestra página web: www.hurteaga.com

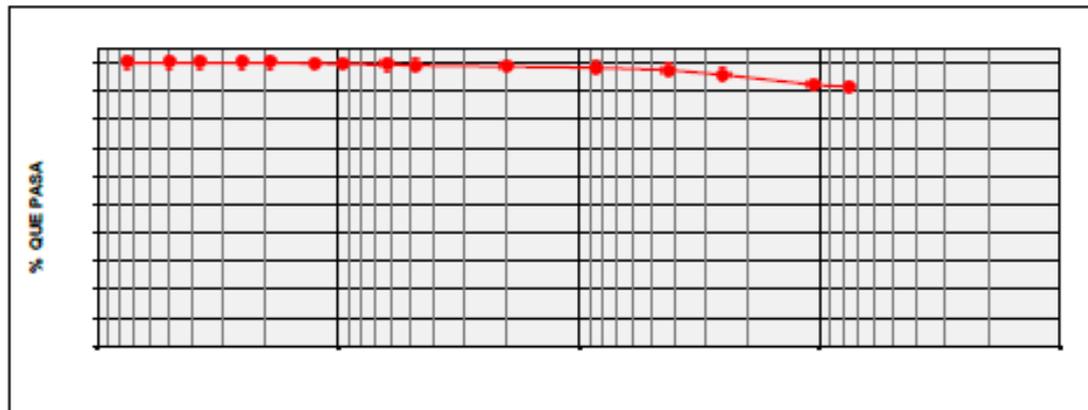
CONSOLIDACIÓN				CORTE				
Espeímen No.	ESP. - 01	ESP. - 02	ESP. - 03	Espeímen No.	ESP. - 01	ESP. - 02	ESP. - 03	
Esfuerzo Normal	0,5 kg/cm ²	1,0 kg/cm ²	1,50 kg/cm ²	Esfuerzo Normal	0,5 kg/cm ²	1,0 kg/cm ²	1,50 kg/cm ²	
TIEMPO (t)		DEFORMACIÓN VERTICAL			Deformación Horizontal	ESFUERZO DE CORTE		
Minutos	Raíz de (t)	(mm)			Horizontal (%)	(kg/cm ²)		
0,00	0,00	0,185	0,255	0,274	0,0	0,00	0,00	0,00
0,07	0,28	0,581	0,812	0,834	0,2	0,10	0,01	0,02
0,25	0,50	0,608	0,860	0,898	0,4	0,20	0,08	0,05
0,57	0,75	0,621	0,891	0,937	0,6	0,31	0,11	0,06
1,00	1,00	0,635	0,911	0,960	0,8	0,41	0,15	0,08
1,57	1,25	0,639	0,924	0,977	1,0	0,51	0,20	0,12
2,25	1,50	0,644	0,934	0,989	1,2	0,61	0,25	0,15
3,07	1,75	0,656	0,943	1,000	1,5	0,82	0,30	0,18
4,00	2,00	0,657	0,950	1,009	2,0	1,02	0,35	0,22
6,25	2,50	0,659	0,961	1,025	2,4	1,22	0,37	0,25
9,00	3,00	0,660	0,970	1,036	2,8	1,43	0,39	0,28
12,00	4,00	0,671	0,982	1,055	3,2	1,63	0,42	0,32
16,00	5,00	0,671	0,991	1,068	3,6	1,83	0,44	0,35
20,00	6,00	0,671	0,997	1,077	4,0	2,04	0,45	0,38
25,00	7,00	0,671	1,002	1,085	4,4	2,24	0,47	0,40
30,00	8,00	0,672	1,006	1,091	4,8	2,45	0,48	0,42
35,00	9,00	0,672	1,009	1,096	5,2	2,65	0,49	0,43
40,00	10,00	0,672	1,011	1,100	5,6	2,85	0,49	0,44
45,00	11,00				6,0	3,05	0,49	0,45
50,00	12,00				6,4	3,25	0,49	0,45
55,00								
60,00								
65,00								
70,00								
75,00								
80,00								
85,00								
90,00								
95,00								
100,00								
105,00								
110,00								
115,00								
120,00								
125,00								
130,00								
135,00								
140,00								
145,00								
150,00								
155,00								
160,00								
165,00								
170,00								
175,00								
180,00								
185,00								
190,00								
195,00								
200,00								



Proyecto (**): Factor de seguridad en las laderas con Métodos Geotécnicos y software Slide, en el sector Las Lagunas, Chota, Cajamarca Ubicación (**): CHOTA - CAJAMARCA Cliente: ABELARDO BARBOZA Material (**): MATERIAL PROPIO Procedencia (**): CALICATA 02 Código de Muestra (**): C-02, M-01 Código de Laboratorio: LH-B-M-2022-0407 Ubicación de Muestreo (**): - Coordenadas (**): -	Informe No.: LH-B-INF-2022-470 Fecha de Muestreo (**): 2022-06-17 Fecha de Recepción: 2022-07-18 Fecha de Informe: 2022-09-06 Técnico Encargado: Jesús Pompa Hora de Muestreo (**): - Clima (**): - Muestreado por (**): - Fechas de Ejecución del Ensayo: Inicio de Ensayo: 2022-07-19 Fin de Ensayo: 2022-07-22									
Condiciones Ambientales:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Inicial</td> <td style="text-align: center;">Final</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Temperatura</td> <td style="text-align: center;">19,73 °C</td> <td style="text-align: center;">18,14 °C</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">HR</td> <td style="text-align: center;">40,35 %</td> <td style="text-align: center;">45,80 %</td> </tr> </table>		Inicial	Final	Temperatura	19,73 °C	18,14 °C	HR	40,35 %	45,80 %
	Inicial	Final								
Temperatura	19,73 °C	18,14 °C								
HR	40,35 %	45,80 %								

SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico NTP 339.128 1999 (revisada el 2019)

Masa Muestra Húmeda:	2 106,41 g					
Masa Seca Inicial:	1 665,43 g					
Masa Seca Lavada:	143,55 g					
	Tamaño máximo de partículas: 3/4 in.					
TAMICES A.S.T.M.	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	EETT (CLIENTE)	DESCRIPCIÓN
6 in.	150,000	0,00	0,0	100,0	-	Bloques (>300 mm): -
4 in.	100,000	0,00	0,0	100,0	-	Bolones (75 mm - 300 mm): 0,0%
3 in.	75,000	0,00	0,0	100,0	-	Gravas (4.75 mm - 75 mm): 1,0%
2 in.	50,000	0,00	0,0	100,0	-	Arenas (0.075 mm - 4.75 mm): 7,6%
1 1/2 in.	37,500	0,00	0,0	100,0	-	Limos y Arcillas (<0.075 mm): 91,4%
1 in.	25,000	0,00	0,0	100,0	-	A. gruesa (4,75 mm - 2,00 mm): 0,4%
3/4 in.	19,000	0,00	0,0	100,0	-	A. media (2,00 mm - 0,425 mm): 1,2%
1/2 in.	12,500	5,62	0,3	99,7	-	A. fina (0,425 mm - 0,075 mm): 6,0%
3/8 in.	9,500	2,68	0,5	99,5	-	
1/4 in.	6,300	3,85	0,7	99,3	-	
No. 4	4,750	4,59	1,0	99,0	-	
No. 10	2,000	6,23	1,4	98,6	-	
No. 20	0,850	7,36	1,8	98,2	-	
No. 40	0,425	13,13	2,6	97,4	-	
No. 60	0,250	27,90	4,3	95,7	-	
No. 140	0,106	58,48	7,8	92,2	-	
No. 200	0,075	12,68	8,6	91,4	-	
Cazoleta	-	0,30			-	
CARACTERÍSTICAS						
						D ₁₀ (ASTM D2487-17)(mm): 0,00
						D ₃₀ (ASTM D2487-17) (mm): 0,00
						D ₆₀ (ASTM D2487-17) (mm): 0,00
						Cu (ASTM D2487-17): -
						Cc (ASTM D2487-17): -
						LL (ASTM D4318-17): 64
						LP (ASTM D4318-17): 31
						IP (ASTM D4318-17): 33
						Error de ensayo (%): 0,044%



Revisó y aprobó:

(**) Los datos indicados han sido proporcionados por el cliente.

	CONTENIDO DE HUMEDAD DE SUELOS (ASTM D2216 - 19)				
	Código : LH-FOR-086	Fecha : 13/05/2022	Versión : 05	Aprobación : JL	

Proyecto (**)	Factor de seguridad en las laderas con Métodos Geotécnicos y software Slide, en el sector Las Lagunas, Chota, Cajamarca			Informe No.	LH-B-INF-2022-470
Ubicación (**)	CHOTA - CAJAMARCA			Fecha de Muestreo (**)	2022-06-17
Cliente	ABELARDO BARBOZA			Fecha de Recepción	2022-07-18
Material	MATERIAL PROPIO			Fecha de Informe	2022-09-06
Procedencia (**)	CALICATA 02			Técnico Encargado	Jesús Pompa
Código de Muestra (**)	C-02, M-01			Hora de Muestreo (**)	-
Código del Laboratorio	LH-B-M-2022-0407			Clima (**)	-
Ubicación de Muestreo (**)	-			Muestreado por (**)	-
Coordenadas (**)	-			Fechas de Ejecución del Ensayo :	
Condiciones Ambientales :		Inicial	Final	Inicio de Ensayo	2022-07-19
Temperatura		19,73 °C	22,00 °C	Fin de Ensayo	2022-07-20
HR		40,35 %	37,67 %		

Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass¹
MÉTODO A

Temperatura de secado:	110 ± 5 °C	Cantidad de material en ocapac:	01
Tamaño máximo de partículas	3/4 in.	Material Excluido de la muestra de ensayo:	NINGUNO

CONTENIDO DE HUMEDAD - GLOBAL			
No. de Tara	C-06	C-07	C-08
Masa de la Tara (g)	83,97	84,48	83,57
Masa de la Tara + Muestra Húmeda (g)	1 137,11	1 137,75	1 139,94
Masa de la Tara + Muestra Seca (g)	916,55	917,33	918,23
Masa del Agua (g)	220,56	220,42	221,71
Masa de la Muestra Seca (g)	832,58	832,85	834,66
Contenido de Humedad (%)	26,5	26,5	26,6
w% PROMEDIO (%)	27		

Revisó y aprobó:

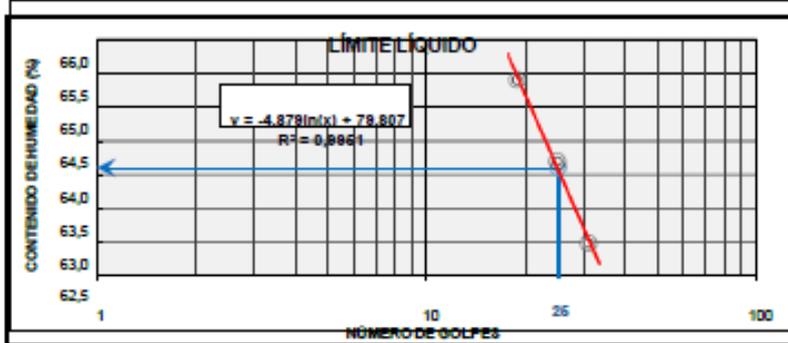
		LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D4318 - 17⁻¹)		 Registro N° LE - 126	
Código	: LH-FOR-085	Fecha	: 13/05/2022	Versión	: 08
Aprobación	: JL	Página	: 01 de 01		

Proyecto (**)	Factor de seguridad en las laderas con Métodos Geotécnicos y software Slide, en el sector Las Lagunas, Chota, Cajamarca				
Ubicación (**)	CHOTA - CAJAMARCA		Informe No.	LH-B-INF-2022-470	
Cliente	ABELARDO BARBOZA		Fecha de Muestreo (**)	2022-06-17	
Material (**)	MATERIAL PROPIO		Fecha de Recepción	2022-07-18	
Procedencia (**)	CALICATA 02		Fecha de Informe	2022-09-06	
Código de Muestra (**)	C-02, M-01		Técnico Encargado	Jesús Pompa	
Código de Laboratorio	LH-B-M-2022-0407		Hora de Muestreo (**)	-	
Ubicación de Muestreo (**)	-		Clima (**)	-	
Coordenadas (**)	-		Muestreado por (**)	-	
Condiciones Ambientales:			Fechas de Ejecución del Ensayo:		
	Temperatura	Inicial 19,73 °C	Final 21,01 °C		
	HR	40,35 %	40,15 %	Inicio de Ensayo	2022-07-19
				Fin de Ensayo	2022-07-21

Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils'

Preparación del Especimen de Ensayo:	Método	Equipo para Límite Plástico:	Manual
Preparación Húmeda	A	Equipo para Límite Líquido:	Manual
Tamizado por lavado en el tamiz No. 40		Ranurador:	Plástico
Preparación con agua destilada		Clasificación SUCS (ASTM D5487 - 17) (*):	CH - Fat clay

LÍMITES DE CONSISTENCIA	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
Tara No.	11	12	13	14	15
Masa de Tara (g)	37,19	27,87	27,52	28,01	28,08
Masa de Tara + Muestra Húmeda (g)	58,31	48,11	48,24	38,05	38,13
Masa de Tara + Muestra Seca (g)	50,15	40,20	40,05	35,66	35,72
Masa del Agua (g)	8,16	7,91	8,19	2,39	2,41
Masa de la Muestra Seca (g)	12,96	12,33	12,53	7,65	7,64
Humedad (%)	63,00	64,20	65,40	31,24	31,54
Número de Golpes	31	25	19	PROMEDIO	31



Límites de Consistencia	
LÍMITE LÍQUIDO (LL):	64
LÍMITE PLÁSTICO (LP):	31
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP):	33
Información Complementaria (***)	
Índice de Líquidos (IL):	-0,14
Índice de Compresión (Cc):	0,49
Consistencia Relativa (CR):	1,14

Revisó y aprobó:

NOTAS: (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. (**) Los datos indicados han sido proporcionados por el cliente. (***) Los datos indicados no forman parte del alcance de Acreditación del Método de Ensayo (ASTM D4318).

		GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS (ASTM D854 - 14)							
Código:	LH-FOR-087	Fecha:	13/05/2022	Versión:	07	Aprobación:	JL	Página:	01 de 01

Proyecto (**)	Factor de seguridad en las laderas con Métodos Geotécnicos y software Slide, en el sector Las Lagunas, Chota, Cajamarca					
Ubicación (**)	CHOTA - CAJAMARCA			Informe No.	LH-B-INF-2022-470	
Cliente	ABELARDO BARBOZA			Fecha de Muestreo (**)	2022-06-17	
Material (**)	MATERIAL PROPIO			Fecha de Recepción	2022-07-18	
Procedencia (**)	CALICATA 02			Fecha de Informe	2022-09-06	
Código de Muestra (**)	C-02, M-01			Técnico Encargado	Jesús Pompa	
Código de Laboratorio	LH-B-M-2022-0407			Hora de Muestreo (**)	-	
Ubicación de Muestreo (**)	-			Clima (**)	-	
Coordenadas (**)	-			Muestreado por (**)	-	
Condiciones Ambientales:		Inicial	Final	Fechas de Ejecución del Ensayo:		
	Temperatura	17,25 °C	17,95 °C	Inicio de Ensayo		
	HR	46,69 %	47,58 %	Fin de Ensayo		
				2022-07-25		
				2022-07-26		

Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer¹

Método de Ensayo Utilizado	METCOO B	
Clasificación SUCS (ASTM D 2487 - 17) (*)	CH - Fat clay	
% que pasa el tamiz No. 4	99,00 %	
Material excluido de la muestra de ensayo	> No. 4	1,00 %

GRAVEDAD ESPECÍFICA			
ESPECIMEN DE ENSAYO No.	E - 1	E - 2	E - 3
No. Fiola	18	19	20
Masa de la Muestra Seca (g)	105,94	105,46	104,98
Masa de la Fiola + Agua + Muestra (g)	769,50	769,60	769,80
Temperatura del Agua (°C)	19,6	19,6	19,6
Masa Media Calibrada de la Fiola (g)	203,95	204,53	204,96
Volumen Promedio Calibrado de la Fiola (g)	499,79	499,74	499,89
Masa de la Fiola + Agua a temperatura de Ensayo (g)	702,88	703,41	703,99
Densidad del Agua a temperatura de Ensayo (g/ml)	0,99829	0,99829	0,99829
Factor "K"	1,00008	1,00008	1,00008
Gravedad Específica (G_{spc})	2,694	2,685	2,680
Gravedad Específica Promedio ($G_{spc, promedio}$)	2,68		

Revisó y aprobó:

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(**) Los datos indicados han sido proporcionados por el cliente.



CLASIFICACIÓN DE SUELOS (ASTM D 2487 - 17) (*)

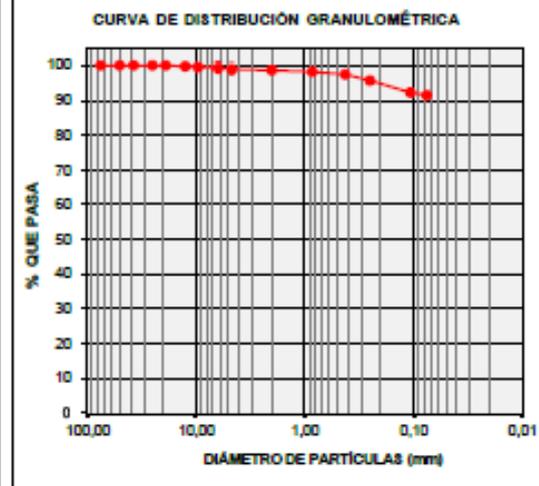
Código: LH-FOR-088 Fecha: 14/11/2020 Versión: 04 Aprobación: GG Página: 01 de 01

Proyecto (**): Factor de seguridad en las laderas con Métodos Geotécnicos y software Slide, en el sector Las Lagunas, Chota, Cajamarca Ubicación (**): CHOTA - CAJAMARCA Cliente: ABELARDO BARBOZA Material (**): MATERIAL PROPIO Procedencia (**): CALCATA 02 Código de Muestra (**): C-02, M-01 Código de Laboratorio: LH-B-M-2022-0407 Condiciones Ambientales: Temp.: - HR: -	Informe No.: LH-B-INF-2022-470 Fecha de Muestreo (**): 2022-06-17 Fecha de Recepción: 2022-07-18 Fecha de Ensayo: - Fecha de Informe: 2022-09-06
---	--

Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)¹ (*)

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA DE ENSAYO					
Tamaño máx. de partícula:	3/4 in.	Diámetro Efectivo D ₁₀ (mm):	0,00	Límite Líquido (LL):	64
Bloques (>300 mm):	-	Diámetro Efectivo D ₆₀ (mm):	0,00	Límite Plástico (LP):	31
Bolones (75 mm - 300 mm):	0,0%	Diámetro Efectivo D ₃₀ (mm):	0,00	Índice de Plasticidad (IP):	33
Gravas (4.75 mm - 75 mm):	1,0%	Coefficiente de Uniformidad (Cu):	-	Índice de Liquidez (IL):	-0,14
Arenas (0.075 mm - 4.75 mm):	7,6%	Coefficiente de Curvatura (Cc):	-	Índice de Compresión (Cc):	0,49
Limos y Arcillas (<0.075 mm):	91,4%	Error de ensayo (%):	0,044%	Consistencia Relativa (CR):	1,14
Masa Muestra Húmeda:	2 105,41 g	CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487 - 17) (*)			
Masa Seca Inicial:	1 665,43 g	CH - Fat clay			
Masa Seca Lavada:	143,55 g				

TAMICES A.S.T.M.	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	% RTDO ACUM	% QUE PASA
3 in	75,000	0,00	0,0	100,0
2 in	50,000	0,00	0,0	100,0
1 1/2 in	37,500	0,00	0,0	100,0
1 in	25,000	0,00	0,0	100,0
3/4 in	19,000	0,00	0,0	100,0
1/2 in	12,500	5,62	0,3	99,7
3/8 in	9,500	2,68	0,5	99,5
1/4 in	6,300	3,85	0,7	99,3
No. 4	4,750	4,59	1,0	99,0
No. 10	2,000	6,23	1,4	98,6
No. 20	0,850	7,36	1,8	98,2
No. 40	0,425	13,13	2,6	97,4
No. 60	0,250	27,90	4,3	95,7
No. 140	0,106	58,48	7,8	92,2
No. 200	0,075	12,68	8,6	91,4
Cazoleta	-	0,30		



CLASIFICACIÓN	
NOMBRE ALTERNATIVO (NTP 338.134) (*)	A.A.S.H.T.O. (NTP 338.136 - ASTM D 3282) (*)
CH - Arcilla de alta plasticidad	A-7-6 (36) Suelo arcilloso

Revisó y aprobó:

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(**) Los datos indicados han sido proporcionados por el cliente.

Código: LH-FOR-120 Fecha: 13/05/2022 Versión: 03 Aprobación: GG Página: 01 de 01

Proyecto (**)	: Factor de seguridad en las laderas con Métodos Geotécnicos y software Slide, en el sector Las Lagunas, Chota, Cajamarca	Informe No.	: LH-B-INF-2022-470
Ubicación (**)	: CHOTA - CAJAMARCA	Fecha de Muestreo (**)	: 2022-06-17
Cliente	: ABELARDO BARBOZA	Fecha de Recepción	: 2022-07-18
Material (**)	: MATERIAL PROPIO	Fecha de Informe	: 2022-09-06
Procedencia (**)	: CALICATA 02	Técnico Encoargado	: Nilton Julcamero
Código de Muestra (**)	: C-02, M-02	Hora de Muestreo (**)	: -
Código de Laboratorio	: LH-B-M-2022-0408	Clima (**)	: -
Ubicación de Muestreo (**)	: -	Muestreado por (**)	: -
Coordenadas (**)	: -	Fechas de Ejecución del Ensayo:	
Condiciones Ambientales:		Inicio de Ensayo	: 2022-07-19
		Fin de Ensayo	: 2022-07-21

	Inicial	Final
Temperatura	17,55 °C	16,56 °C
HR	41,64 %	50,26 %

SUELOS: Peso Volumétrico de Suelo Cohesivo (*)

Clasificación SUCS (ASTM D 2487 - 17) (*) : CH - Fat clay

CONTENIDO DE HUMEDAD			
ESPECIMEN DE ENSAYO No.	E - 1	E - 2	E - 3
No. de Tara	T-1	T-2	T-3
Masa de la Tara (g)	60,26	50,43	48,33
Masa de la Tara + Muestra Húmeda (g)	271,49	183,68	278,42
Masa de la Tara + Muestra Seca (g)	227,49	151,56	242,35
Masa del Agua (g)	44,00	32,12	36,07
Masa de la Muestra Seca (g)	167,23	101,13	194,02
Contenido de Humedad (%)	26,3	31,8	18,6
RELACIONES MASA - VOLUMEN			
ESPECIMEN DE ENSAYO No.	E - 1	E - 2	E - 3
Masa de Muestra Húmeda (g)	218,49	174,79	244,07
Masa de Muestra Húmeda + Parafina (g)	253,47	200,34	281,75
Masa de Muestra Húmeda + Parafina - Sumergida en agua (g)	87,43	69,12	89,09
Temperatura del Agua (°C)	21,0	21,0	21,0
Gravedad Específica de Sólidos (ASTM D854)	2,69	2,69	2,69
Factor "K"	0,99979	0,99979	0,99979
Masa de Muestra Seca (g)	172,99287	132,61760	205,79258
Peso de la Parafina (g)	34,98	25,55	37,68
Volumen de Suelo + Parafina (cm ³)	166,00	131,19	192,62
Volumen de Parafina (cm ³)	39,00	28,48	42,01
Volumen de Muestra - V (cm ³)	127,00	102,71	150,61
Volumen de Sólidos - Vs (cm ³)	64,31	49,30	76,50
Densidad Aparente Húmeda (g/cm ³)	1,720	1,702	1,621
Densidad Aparente Seca (g/cm ³)	1,362	1,291	1,366
Relación de Vacíos - e	0,975	1,083	0,969
Porosidad - n (%)	49,363	52,001	49,205
Densidad Aparente Húmeda Promedio (g/cm ³)		1,681	
Densidad Aparente Seca Promedio (g/cm ³)		1,340	
Relación de Vacíos Promedio - e		1,008	
Porosidad Promedio (%)		60,188	

Densidad de la Parafina: 0,897 g/cm³

Revisó y aprobó:

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(**) Los datos indicados han sido proporcionados por el cliente.

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(ASTM D3080/D3080M - 11) (*)**

Código : LH-FOR-093 Fecha : 01/06/2022 Versión : 05 Aprobación : JL Página : 01 de 02

Proyecto (**)	Factor de seguridad en las laderas con Métodos Geotécnicos y software Slide, en el sector Las Lagunas, Chota, Cajamarca			Informe No.	LH-B-INF-2022-470
Ubicación (**)	CHOTA - CAJAMARCA			Fecha de Muestreo (**)	2022-06-17
Cliente (**)	ABELARDO BARBOZA			Fecha de Recepción	2022-07-18
Material (**)	MATERIAL PROPIO			Fecha de Informe	2022-09-06
Procedencia (**)	CALICATA 02			Técnico Encargado	Nilton Julcamero
Código de Muestra (**)	C-02, M-01			Hora de Muestreo (**)	-
Código de Laboratorio	LH-B-M-2022-0407			Clima (**)	-
Ubicación de Muestreo (**)	-			Muestreado por (**)	-
Coordenadas (**)	-			Fechas de Ejecución del Ensayo :	
Condiciones Ambientales :		Inicial	Final	Inicio de Ensayo	2022-07-25
	Temperatura	-	-	Fin de Ensayo	2022-07-26
	HR	-	-		

Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions (*)

DATOS GENERALES					
Sondaje No. / Calicata No. / Estrato No.	C-02		Muestra No. / Profundidad (m)	M-01	1,80 m.
Masa del Anillo (g)	120,12	Símbolo de Grupo SUCS		CH	
Altura del Anillo (mm)	21,36	Estado de la Muestra		Alterada	
Diámetro del Anillo (mm)	50,96	Condición de Ensayo		Consolidado - Drenado	
Área del Anillo (cm ²)	20,40	Condición de la estructura del suelo		Remoldeado	
Volumen del Anillo (cm ³)	43,57	Velocidad de Ensayo		0,18 mm/min	

CORTE DIRECTO						
ESPECIMEN No.	ESPECIMEN - 01		ESPECIMEN - 02		ESPECIMEN - 03	
ESFUERZO NORMAL	0,60 kg/cm ²		1,00 kg/cm ²		1,60 kg/cm ²	
DESCRIPCIÓN	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
CONTENIDO DE HUMEDAD						
No. de Tara	67	68	69	70	71	72
Masa de la Tara (g)	37,16	37,19	37,17	37,18	37,18	37,12
Masa de Tara + Muestra Húmeda (g)	140,77	113,55	132,12	112,82	140,65	111,95
Masa de Tara + Muestra Seca (g)	116,82	94,79	110,08	94,51	117,27	94,36
Masa del Agua (g)	23,95	18,76	22,04	18,31	23,38	17,59
Masa de Muestra Seca (g)	79,66	57,60	72,91	57,33	80,09	57,24
Humedad (%)	30,1	32,6	30,2	31,9	29,2	30,7
DENSIDADES						
Altura del Especimen (mm)	21,36	20,21	21,36	19,64	21,36	19,50
Masa del Molde + Muestra (g)	194,4	196,48	194,38	195,75	194,41	194,95
Masa de Tara + Muestra Húmeda (g)	74,28	76,36	74,26	75,64	74,29	74,83
Masa de Tara + Muestra Seca (g)	57,09	57,59	57,04	57,35	57,50	57,25
Densidad Húmeda (g/cm ³)	1,70	1,85	1,70	1,89	1,71	1,88
Densidad Seca (g/cm ³)	1,31	1,40	1,31	1,43	1,32	1,44
DEFORMACIONES						
Deformación (mm)	-1,149		-1,716		-1,856	
RELACIONES FUNDAMENTALES DEL ESPECIMEN DE ENSAYO						
Altura inicial de la muestra (H _i) (mm)	21,36		21,36		21,36	
Gravedad específica de sólidos (G _s)	2,690		2,690		2,690	
Volumen de Sólidos (V _s) (cm ³)	28,39		28,12		27,82	
Altura sólidos (H _s) (mm)	13,92		13,79		13,64	
Altura inicial de Vacíos (H _v) (mm)	7,44		7,57		7,72	
Variación en la altura de la muestra (ΔH) (mm)	1,07		1,50		1,80	
Altura final de la muestra (H _f - H _i - ΔH) (mm)	20,29		19,86		19,56	
Altura inicial del agua (H _{wa}) (mm)	11,27		11,20		10,71	
Altura final del agua (H _{wa}) (mm)	12,21		11,83		11,26	
Relación de vacíos inicial (e _i)	0,535		0,549		0,566	
Relación de vacíos final (e _f)	0,458		0,441		0,434	
Grado de saturación inicial (S _{wi}) (%)	151,42		147,86		138,75	
Grado de saturación final (S _{wf}) (%)	191,54		194,73		190,12	
Deformación Unitaria Axial (ε) (%)	5,01		7,02		8,41	

Revisó y Aprobó:

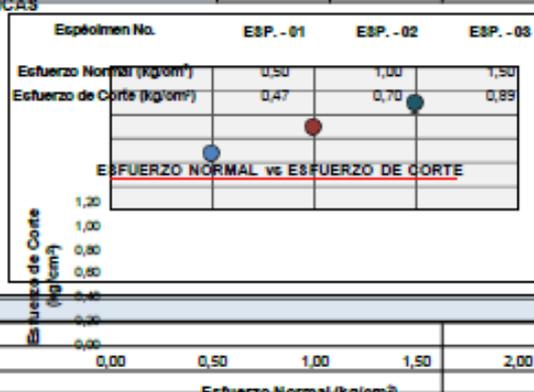
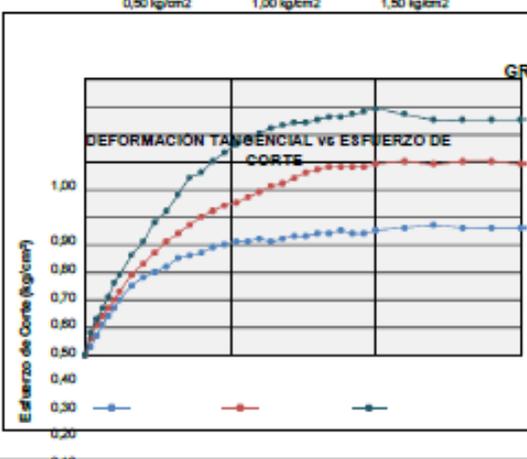
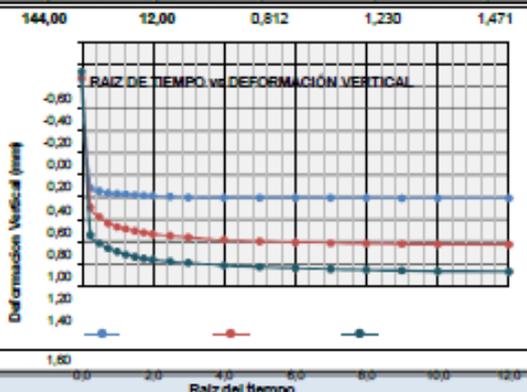
(*) Los datos indicados han sido declarados por el Cliente

Hnos. URTEAGA CONTRATISTAS S.R.L.

Página 17 de 18

Domicilio social: Jr. La Mar Nº 224 RUC: 20453782761 Teléfono: 076- 365288
Visite nuestra página web: www.hurleo.com

CONSOLIDACIÓN					CORTE				
Espélimen No.		ESP. - 01	ESP. - 02	ESP. - 03	Espélimen No.		ESP. - 01	ESP. - 02	ESP. - 03
Esfuerzo Normal		0,6 kg/cm ²	1,0 kg/cm ²	1,60 kg/cm ²	Esfuerzo Normal		0,6 kg/cm ²	1,0 kg/cm ²	1,60 kg/cm ²
TIEMPO (t)		DEFORMACIÓN VERTICAL			Deformación Horizontal (%)	Deformación Horizontal (mm)	ESFUERZO DE CORTE		
Minutos	Raíz de (t)	(mm)					(kg/cm ²)		
0,00	0,00	-0,258	-0,269	-0,326	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
0,07	0,28	0,722	0,896	1,145	0,2	0,10	0,03	0,06	0,08
0,26	0,50	0,747	0,980	1,215	0,4	0,20	0,07	0,11	0,13
0,57	0,76	0,767	1,038	1,262	0,6	0,31	0,11	0,14	0,17
1,00	1,00	0,775	1,070	1,293	0,8	0,41	0,14	0,17	0,21
1,67	1,26	0,777	1,090	1,319	1,0	0,51	0,17	0,20	0,25
2,26	1,50	0,785	1,108	1,338	1,2	0,61	0,20	0,23	0,29
3,07	1,76	0,789	1,122	1,354	1,6	0,82	0,25	0,29	0,36
4,00	2,00	0,793	1,137	1,366	2,0	1,02	0,28	0,33	0,41
6,26	2,60	0,801	1,151	1,383	2,4	1,22	0,30	0,37	0,48
8,00	3,00	0,806	1,165	1,394	2,8	1,43	0,32	0,41	0,52
10,00	4,00	0,809	1,189	1,418	3,2	1,63	0,35	0,44	0,58
15,00	5,00	0,809	1,201	1,431	3,6	1,83	0,36	0,47	0,64
20,00	6,00	0,809	1,209	1,441	4,0	2,04	0,37	0,50	0,66
25,00	7,00	0,810	1,215	1,450	4,4	2,24	0,39	0,52	0,70
30,00	8,00	0,810	1,220	1,457	4,8	2,45	0,40	0,54	0,73
35,00	8,00	0,811	1,224	1,463	5,2	2,65	0,41	0,55	0,76
40,00	10,00	0,811	1,227	1,468	5,6	2,85	0,41	0,57	0,78
45,00	12,00	0,812	1,230	1,471	6,0	3,06	0,42	0,59	0,80
50,00	14,00				6,4	3,26	0,41	0,61	0,82
55,00	16,00				6,8	3,47	0,42	0,62	0,83
60,00	18,00				7,2	3,67	0,42	0,64	0,84
65,00	20,00				7,6	3,87	0,43	0,66	0,84
70,00	22,00				8,0	4,08	0,44	0,67	0,85
75,00	24,00				8,4	4,28	0,44	0,68	0,86
80,00	26,00				8,8	4,48	0,45	0,68	0,86
85,00	28,00				9,2	4,69	0,44	0,68	0,87
90,00	30,00				9,6	4,89	0,44	0,68	0,88
95,00	32,00				10,0	5,10	0,45	0,69	0,89
100,00	34,00				11,0	5,61	0,46	0,70	0,87
105,00	36,00				12,0	6,12	0,47	0,69	0,86
110,00	38,00				13,0	6,62	0,46	0,70	0,85
115,00	40,00				14,0	7,13	0,46	0,70	0,85
120,00	42,00				15,0	7,64	0,46	0,69	0,85



0,00 5 10 15 **RESULTADOS**