



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y

METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**EVALUACIÓN DE TALUDES EN EL SECTOR DE CHUJUCUYO
DE LA PROVINCIA DE MOHO DEPARTAMENTO DE PUNO -**

2023

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. WILDER DARÍO RODRIGO MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO – PERÚ

2023



NOMBRE DEL TRABAJO

**EVALUACIÓN DE TALUDES DEL SECTOR
DE CHUJUCUYO DE LA PROVINCIA DE M
OHO DEPARTAMENTO DE PUNO**

AUTOR

WILDER DARIO RODRIGO MAMANI

RECuento DE PALABRAS

18682 Words

RECuento DE CARACTERES

108491 Characters

RECuento DE PÁGINAS

153 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

11.6MB

FECHA DE ENTREGA

Dec 20, 2023 8:05 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Dec 20, 2023 8:07 PM GMT-5

● **12% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada bas

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Cros

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)


HECTOR PAUL MACHACA CONDORI
INGENIERO GEOLÓGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31192



Dr. Leonel Palomino Ascencio
Director (e) de la Unidad de Investigación
EPIG

Resumen



DEDICATORIA

Es un profundo agradecimiento y cariño que les dedico este trabajo para mis padres Narciso Serapio Rodrigo Justo y Arminda Mamani Calli, para mi hermano Kenny Fernández; por su amor apoyo incondicional han sido la base de mi formación y desarrollo personal, y su presencia constante ha sido fundamental en el camino hacia la realización de mis sueños.

Espero que esta tesis sea un pequeño testimonio de mi gratitud hacia ellos y a mi dedicación en el campo de estudio. Este trabajo sea una muestra de mi compromiso hacia la investigación científica y de mi deseo de contribuir al conocimiento.

Wilder Dario



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme dado la vida, la salud y la oportunidad de realizar esta tesis.

Quiero agradecer a mi asesor de tesis Dr. Héctor Raúl Machaca Condori; por su valioso apoyo y guía durante todo el proceso de investigación. Sin su orientación y motivación, esta tesis no habría sido posible.

En memoria del Dr. Erasmo Godofredo Carnero Carnero, que desde el cielo nos guía con sus valores y dedicación a la ingeniería geológica-geotécnica.

Finalmente quiero agradecer a mi familia por su amor, apoyo y comprensión incondicional durante el proceso de investigación.

Wilder Dario



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	16
ABSTRACT.....	17
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.2.1 Problema General.....	20
1.2.2 Problema específico:	20
1.3 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	20
1.3.1 Hipótesis General	20
1.3.2 Hipótesis específica:.....	20
1.4 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.4.1 Objetivo General	21
1.4.2 Objetivos Específicos.....	21
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	21
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	



2.1	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	23
2.1.1	Antecedentes internacionales:	23
2.1.2	Antecedentes nacionales:	24
2.1.3	Antecedentes locales:	26
2.2	BASES TEÓRICAS	29
2.2.1	TALUD	29
2.2.1.1	Partes de un talud	30
2.2.1.2	Deslizamientos	32
2.2.1.3	Partes de un deslizamiento	32
2.2.2	Procesos geodinámicos externos	34
2.2.2.1	Movimientos de ladera	34
2.2.2.2	Tipos de movimiento de Ladera	34
2.2.2.3	Caracterización de la erosión hídrica	38
2.2.3	Procesos geodinámicos internos	39
2.2.3.1	Sismicidad	39
2.2.3.2	Sismicidad en la región de Puno	40
2.2.3.3	Peligros generados por fenómeno geodinámica	42
2.3	GEOTECNIA	43
2.3.1	Geomecánica de rocas	43
2.3.1.1	Mapeo geomecánico	43
2.3.1.2	Caracterización del macizo rocoso	43
2.3.1.3	La clasificación RMR	44
2.3.1.4	La clasificación GSI	46
2.3.2	Análisis cinemático	46
2.3.3	Tipos de Análisis Cinemático	47



2.3.3.1	Falla planar	47
2.3.3.2	Falla cuñas	47
2.3.3.3	Falla volcamiento directo	47
2.3.4	Mecánica de suelos	48
2.3.5	Resistencia al esfuerzo cortante	50
2.3.6	Clasificación de los suelos	51
2.4	Métodos de cálculo	53
2.4.1	Clasificación de los métodos de calculo	53
2.4.2	Métodos de equilibrio limite	53
2.4.2.1	Métodos exactos	54
2.4.2.2	Métodos no exactos	54
2.4.3	Software SLIDE	60
2.4.4	Factor de seguridad	61
2.4.5	Nivel de peligro en la estabilidad del talud	62
2.5	MEDIDAS ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN.....	63
2.5.1	Drenaje	64
2.5.2	Medidas de protección contra caída de rocas y derrumbe superficial.....	66
2.6	MARCO CONCEPTUAL	68
2.6.1	Estabilidad.....	68
2.6.2	Análisis de estabilidad.....	68
2.6.3	Factor de seguridad:	68
2.6.4	Carretera.....	68
CAPÍTULO III		
MATERIALES Y MÉTODOS		
3.1	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	71



3.1.1	Nivel de Investigación.....	71
3.1.2	Diseño de investigación.	71
3.2	PROCEDIMIENTO.....	71
3.2.1	Fase preliminar.....	71
3.2.2	Fase de campo.....	72
3.2.2.1	Levantamiento topográfico con Dron.....	72
3.2.2.2	Evaluación geomecánica de rocas.....	72
3.2.2.3	Evaluación mecánica de suelos.....	72
3.2.3	Fase gabinete.....	73
3.2.4	Materiales.....	73
CAPÍTULO IV		
CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO		
4.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	74
4.1.1	Accesibilidad.....	74
4.1.2	Clima y Meteorología.....	75
4.1.3	Vegetación.....	75
4.1.4	Topografía.....	75
4.2	GEOLOGÍA REGIONAL.....	76
4.2.1	Formación Muni (JsKi-mu).....	76
4.2.2	Formación Huancané (Ki-hua).....	76
4.2.3	Grupo Moho (Kis-mo).....	77
4.2.4	Formación Vilquechico (Ks-vi).....	77
4.2.5	Formación Auzangate (KsP-au).....	77
4.2.6	Formación Muñani (P-m).....	78
4.2.7	Grupo Puno (P-pu).....	78



4.3	GEOMORFOLOGÍA REGIONAL	79
4.3.1	Unidades geomorfológicas. -	79
4.3.2	Zona de Pampas	80
4.3.3	Zona de Lagos	80
4.3.4	Montañas	80
4.4	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL	81
4.4.1	Dominio suroeste	81
4.4.2	Dominio central.....	81
4.4.3	Dominio noreste	82
4.5	GEOLOGÍA LOCAL	82
4.5.1	Formación Huancané (Ki-hn)	82
4.5.2	Depósitos cuaternarios	83
4.5.2.1	Depósitos aluviales (Q-al).....	83
4.5.3	Depósitos fluviales (Q-fl).....	83
4.5.4	Geomorfología local.....	83

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1	CARACTERIZACIÓN DE LA GEOLOGÍA	84
5.2	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EN ROCAS	86
5.2.1	RMR de Bieniawski	87
5.2.2	Clasificación de GSI	88
5.2.3	Análisis cinemático	88
5.2.3.1	Estación geomecánica 01	88
5.2.3.2	Estación geomecánica 02	90
5.3	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EN SUELOS	92



5.3.1	Mecánica de suelos	92
5.3.2	Estabilidad de talud	93
5.3.3	Condiciones del análisis	93
5.3.3.1	Análisis de estabilidad estática	94
5.3.4	Cálculo del factor de seguridad	94
5.3.4.1	Análisis de estabilidad pseudoestáticas	95
5.3.5	Medidas de prevención propuestos	96
5.3.6	Drenajes	96
5.3.7	Tipos de muros	97
5.3.8	Medida preventiva de macizo rocoso	98
5.3.9	Mallas ancladas:	98
VI.	CONCLUSIONES	99
VII.	RECOMENDACIONES	100
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
ANEXOS	106

Área : Geotecnia

Tema : Evaluación de taludes

Fecha de sustentación: 27 de diciembre de 2023.



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tipos de movimiento de ladera.....	35
Tabla 2. Clasificación geomecánica RMR.....	45
Tabla 3. Sistema unitario de clasificación de suelos SUCS Bowles, (1981).....	52
Tabla 4. Correlación de tipos de suelos AASHTO – SUCS.....	53
Tabla 5. Coeficientes de seguridad a emplear en el análisis de estabilidad de taludes	62
Tabla 6. Tipos de Drenaje de Talud.....	66
Tabla 7. Coordenadas geográficas de la zona de estudio.....	74
Tabla 8. Accesibilidad a la ciudad de Moho.....	74
Tabla 9. Coordenadas geográficas de los taludes.	86
Tabla 10. Clasificación geomecánica de las progresiva RMR.....	87
Tabla 11. Clase de estabilidad de RMR.....	87
Tabla 12. Clasificación geomecánica de las estaciones GSI.....	88
Tabla 13. Datos para el análisis del talud progresiva Km 55+400.....	89
Tabla 14. Datos para el análisis del talud progresiva Km 55+600.....	91
Tabla 15. Resultados de mecánica de suelos.	93
Tabla 16. Análisis de estabilidad estática en la progresivas 56+000.....	94
Tabla 17. Análisis de estabilidad estática en la progresivas Km. 56+200.....	94
Tabla 18. Análisis de estabilidad Pseudoestáticas en la progresivas Km. 56+000.....	96
Tabla 19. Análisis de estabilidad Pseudoestáticas en la progresivas Km. 56+200.....	96



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Talud artificial.....	30
Figura 2. Talud natural.	30
Figura 3. Partes generales de un talud o ladera.	31
Figura 4. Partes que conforman un deslizamiento.	34
Figura 5. Deslizamientos rotacionales en rocas y en suelos.....	35
Figura 6. Deslizamientos traslacionales en suelos y rocas	36
Figura 7. Desprendimiento de rocas.....	36
Figura 8. Vuelco o desprendimiento de rocas y suelos	37
Figura 9. Los factores condicionantes en movimientos de ladera.....	37
Figura 10. Etapas de la erosión hídrica.	39
Figura 11. Mapa de Zonificación de acuerdo a la Norma E-030.	41
Figura 12. Mapa sísmico y tectónico de la Región Puno	41
Figura 13. Peligro sísmico.....	42
Figura 14. Mapeo geomecánico del macizo rocoso	43
Figura 15. Determinación del RQD por fisuras del macizo rocoso	44
Figura 16. Mecanismos de desprendimiento del análisis cinemático:	46
Figura 17. Representación estereográfica de las condiciones estructurales	48
Figura 18. En el gráfico en el que se recogen los diferentes métodos de cálculo.....	55
Figura 19. Equilibrio de una rebanada.....	55
Figura 20. Importancia relativa del cumplimiento del equilibrio de momentos o de fuerzas horizontales en función del probable mecanismo de rotura.	57
Figura 21. Fuerzas que actúan sobre una dovela del método de Fellenius.	58



Figura 22. (a) fuerzas actuantes en la n-enésima dovela, (b) polígono de fuerzas en equilibrio.....	59
Figura 23. Esquema de estabilidad del talud.....	61
Figura 24. Erosión de Berma de Carretera (arriba) y Medidas	64
Figura 25. Medidas Preventivas para Flujo de Escombros Causa principal:	64
Figura 26. Ejemplo de Canal de Drenaje Subterráneo	65
Figura 27. Derrumbe Superficial.....	66
Figura 28. Medidas de Prevención contra Caída de Rocas y Derrumbe (muro de gavión también es efectivo)	67
Figura 29. Se observa tres familias de discontinuidades del macizo rocoso de arenisca cuarzosa en la progresiva Km 55+400.....	88
Figura 30. Estereograma ploteado con las familias de juntas, análisis por falla planar	89
Figura 31. Estereograma ploteado con las familias de juntas, análisis de falla por cuña	90
Figura 32. Se observa tres familias de discontinuidades del macizo rocoso arenisca cuarzosa en la progresiva Km 55+600.....	91
Figura 33. Estereograma ploteado con las familias de juntas, análisis de falla por cuña	92
Figura 34. La aceleración para la región Puno en el sector de Chujucuyo la sismicidad	95
Figura 35. Tipos de muros de alternativa.....	97
Figura 36. Control de caída de rocas utilizando mallas ancladas.....	98



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

AASHTO:	"American Asociation Standards Highway Transportation Officials"
NAVFAC	"Naval Facilities Engineering Command"
FHWA	"Federal Highway Administration"
CE.020	"Estabilizacion de suelos y taludes del R.N.E"
SUCS:	"Sistema Unificado de Clasificación de Suelos"
INGEMMET:	"Instituto Geológico Minero y Metalúrgico"
IMDA:	"Índice diario anual"
LL:	"Limite liquido"
LP:	"Limite plástico"
IP:	"Índice de plasticidad"
RQD:	"Designación de calidad de la roca"
RMR:	"Clasificación del macizo rocoso"
GSI:	"Índice de Resistencia Geológica"
UTM:	"Transversal Universal de Mercator"
EPP:	"Equipo de protección personal"
KM:	"Kilometro"



RESUMEN

El área de investigación está ubicada en el sector de Chujucuyo de la provincia de Moho, departamento de Puno; tiene como objetivo evaluar las condiciones geomecánicas de los taludes en las progresivas de la carretera Moho - Conima 55+400 al 56+200, en taludes de rocas y suelo. La metodología de investigación utilizada es cuantitativa, de nivel descriptivo, diseño no experimental. La zona presenta afloramientos de la Formación Huancané (Ki-hua) areniscas cuarzosas blanquecinas de grano medio a fino, con estructuras sedimentarias de estratificación, moderadamente meteorizadas con diaclasas, también se encuentra depósitos coluviales. De la caracterización del macizo rocoso se tiene un $RQD=43$ y $RQD=48$ respectivamente de calidad regular las clasificaciones geomecánicas a partir de $RMR=54$ y $RMR=59$ y $GSI=49$ y $GSI=54$ es el tipo de calidad regular del macizo rocoso, el análisis cinemático de rotura planar y cuña. Los suelos de la progresiva 56+040 se clasifican en AASHTO A-1-b (0) de suelo bueno a malo. $SUCS= GP-GM$, humedad natural 12.38%, $\phi=25.7$, $c=0.02$. Progresiva 56+115 AASHTO A-2-4 (0), $SUCS = SP-SM$, humedad natural 9.36%, $IP=1.16\%$, $\phi=20.8$, $c=0.12$, con el software Slide V.6, se calculó el factor de seguridad en condiciones estáticas y pseudoestáticas la aceleración en la zona 2, la aceleración se consideró 0.25, en el talud presenta el factor de seguridad 0.820 y 1.131 por ser una zona inestable.

Palabras clave: Deslizamiento, evaluación, taludes, caracterización, geomecánica.



ABSTRACT

The research area is located in the Chujucuyo sector of the province of Moho, department of Puno; Its objective is to evaluate the geomechanical conditions of the slopes in the progressive sections of the Moho - Conima highway 55+400 to 56+200, on rock and soil slopes. The research methodology used is quantitative, descriptive level, non-experimental design. The area presents outcrops of the Huancané Formation (Kihua), whitish quartz sandstones of medium to fine grain, with stratification sedimentary structures, moderately weathered with joints, colluvial deposits are also found. From the characterization of the rock mass, there is a RQD=43 and RQD=48 respectively of regular quality, the geomechanical classifications based on RMR=54 and RMR=59 and GSI=49 and GSI=54 is the type of regular quality of the rock mass. , the kinematic analysis of planar and wedge failure. Progressive 56+040 soils are classified in AASHTO A-1-b (0) from good to poor soil. SUCS= GP-GM, natural humidity 12.38%, $\phi=25.7$, $c=0.02$. Progressive 56+115 AASHTO A-2-4 (0), SUCS = SP-SM, natural humidity 9.36%, IP=1.16%, $\phi=20.8$, $c=0.12$, with Slide V.6 software, the factor was calculated of safety in static and pseudostatic conditions the acceleration in zone 2, the acceleration was considered 0.25, on the slope it presents the safety factor 0.820 and 1.131 because it is an unstable zone.

Keywords: Landslide, evaluation, slopes, characterization, geomechanics.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Particularmente el estudio de esta investigación tiene la problemática que va relacionado con la evaluación de taludes, ya sean estos macizo rocoso y suelos. Es uno de los temas más mencionados por la ingeniería es preciso como solucionar los problemas de inestabilidad que presentan los taludes que en su mayoría se encuentran en las carreteras. En nuestra región de Puno se han reportado los distintos casos de inestabilidad, ya sean por razones geológicas, precipitaciones pluviales.

Es importante de evaluar ya que puede servir de base para estudios posteriores sobre la inestabilidad de taludes de rocas y suelos de fracturadas e identificar las causas de su inestabilidad con el fin de obtener soluciones en situaciones similares, o al menos una idea de cómo solucionarlas de como detectar el grado o nivel de inestabilidad. En el sector de Chujucuyo entre los tramos de la carretera Moho - Conima 55+400 al 56+200.

El propósito de la presente investigación es conocer cuáles son los características geomecánicas y factores geotécnicos de los taludes en la carretera 55+400 al 56+200, en le sector de Chujucuyo, distrito de Moho, región Puno. La estabilización de taludes, habiendo evaluado por los métodos de análisis cinemático, equilibrio limite y plantear propuesta de estabilización del talud.

La metodología de la investigación es descriptiva, ya que nos permite describir y caracterizar geotécnicamente para su estabilidad realizando ensayos "in situ" en la zona de estudio, especialmente en zonas donde se producen deslizamientos. Posteriormente estas muestras se llevaron a laboratorio para su respectivo análisis. Método de análisis: Aplicar el análisis cinemático y método de equilibrio límite para analizar las condiciones de estabilidad de taludes artificiales, el factor de seguridad con base en los resultados, propone medidas alternativas de solución.



1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La carretera donde se realizó la evaluación de los taludes está ubicada en el sector de Chujucuyo de la provincia de Moho, departamento de Puno. Es una vía binacional que enlaza con Bolivia, en el trayecto de la carretera existe taludes inestables que son afectadas continuamente por caída de rocas y deslizamientos generados por taludes inestables el problema que se presentan son “Los problemas que pueden presentar estas estructuras son, en su gran mayoría, los deslizamientos, meteorización, erosión y hundimiento, siendo el problema de deslizamiento el más grave de todos” según los autores nos mencionan el problema de la inestabilidad Cepeda et al., (2009).

En la actualidad, muchos deslizamientos han causado bloqueo de carreteras, lo que ha provocado pérdidas económicas. Por lo tanto, es necesario detectar, prevenir deslizamientos y obtener toda la información posible sobre las características topográficas, geológicas, geotécnicas y ambientales para diagnosticar el problema de la manera más precisa, y tomar medidas preventivas efectivas. Diseñar alternativas de solución para abordar estos problemas.

“Los deslizamientos de tierra generados por lluvias son fenómenos muy recurrentes en áreas complicadas, que pueden constituir riesgos geológicos, al afectar de una forma directa o indirecta a las actividades humanas causando pérdidas humanas y económicas considerables” citado por el autores Peña et al., (2023)

Al evaluar los taludes inestables se valora el factor de seguridad (F.S) y las fuerzas que tienden a producir el deslizamiento, siendo la principal fuerza productora del peso de la masa deslizante más otras fuerzas, además de los trabajos de estabilización, se evalúan por la resistencia al corte del terreno sobre la superficie de deslizamiento, la cual se define por el criterio de falla de Mohr-Coulomb como la tensión tangencial alcanzada en el plano



en función de la resistencia. parámetros del suelo o esfuerzo de corte. la cohesión, tensión normal total, presión intersticial del agua o ángulo de fricción interna del suelo.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema General

¿Cómo son los taludes del sector de Chujucuyo de la provincia de Moho departamento Puno?

1.2.2 Problema específico:

- ¿Cómo es la geología en el sector Chujucuyo en las progresivas Km. 55+400 al Km. 56+200?
- ¿Cómo es la estabilidad del talud en zona de roca en el sector Chujucuyo en la progresiva Km. 55+400 al 55+600?
- ¿Cómo es la estabilidad del talud en zona de suelo en el sector de Chujuyo en la progresiva Km. 56+000 al 56+200?

1.3 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

1.3.1 Hipótesis General

En el sector de Chujucuyo de la provincia de Moho, departamento Puno se tiene zonas inestables.

1.3.2 Hipótesis específica:

- Se puede caracterizar la geología en el sector de Chujucuyo para conocer la inestabilidad en las progresiva Km. 55+400 al Km 56+200.



- La estabilidad del talud en el sector Chujucuyo se puede evaluar mediante el estudio de la geomecánica de rocas en la progresiva Km. 55+400 al 55+600.
- La estabilidad del talud en el sector Chujucuyo se puede evaluar mediante el estudio de la geomecánica de suelos en la progresiva Km. 56+000 al 56+200.

1.4 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo General

Evaluar la inestabilidad de los taludes en el sector de Chujucuyo en la provincia de Moho, departamento Puno.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar la geología en el sector de Chujucuyo en las progresivas Km. 55+400 al Km 56+200.
- Analizar la estabilidad del talud en el sector Chujucuyo mediante el estudio de la geomecánica de rocas en la progresiva Km. 55+400 al 55+600.
- Analizar de estabilidad del talud en el sector de Chujuyo mediante el estudio de la geomecánica de suelos en la progresiva Km. 56+000 al 56+200.

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

A la problemática planteada fue necesario evaluar la inestabilidad los taludes existentes ubicado en la progresivas Km. 55+400 al Km 56+200. del sector de Chujucuyo, del distrito y provincia de Moho. Este estudio contribuye a la poca bibliografía existente



sobre la aplicación de rama de la geomecánica de rocas y suelos en el análisis de estabilidad de taludes.

La importancia la determinación de la inestabilidad de los taludes por caída de rocas y deslizamientos en el sector de Chujucuyo en las progresivas Km 55+400 al Km 56+200, mediante el uso de los métodos de análisis cinemático y cálculos de equilibrio limite a estos resultados se ha determinado la estabilidad del talud frente a deslizamientos según la geodinámica externa, de las rocas y suelos. Se han obtenido datos confiables, y verídicos, de la condición de estabilidad de las progresivas ya mencionadas la determinación del factor de seguridad en estado estático y pseudoestático, resolviendo con los métodos de estabilización más adecuado para zonas críticas de la vía.

Es necesario la evaluación de taludes, porque en el área de estudio en la temporada de lluvias se presenta inconvenientes como el deslizamiento de rocas y suelos. Estos deslizamientos pueden ocasionar accidentes de gravedad, por lo tanto, se ha determinado evaluar estabilidad de los taludes.

Por lo tanto, resulta fundamental tomar medidas para abordar esta problemática en las vías de acceso, especialmente si se trata de una vía de comunicación (binacional).

Con los resultados obtenidos nos sirve como una fuente de sugerencia para la comunidad, población y a sectores interesados, la evaluación de lo taludes nos ayuda como base los resultados obtenidos de área de estudio en cuanto a la prevención y la estabilización de los taludes del sector de Chujucuyo.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Antecedentes internacionales:

Padrón, (2019) Se ha escrito mucha investigación sobre los deslizamientos de tierra en la actualidad, tratando de explicar cómo ocurren los deslizamientos de tierra, cómo se causan y su impacto en la sociedad. Se han hecho esfuerzos en diferentes áreas de investigación para aclarar en qué medida se puede reducir el riesgo si ocurren estos eventos. A pesar de los enormes esfuerzos, persiste la preocupación sobre cómo y cuándo se deben abordar las áreas expuestas para evitar daños a las personas y la propiedad. Este trabajo ha generado inquietudes y una necesidad urgente de orientación técnica en temas relacionados con áreas urbanas populares propensas a deslizamientos de tierra para la restauración y rehabilitación de hábitats a partir de la gestión del riesgo de desastres. Se espera que el estudio sirva como base para otros trabajos para desarrollar planes de ordenamiento territorial y asignación espacial de manera holística e inclusiva, y para desarrollar comunidades fortificadas en comunidades populares de montaña.

Oliva & Gallardo, (2018) Esta evaluación proporciona una herramienta invaluable de prevención/mitigación para las comunidades en riesgo y las autoridades competentes. Método: En este trabajo de investigación se estudió y aplicó un enfoque general para evaluar el riesgo de deslizamiento de taludes urbanos, teniendo en cuenta la interrelación entre las amenazas presentes en el área de estudio y la vulnerabilidad física. Las amenazas se identifican mediante métodos probabilísticos y deterministas, mientras que la vulnerabilidad de los



componentes expuestos se deriva del tipo de edificio y su distribución espacial, el estado de integridad estructural, la profundidad de los cimientos y el volumen probable de masas de suelo inestables. Resultados: Se obtuvo un factor de seguridad aceptable para asegurar la estabilidad del talud estudiado, y los factores de evaluación del análisis cualitativo mostraron que el talud era inestable y necesitaba atención urgente. Conclusiones: Se encontró que el riesgo de deslizamientos es alto debido a la alta probabilidad de ocurrencia y las tres posibles direcciones de movimiento que afectan a varias edificaciones de la zona. Esta evaluación constituye una herramienta de trabajo para las agencias y autoridades con la misión de reducir el riesgo de deslizamientos como un medio para prevenir y mitigar eventos peligrosos.

Viltres & Guardado, (2014) El deslizamiento de tierra en la ciudad de Moa amenazó la industria, las comunidades, las actividades socioeconómicas y el medio ambiente. El trabajo actual tiene como objetivo evaluar y mapear, aplicar el Sistema de Información Geográfica (SIG), evaluar el riesgo de deslizamientos en la ciudad. Como base metodológica se utilizó la Guía de Investigación de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo de deslizamientos elaborada por el Equipo Nacional de Gestión de Riesgos en el año 2012. El resultado es un mapa de la amenaza total que representan los deslizamientos en la ciudad de Moa a escala 1:100.000, que constituye una herramienta adicional de gestión y reducción de riesgos en la planificación territorial.

2.1.2 Antecedentes nacionales:

Torres, (2019) titulado “Estabilidad de Taludes para mejorar la transitabilidad y seguridad en los tramos críticos de la carretera Monteseco,



Distrito Catache”. Para determinar las características y propiedades del suelo, se realizaron pruebas mecánicas de suelo en el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo. Uno de los factores que mayor influencia tiene en la inestabilidad es la precipitación, la cual se analiza a través de las precipitaciones meteorológicas durante el cuatrienio del SENAMHI. En esta investigación se utilizó el método de equilibrio límite, que consiste en analizar los taludes teniendo en cuenta las propiedades del suelo y la geometría del talud, dando como resultado un factor de seguridad menor a 1.50 para los taludes más críticos, según lo determina la CE 0.20 “Estabilización de Suelos y Reglamento Nacional de Edificación El “talud” en, nos permite entender que el talud que se analiza es inestable, por lo que se diseñan muros de gaviones a lo largo del pie del talud.

Campos, (2017) titulado “Análisis De Estabilidad De Taludes En La Carretera Lajas-Ajipampa”. El objetivo es analizar la estabilidad del talud, describir sus elementos, determinar el factor de seguridad y la estabilidad de la división y proponer medidas de estabilización. Su estabilidad está determinada por las características de los elementos: taludes con alturas de 5 ma 40 m, bases de 5 ma 40 m, pendientes de 40° a 85°, Palitambo a Cajamarca, depósitos aluviales, aluviales, aluviales cuaternarios. Por mecanismos geológicos son materiales frágiles y los suelos aluviales tienen plasticidad la cual es manejada por el software RocData. Los factores de seguridad se calculan utilizando el software RocPlane y Slide en condiciones de saturación y sísmica. Por lo tanto, en comparación con un muro con solo muros de gaviones, la pendiente del bloque de roca será estable y la pendiente del suelo y el bloque de roca será inestable. La categoría de estabilidad en el estado natural representa pendientes relativamente estables y estabilidad a largo plazo, mientras que en las condiciones saturadas y



sísmicas hay cuatro niveles: inestable, relativamente estable, período de estabilidad a corto plazo y estabilidad a largo plazo. Para lograr este objetivo se ha propuesto estabilizar el terraplén mediante la instalación de canales, muros de gaviones.

Nuñez & Sanchez, (2016) El estudio se realizó en la red vial Lampa-Parihuanca, al noreste de la ciudad de Huancayo, con el objetivo de evaluar el riesgo de deslizamientos de tierra en los taludes de la red vial, a partir de un análisis de peligrosidad y vulnerabilidad. Investigación experimental. Según los resultados registrados, los taludes tienden a volverse inestables durante la época de lluvias y/o durante los terremotos, y esto se debe a la baja resistencia del terreno al esfuerzo cortante (baja cohesión) y a su resistencia sísmica. En las zonas de afloramiento donde el factor de seguridad (FS) disminuyó en el análisis sísmico durante la temporada de lluvias, el FS disminuyó un 21.77% en el talud número 1 en el área de Wasapa, y un 31.76% en el talud número 2. Los peligros más graves para ambas vertientes ocurren durante la temporada de lluvias, que se acompaña de terremotos y reduce la estabilidad de las laderas. La región de Huasapa está en un nivel de riesgo alto y la región de Valle Progreso está en un nivel de riesgo muy alto. El riesgo de deslizamientos de tierra es alto en ambas zonas. Además, el análisis muestra que el nivel más severo de riesgo de deslizamientos en ambas vertientes ocurre durante la temporada de lluvias cuando ocurren terremotos, con riesgo medio en la región de Huasapa y riesgo alto en la región de Valle Progreso.

2.1.3 Antecedentes locales:

Mamani, (2020) titulado “Evaluación de estabilidad de taludes en las progresivas del Km. 18+060 al 18+180 en roca fija del distrito de Yanahuaya



provincia Sandia – Puno”. El objetivo fue determinar la estabilidad del talud del macizo rocoso de la Carretera Sina Yanahuaya Km. 18+060 a 18+180 es el método más conocido para evaluar la estabilidad de las caras laterales de las rocas y también para determinar sus propiedades. Un proyecto de gran envergadura desarrollado en el sentido de avance km 18+060 al 18+180, ubicado en el distrito de Yanahuaya. Incluye: revisión, compilación y elaboración de informes preliminares, caracterización geológica (identificación litológica), descripción estructural (mapeo superficial de estructuras expuestas, espaciamiento, continuidad o durabilidad, apertura, rugosidad), propiedades geotécnicas (clasificación geotécnica de macizos rocosos, evaluación geotécnica de macizo rocoso), y finalmente de la estabilidad de taludes de roca fija mediante los siguientes métodos: Análisis: experimental, estereológico o cinemático, analítico o marginal y balance numérico. Los parámetros típicos para cada familia de discontinuidades y áreas del mapa se obtienen y muestran en forma de tablas de resumen y gráficos estadísticos. Calificación geotécnica según $RQD = 73.42$; $RMR = 45$, $GSI = 44$; $UCS = 38.24$; indica que la roca pertenece a la clase de calidad normal o clase III y el factor de seguridad es $F.S. = 1,0$ significa talud inestable.

Calizaya, (2020) titulado “Evaluación geotécnica para la estabilidad de taludes en la trocha carrozable - Acconsaya – sector Cruzhuasa - Corani – Carabaya – Puno”. El objetivo es evaluar las condiciones geotécnicas de estabilidad de taludes de carreteras, para identificar la posibilidad de agrietamiento y las medidas de tratamiento aplicadas a taludes de roca y suelo. Este método de investigación es descriptivo y está dirigido al análisis de estabilidad de taludes. Esto se analizó mediante el método de Hoek y Bray en los



niveles escalonados 2+ 510 a 510. 2+650, 2+700 a 2+900 y 3+100 a 3+600 son inestables debido a la baja adherencia cuando la absorción de agua está saturada, y se evaluaron los resultados. Para la caracterización geomecánica del macizo rocoso, la calidad buena a estándar de los tipos II y III se obtiene mediante el método RMR. Para el tipo II, la fuerza de adhesión promedio es de 350 KPa y la fricción es un ángulo de fricción interno o promedio de 40° . Para el tipo III, la fuerza de adhesión promedio es de 250 KPa, el ángulo de fricción o fricción interna. Para el macizo rocoso el estudio se realizó mediante el programa Slip y Cubismo, arrojando un factor de seguridad (FS) entre 0,921 y 1,423. Se refiere a talud inestables.

Tupa, (2017) titulado “Evaluación Geologica-Geotecnica Para La Estabilidad De Taludes En La Carretera Muñani-Saytococho Tramo Km. 14+700 Al 30+00”. Objetivo determinar la estabilidad de taludes de la carretera del tramo Km 14+700 al Km 30+000. Las fuertes lluvias, la infiltración, la erosión hidrogeológica y los rápidos cambios de temperatura pueden cambiar la estructura de las rocas, cambiar las propiedades físicas y mecánicas de las rocas y los suelos y reducir las fuerzas de resistencia como la cohesión, la fricción interna y la disminución de la resistencia. La vertiente del espectáculo. 16+100 a 16+200 es una pendiente inestable. Se realizó un mapeo lineal para determinar las propiedades físicas y mecánicas del talud de roca progresiva. 17+010~17+080, 20+080~20+160, 26+480~26+540 son pendientes estables en el modo de curvas. Determinados en campo y laboratorio, también se utilizan la clasificación de masa del bastidor (RMR), (RQD) y (GSI).

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 TALUD

Se entiende por talud cualquier superficie inclinada con respecto al plano horizontal que deben adoptar permanentemente las estructuras de tierra. No cabe duda de que los taludes constituyen una estructura compleja que requiere análisis, ya que los problemas de la mecánica de suelos y de la mecánica de rocas son consistentes en su estudio, sin olvidar el papel fundamental que juega la geología aplicada en la formulación de cualquier criterio aceptable para el efecto. Citado por el autor De Matteis, (2003)

Obteniendo ser artificiales, cuando ha sido construido por el hombre cuando de ejecuta las obras de ingeniería; terraplenes o desmonte como se ve (la figura 01), o formadas de manera natural; laderas como se muestra (la figura 02), según la construcción que puede ser de rocas, suelos y mixtos, que también varía la metodología de estudio de acuerdo al caso que corresponda. Para distintos proyectos de ingeniería civil, geológica, específicamente en las carreteras, es necesario el diseño de taludes tanto en el corte de terreno como en terraplén, en condiciones de seguridad a adecuadas.

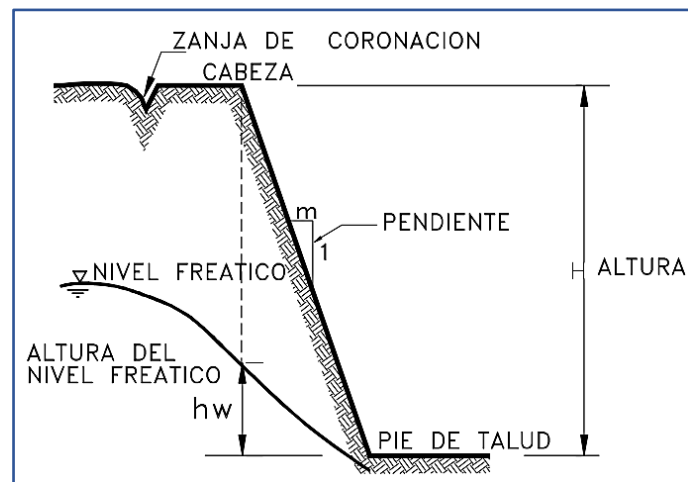
La estabilidad de los taludes aborda la rotura de masas del suelo, teniendo la existencia de las fuerzas externas correspondientes a la inestabilidad como; fuerza de masa, peso y filtración a eso se suman factores como la sobrecarga que puede ser de tipo estáticas (empujes) y dinámicas (sismos).

2.2.1.1 Partes de un talud

Un talud o ladera se define de la siguiente manera los elementos constructivos Suárez, (1998) están definidas en zonas determinadas por su ubicación y forma ver la (figura 03).

Figura 1.

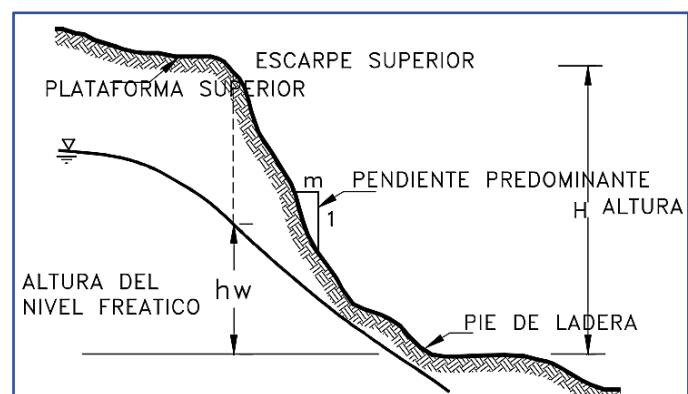
Talud artificial.



Fuente: Suárez, (1998)

Figura 2.

Talud natural.



Fuente: Suárez, (1998)

- **Altura**

La distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se muestra en taludes artificiales, pero es compleja de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza no son accidentes topográficos bien marcados.

- **Pie o base**

Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior del talud o ladera; la forma del pie de una ladera generalmente cóncava.

- **Cabeza, cresta, cima o escarpe**

Esto se refiere a un lugar donde la pendiente cambia repentinamente en la cima. Si la pendiente en el punto de descenso es semivertical o alta pendiente, se le llama “escarpa”.

- **Altura de nivel freático**

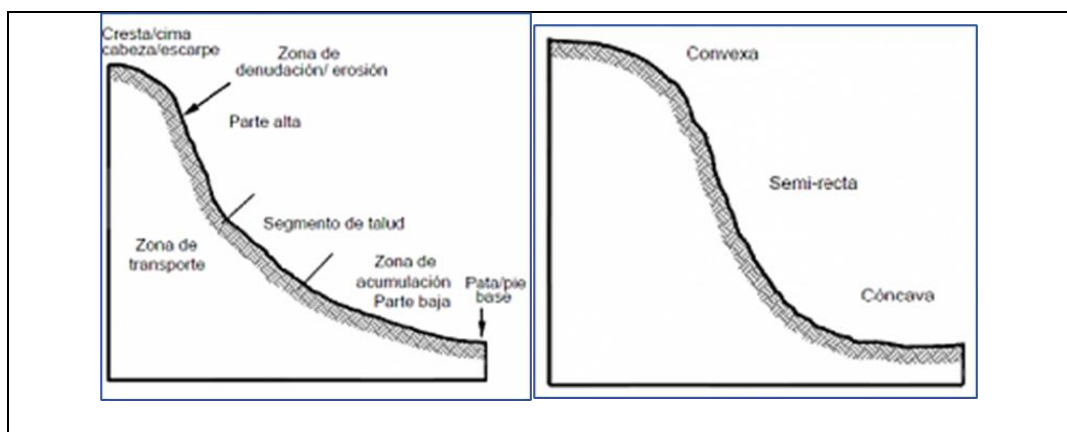
Distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua medida debajo de la cabeza.

- **Pendiente**

Medida del talud o ladera. Esto se puede medir en grados, porcentajes o proporciones m:1. donde m es la distancia horizontal correspondiente a una unidad de distancia vertical. Ejemplo: Pendiente: 45° , 100%, 1H:1V.

Figura 3.

Partes generales de un talud o ladera.



Fuente: Suárez, (1998)

2.2.1.2 Deslizamientos

González de Vallejo, (2002) La investigación de deslizamientos de tierra a menudo se incluye bajo el término genérico "deslizamiento de tierra" y tiene muchas cosas en común con los estudios de estabilidad de taludes: factores geomecánicos que controlan los procesos de falla e inestabilidad, mecanismos de falla, métodos analíticos, así como modelado, métodos de corrección, estabilización e instrumentación.

2.2.1.3 Partes de un deslizamiento

Los procesos geotécnicos que se llevan a cabo en taludes y laderas corresponden al movimiento descendente y hacia fuera de los materiales que componen el talud, típicamente rocas, suelos naturales o relleno. (La figura 4), las partes principales son lo siguiente según Suárez, (1998).

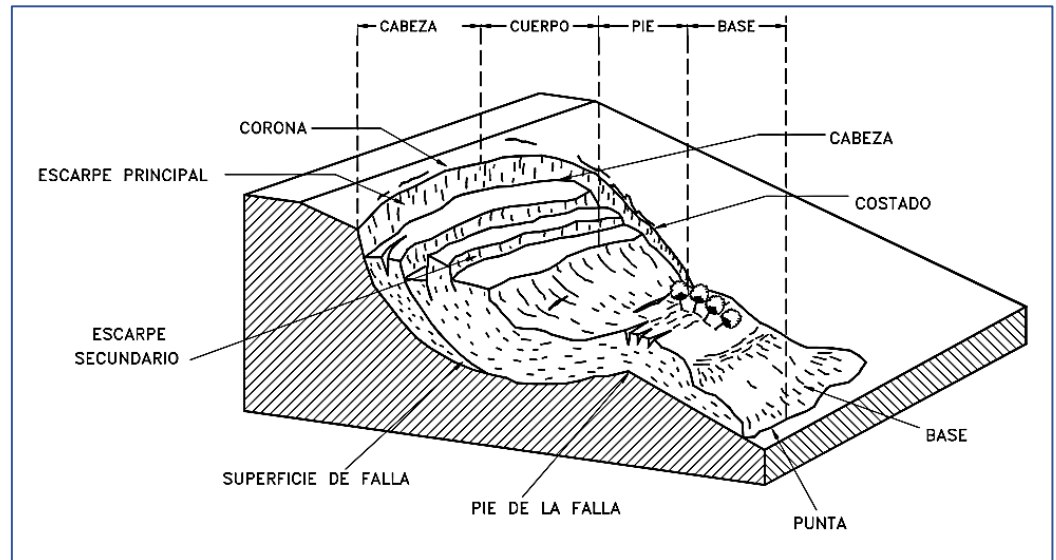
- **Escarpe principal:** Esto corresponde a una superficie muy inclinada en la periferia de la zona de desplazamiento, causada por el movimiento de material de la topografía original. Cuando la superficie de la escarpa dentro del material, se forma una superficie de fractura.
- **Escarpe secundario:** “Una superficie muy inclinada producida por desplazamientos diferenciales dentro de la masa que se mueve”.
- **Cabeza:** “Las partes superiores del material que se mueve a lo largo del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal”.



- **Cima:** “El punto más alto del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal”.
- **Corona:** “El material que se encuentra en el sitio, prácticamente inalterado y adyacente a la parte más alta del escarpe principal”.
- **Superficie de falla:** “Corresponde al área debajo del movimiento que delimita el volumen de material desplazado. El volumen de suelo debajo de la superficie de falla no se mueve”.
- **Pie de la superficie de falla:** “La línea de interceptación (algunas veces tapada) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno”.
- **Base** “El área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla”.
- **Punta o uña:** “El punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima”.
- **Costado o flanco:** “Un lado (perfil lateral) del movimiento”.
- **Superficie original del terreno:** “La superficie que existía antes de que se presentara el movimiento”.
- **Derecha e izquierda:** “Para describir un deslizamiento se prefiere usar la orientación geográfica, pero si se emplean las palabras derecha e izquierda debe referirse al deslizamiento observado desde la corona mirando hacia el pie”.

Figura 4.

Partes que conforman un deslizamiento.



Fuente: Suárez, (1998)

2.2.2 Procesos geodinámicos externos

2.2.2.1 Movimientos de ladera

Según el autor Copons & Tallada, (2009) menciona que “Los movimientos de laderas son partes de las vertientes que se desplazan hacia abajo por efecto de la gravedad”. p. 284

2.2.2.2 Tipos de movimiento de Ladera

González de Vallejo, (2002) La clasificación de los deslizamientos suele hacer referencia al tipo de material utilizado, distinguiendo habitualmente entre material rocoso, grava y suelo, y el mecanismo y tipo de rotura, teniendo en cuenta también otros aspectos como el contenido de agua, la velocidad y el tamaño del suelo ejercido.

“Básicamente, un deslizamiento de tierra es un término general que se usa para describir el movimiento hacia abajo del suelo, la roca y los materiales orgánicos bajo la fuerza de la gravedad y las formas del terreno creadas por este movimiento” Maldonado, (2020)

Tabla 1.

Tipos de movimiento de ladera

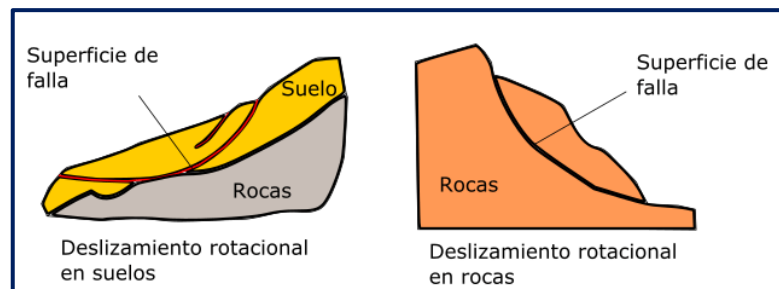
Tipos de movimiento de ladera	
Deslizamientos rotacionales	Suelos y rocas
Deslizamientos traslacionales	Suelos y rocas
Flujos	Suelos
	Derrubios
	Bloques rocosos
Desprendimientos	
Vuelcos	Rocas y suelos
Avalanchas	Rocas y derrubios
Deslizamientos laterales	Suelos y bloques rocosos

Fuente: (González de Vallejo, 2002)

- 1. Deslizamientos rotacionales:** deslizamientos rotacionales a menudo ocurren en suelos homogéneos (cohesivos) y se caracterizan por planos de falla curvos o en forma de cuchara donde los deslizamientos de tierra se acumulan en la punta y el lóbulo de la pendiente.

Figura 5.

Deslizamientos rotacionales en rocas y en suelos



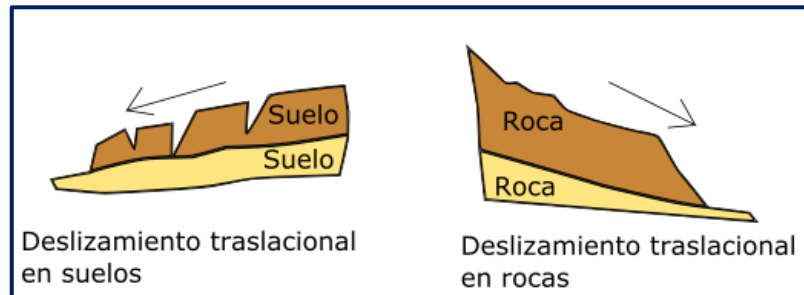
Fuente: (Maldonado, 2020)

- 2. Deslizamientos traslacionales:** Pueden ocurrir en suelos y rocas donde la falla ocurre a través de una o más superficies de fractura (estratos,

contactos entre rocas, superficies débiles) que son planas y se orientan a favor del talud (ladera).

Figura 6.

Deslizamientos traslacionales en suelos y rocas



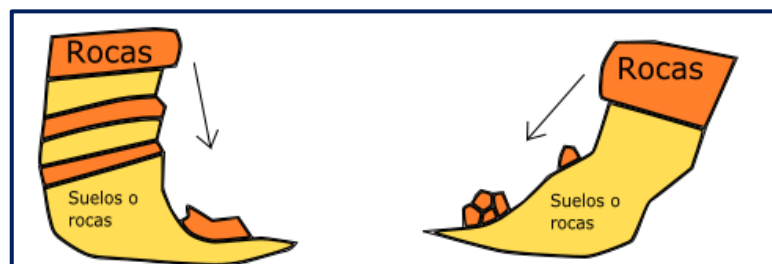
Fuente: (Maldonado, 2020)

- 3. Desprendimiento de rocas:** Los desprendimientos de rocas se ocasionan cuando pedazos de rocas de un macizo rocoso caen libremente hacia la superficie.

Estos pedazos de rocas se producen porque el macizo rocoso se encuentra altamente fracturado o afectado por discontinuidades (diaclasas, fallas, superficies de estratificación).

Figura 7.

Desprendimiento de rocas

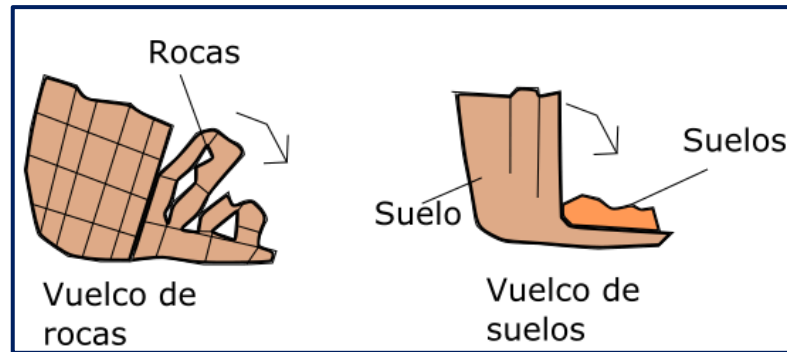


Fuente: (Maldonado, 2020)

- 4. Vuelco de rocas y suelos:** Los vuelcos de rocas y suelos ocurren cuando los frentes de rocas muestran estratos verticalizados que se hallan buzando en sentido contrario a la ladera. (Maldonado, 2020)

Figura 8.

Vuelco o desprendimiento de rocas y suelos



Fuente: (Maldonado, 2020)

Para que suceda un movimiento de ladera es necesaria el aspecto de un conjunto de factores condicionantes a la inestabilidad. Uno de ellos son los factores “intrínsecos” que corresponden a los existentes en la propia ladera como las características litológicas y la pendiente. (Geobook, 2015)

Figura 9.

Los factores condicionantes en movimientos de ladera

FACTORES CONDICIONANTES		
Relieve	-Terrenos con pendientes superiores al 15%	
Litología	-Falta de cohesión de los materiales que forman la roca -Alterancia estratos de diferente naturaleza	
Estructura	-Fallas o fracturas -Disposición paralela de los planos de estratificación respecto a la pendiente	
Cambios hidrológicos	-Alterancia estratos de diferente permeabilidad -Cambio en el nivel freático -Aumento escorrentía superficial -Estancamiento	
Deforestación	-Sin vegetación no hay sujeción del terreno	
Climáticos	-Hielo-deshielo -Sequia-luvia	

Fuente: Geobook, (2015)



2.2.2.3 Caracterización de la erosión hídrica

Son fundamentales para comprender la evolución de la erosión del suelo, identificar los factores que la influyen, las formas físicas en las que se muestra y los métodos utilizados actualmente para predecir las tasas de pérdida de suelo. Suazo, (2011)

- **El proceso de erosión**

Por lo tanto, la erosión es un proceso natural de desgaste que depende de las características climáticas, las propiedades del suelo, la topografía y la vegetación. Sin embargo, existen básicamente dos tipos de erosión del suelo: según lo citado por Suazo, (2011)

Erosión Geológica: “proceso natural que se desarrolla a muy largo plazo, que ha dado origen a la mayor parte de la topografía y paisaje actual”

Erosión Acelerada: “es el proceso de degradación que induce el hombre en los suelos, a través de prácticas incorrectas de uso y manejo. Esta erosión causa efectos dañinos al sitio, además de provocar una disminución de la productividad como consecuencia de la pérdida de nutrientes, de materia orgánica y parte del suelo mineral”

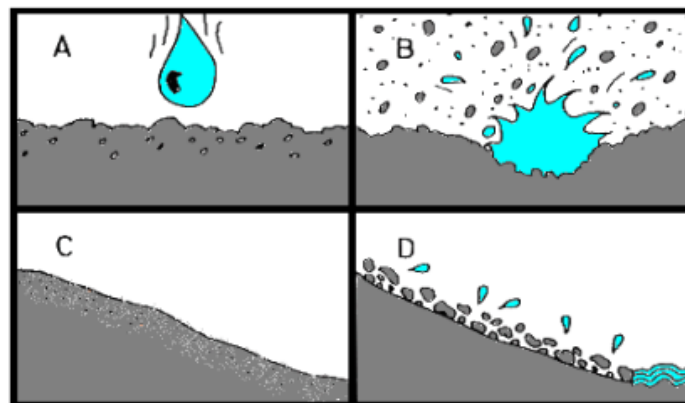
- **La erosión hídrica**

“La erosión hídrica es causada específicamente por la acción de la energía cinética de las gotas de lluvia al impactar en una superficie de terreno desnudo, o no debidamente protegida por la vegetación” (Suazo, 2011)

Como se presenta en la figura 7, el proceso de erosión establece por el impacto de la gota de lluvia sobre el suelo desnudo (A); sus agregados son desintegrados en partículas minúsculas (B); que tapan los poros formando una selladura superficial (C); provocando el escurrimiento superficial del agua de lluvia. El agua contiene partículas de suelo que son depositadas en lugares más bajos (D).

Figura 10.

Etapas de la erosión hídrica.



Fuente: (Suazo, 2011)

2.2.3 Procesos geodinámicos internos

2.2.3.1 Sismicidad

Según lo citado por los autores Kosaka et al., (2002) nos menciona que. La definición del término "actividad sísmica" no es muy precisa, pero obtenemos describirlo como la actividad sísmica en un área determinada durante un período de tiempo determinado, o la cantidad de energía liberada en forma de ondas sísmicas. Sin embargo, la representación de la sismicidad debe considerar no solo el número de eventos registrados, sino también su tamaño, frecuencia y distribución espacial, así como sus patrones de ocurrencia.

2.2.3.2 Sismicidad en la región de Puno

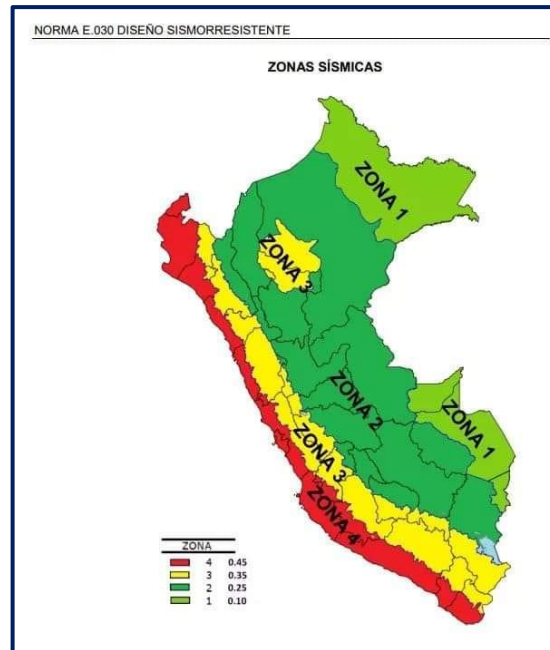
Los sismos no son un fenómeno recurrente en la zona de Puno, pero este fenómeno natural no es nuevo, por lo que los peligros asociados a los procesos geodinámicos internos y externos, eventos que pueden ocasionar daños a las personas, a la propiedad o al medio ambiente, constituyen una gran amenaza geológica, son los terremotos, la actividad volcánica, los deslizamientos de tierra, los movimientos en masa, etc. Durante la implementación del plan de emergencia por terremoto en la zona de Puno por Quispe & Nuñez, (2019)

La Norma Peruana E-030, la zonificación sísmica se establece en la distribución espacial de la sismicidad observada, las particularidades frecuentes de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la indagación geotectónica.

La Región de Puno se ubica en las Zona 2 y Zona 3 (Figura 8). Esto debido a la presencia de sismicidad concentrada primariamente en la parte sur de esta región la misma que está asociada a los sistemas de fallas presentes como el sistema de fallas Urcos, Sicuani, Ayaviri y al sistema Cusco, Lagunillas, Mañazo (Figura 9). La Zona 3 presenta aceleraciones del orden de 0.35 y la Zona 2 de aceleraciones del orden de 0.25. Estas características deben ser apreciadas en la planificación y realización de viviendas, infraestructuras y obras de ingeniería.

Figura 11.

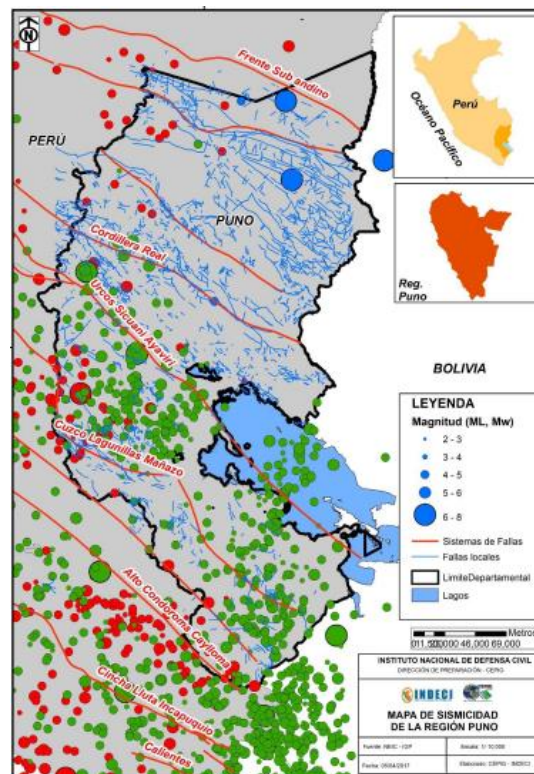
Mapa de Zonificación de acuerdo a la Norma E-030.



Fuente: Quispe & Nuñez, (2019)

Figura 12.

Mapa sísmico y tectónico de la Región Puno



Fuente: Quispe & Nuñez, (2019)

2.2.3.3 Peligros generados por fenómeno geodinámica

Los peligros asociados con los procesos geodinámicos internos y externos son eventos que pueden causar daño a las personas, la propiedad o el medio ambiente. Es de origen natural, pero también puede ser exacerbado por las actividades humanas. Los principales peligros geológicos son los terremotos y la actividad volcánica. (Quispe & Nuñez, 2019)

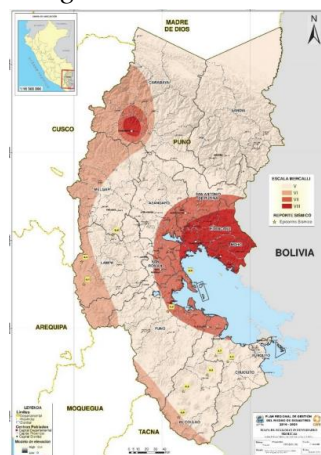
- **Peligro por sismos**

Estos eventos geológicos no se reconocen con mayor contundencia en el altiplano, pero sin embargo es preciso examinar debido a que Puno se halla en una zona con posibilidades de riesgo sísmico que la zona sur de la región se halla en un ambiente volcánico.

El riesgo sísmico del departamento de Puno se debe al tipo de construcción de las viviendas y los materiales que manipulan, no usan el código de construcción, no es un fenómeno recurrente ya que se muestra en mínimo intensidad.

Figura 13.

Peligro sísmico



Fuente: (Quispe & Nuñez, 2019)

2.3 GEOTECNIA

2.3.1 Geomecánica de rocas

2.3.1.1 Mapeo geomecánico

Ramírez P. & Alejano L., (2004) Las propiedades geomecánicas que tienen mayor influencia en el comportamiento de ruptura son: orientación, espaciamiento, tamaño, rugosidad, resistencia del borde de ruptura, apertura y relleno. A continuación, se analiza brevemente cada punto.

Figura 14.

Mapeo geomecánico del macizo rocoso

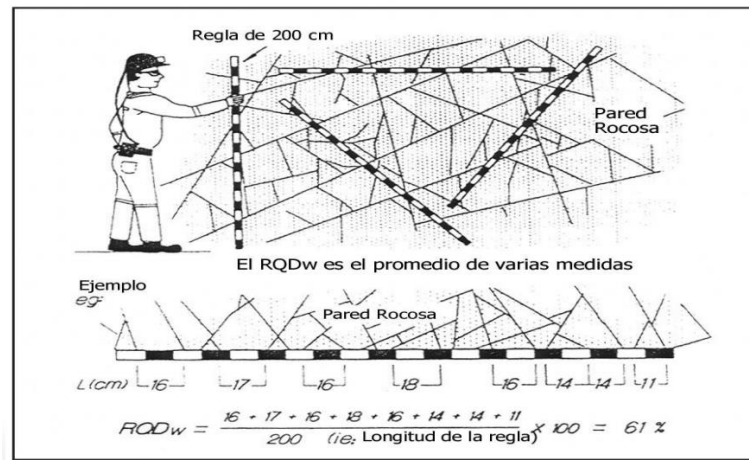


2.3.1.2 Caracterización del macizo rocoso

Celli & Falcioni, (2022) Las propiedades geomecánicas del macizo rocoso permiten evaluar su comportamiento bajo la influencia de esfuerzos provocados por diversas actividades de ingeniería, tales como represas, excavaciones superficiales o subterráneas, etc. En función de los resultados obtenidos se utilizaron diferentes clasificaciones geomorfológicas. Para establecer el índice de calidad. (p. 106)

Figura 15.

Determinación del RQD por fisuras del macizo rocoso



2.3.1.3 La clasificación RMR

Bieniawski, (1989) Para establecer la calidad del macizo rocoso, se divide en regiones estructurales, es señalar, zonas definidas por discontinuidades geológicas donde la estructura es prácticamente homogénea. Una estructura de paquete incluye todas las fallas, juntas, pliegues y otras características geológicas características de una región en particular. Resistencia a compresión simple de material rocoso

- RQD
- Espaciado de las juntas
- Naturaleza de las juntas
- Presencia de agua
- Orientación de las discontinuidades.

Tabla 2.

Clasificación geomecánica RMR.

A		PARAMETROS DE CLASIFICACION					
		Resistencia de la roca intacta (Mpa)					
	Ensayo de carga puntual	> 10	10-4	4-2	2-1	Rangos para Ens.	
1	Compresión simple	> 250	250-100	100-50	50-25	2 5 - 5 2	5 - 1 1 0
	Puntuación	15	12	7	4	2	1
2	RQD (%)	100 - 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25		< 25
	Puntuación	20	17	13	6		3
3	Separación de diaclasas	>2 m.	0.6-2m.	0.2-0.6m.	0.06-0.2m.		<0.06m.
	Puntuación	20	15	10	8		5
		Estado de discontinuidades:					
	Longitud	< 1m.	1 - 3m.	3 - 10m.	10 - 20m.		> 20m.
	Puntuación	6	4	2	1		0
	Abertura	Nada	< 0.1mm.	0.1 - 1.0mm.	1 - 5mm.		> 5mm.
	Puntuación	6	5	3	1		0
	Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rug.	Lisa o plana		Pulida
	Puntuación	6	5	3	1		0
4	Relleno	Ninguno	< 5mm.(duro)	> 5mm.(duro)	5mm.(blando)		> 5mm.(blando)
	Puntuación	6	4	2	2		0
	Alteración	Inalterada	Liger. Alterada	Moder. Alterada	Muy alterada		descompuesta
	Puntuación	6	5	3	1		0
		Agua subterránea					
5	Flujo por C/10 m. de labor	Nulo	<10 Lts/min.	10-25 Lts/min.	25-125 Lts/min.		>125 Lts/min.
	Presión de agua/tensión principal	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5		>0. 5
	Estado general	Seco	Húmedo	Mojado	Goteando		Fluyendo
	Puntuación	15	10	7	4		0

CORRECCION POR LA ORIENTACION DE DISCONTINUIDADES					
Dirección y buzamiento	Muy favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy desfavorable
B Túneles y minas	0	-2	-5	-10	-12
Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
Taludes	0	-2	-25	-50	-60

CLASIFICACION					
Clase	I	II	III	IV	V
C Calidad	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy mala
Puntuación	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20

CARACTERISTICAS GEOTECNICAS					
Clase	I	II	III	IV	V
D Tiempo de mantenimiento	10 años	6 meses	1 semana	10 horas	30 minutos
Longitud	15 m.	8 m.	5 m.	2.5 m.	1 m.
Cohesión	> 4 Kp/cm2	3 - 4 Kp/cm2	2 - 3 Kp/cm2	1 - 2 Kp/cm2	< 1 Kp/cm2
Angulo de rozamiento	> 45°	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°

2.3.1.4 La clasificación GSI

Hoek y Marinos (2000). Fue creado para predecir el estado de dos factores principales que se considera que tienen una influencia significativa en las propiedades mecánicas del macizo rocoso, a saber, el estado de la estructura (bloque) y las juntas. La versión básica del mapa GSI para piedras rotas.

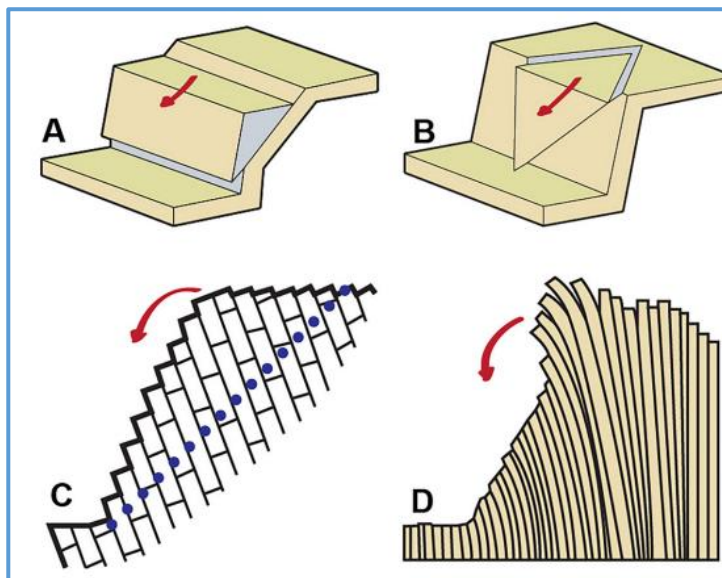
$$\text{GSI} = \text{RMR} - 5$$

2.3.2 Análisis cinemático

Se estudió la posibilidad de desprendimientos por superficies planares, cuñas, así como volcamiento de bloques de forma directa o ruptura flexural.

Figura 16.

Mecanismos de desprendimiento del análisis cinemático.



Fuente: (F. Campos et al., 2021)

- A. superficie planar,
- B. Cuñas,
- C. volcamiento directo y
- D. volcamiento flexural.



2.3.3 Tipos de Análisis Cinemático

2.3.3.1 Falla planar

La falla planar debe cumplir las siguientes condiciones en un talud: La pendiente del talud debe ser mayor que la pendiente de la discontinuidad, y la pendiente de la superficie de falla debe ser mayor que el ángulo de fricción interna a lo largo de la discontinuidad. Dirección de pendiente. La pendiente (dirección del buzamiento) debe ser aproximadamente paralela a la dirección de la pendiente de la discontinuidad y el rango de variación debe ser $\pm 20^\circ$. Campos et al., (2021)

2.3.3.2 Falla cuñas

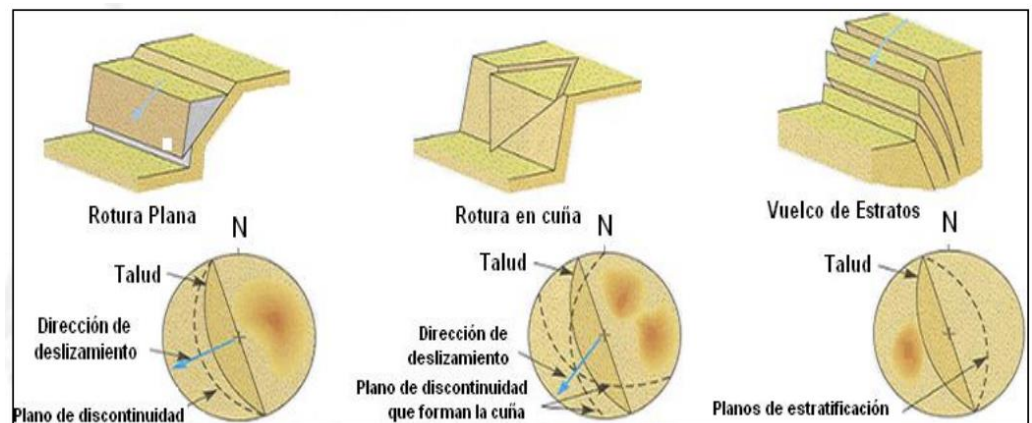
La falla en cuña debe cumplir las siguientes condiciones: Las discontinuidades que aparecen en las pendientes requieren cierta separación, la dirección de la pendiente debe ser mayor que la pendiente en la intersección, y en la intersección el ángulo. Fricción interna en rocas. La tolerancia en la dirección de la cuña con respecto a la dirección de inclinación es de 20° . Campos et al., (2021)

2.3.3.3 Falla volcamiento directo

La pendiente del talud y la pendiente de los estratos deben ser mayores a 65 grados, y los estratos deben tener una pendiente opuesta a la pendiente del talud, pero con líneas paralelas o casi paralelas dentro de un error de 30 grados. La suma del ángulo de compensación y el ángulo de fricción de la pendiente de la discontinuidad debe ser menor que el ángulo de buzamiento (pendiente) del talud. Campos et al., (2021)

Figura 17.

Representación estereográfica de las condiciones estructurales



Fuente: González de Vallejo, (2002)

2.3.4 Mecánica de suelos

- **Humedad**

Sea W_s el peso de los sólidos en un bloque de suelo dado y W_w el peso del agua presente en los poros del bloque de suelo. La humedad del suelo w se define como el siguiente coeficiente, expresado en porcentaje: (Frankie, 2012)

$$w = W_w / W_s$$

- **Densidad**

La densidad seca del material, estimada como la relación entre la masa de partículas sólidas y el volumen total del suelo. Dado que la humedad del suelo puede ser versátil, tener en cuenta la densidad seca permite un estándar para la comparación entre suelos más o menos compactados con referencia a un valor de densidad máxima especificado. (Frankie, 2012)

- **Análisis granulométrico por tamizado**

El análisis del tamaño de las partículas implica separar las partículas del suelo de acuerdo con un rango de tamaño utilizando una pantalla o una pantalla



de malla cuadrada. Las partículas retenidas se expresan como porcentaje del peso general del espécimen. Aunque se cree que es físicamente imposible establecer el tamaño exacto de cada partícula, las pruebas de tamaño de partículas nos permiten determinar rangos de tamaño. La malla 200 (0,075 mm) a menudo se conoce como el tamaño de espacio para clasificar el suelo. Delgado y grueso. Botia, (2015)

- **Límites de consistencia**

- **Límite líquido**

Se precisa como el porcentaje de humedad del suelo en el que se produce el **comportamiento** plástico. Cuando el contenido de agua del suelo excede el límite líquido, se comporta como un líquido viscoso. Botia, (2015)

$$LL = Wn \left(\frac{n}{25} \right)^{0.121}$$

Donde:

W_N = contenido de humedad al número de golpes N obtenido en el ensayo.

β = pendiente de la recta característica en el gráfico semilogarítmico

W vs. Log. N

- **Límite plástico**

El estado plástico del suelo y el estado semisólido. En términos de laboratorio, este límite se define como el momento en que los rodillos con un diámetro de aprox. 3 mm comienzan a desmoronarse y agrietarse. Botia, (2015)

$$\text{Límite plástico} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{peso del suelo seco al horno}} \times 100$$

- **Índice de plasticidad**



Se puede precisar el índice de plasticidad de un suelo como la sustracción entre su límite líquido y su límite plástico.

$$IP = L.L. - L.P.$$

Donde:

L.L. = Límite Líquido

P.L. = Límite Plástico

2.3.5 Resistencia al esfuerzo cortante

El suelo, como cualquier otro material, se comporta como un material elástico bajo ciertas tensiones, pero a menudo presenta deformaciones mayores de lo normal, lo que hace que la plasticidad del suelo sea el factor dominante. Pueden existir diferentes tipos de fallas en el terreno, como derrumbes, fallas y deslizamientos. La resistencia al esfuerzo cortante se expresa mediante la ecuación de Coulomb.

$$\tau' = c' + \sigma_n' \tan \phi'$$

Donde:

σ_n = Es el esfuerzo normal

ϕ = Es el ángulo de fricción

c = Es la cohesión del suelo

- **Ángulo de fricción**

El ángulo de fricción es la representación matemática del coeficiente de rozamiento, el cual es un concepto básico de la física:

$$\text{Coeficiente de rozamiento} = \tan(\Phi)$$



“El ángulo de fricción en suelos granulares secos coincide con el ángulo de reposo. Todos los suelos poseen fricción. Sin embargo, a los suelos arcillosos con fricción muy baja o despreciable, se les denomina suelos cohesivos: $\Phi = 0$ ”

Citado por el autor (Huaman, 2018)

- **Cohesión**

“La cohesión es una medida de la cementación o adherencia entre las partículas de suelo. La cohesión en la mecánica de suelos, es utilizada para representar la resistencia al cortante producida por la cementación entre las partículas, mientras que, en la física, este término se utiliza para representar la resistencia a la tensión” Citado por el autor (Huaman, 2018)

En los suelos particularmente granulares en los cuales no existe ningún tipo de cementante o material que pueda producir adherencia, la cohesión se supone igual a cero y a estos suelos se les denomina suelos friccionantes o “no cohesivos” ($C = 0$).

2.3.6 Clasificación de los suelos

- **Sistema Unificado de Clasificación de Suelos**

El sistema de clasificación de USCS se basa en la asignación del tamaño de partículas, el límite líquido y el índice de plasticidad determinados en laboratorio. Este procedimiento de clasificación también se basa en A. mapas de plasticidad obtenidos de estudios de laboratorio. La casagrande (1932). Citado por Duque, (2003)

Tabla 3.

Sistema unitario de clasificación de suelos SUCS Bowles, (1981)

DIVISIÓN MAYOR		SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO	
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 @ Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla No.200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE 1/2 em. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	GRAVAS LIMPIAS Poco o nada de partículas finas	GW Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	DETERMINESE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA, DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (fracción que pasa por la malla No. 200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUE: Menos del 5% GW, GP, SW, SP; más del 12% GM, GC, SM, SC; Entre 5% y 12%: Caso de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.	
		GRAVAS CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	GP Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos		
		ARENAS LIMPIAS Poco o nada de partículas finas	GM Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo		COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD C_u : mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA C_c : entre 1 y 3. $C_u = D_{60} / D_{10}$ $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$
			GC Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arena y arcilla		
		ARENAS CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	SW Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.		NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW.
			SP Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.		LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.
	ARENAS CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	SM Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.		
		SC Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.	Cu = D_{60} / D_{10} mayor de 6 ; $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ entre 1 y 3. No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW		
	SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 @ Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla No.200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor de 50	ML Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.		G – Grava, S – Arena, O – Suelo Orgánico, P – Turba, M – Limo C – Arcilla, W – Bien Graduada, P – Mal Graduada, L – Baja Compresibilidad, H – Alta Compresibilidad
			CL Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.		
			OL Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.		
		LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50	MH Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos.		
CH Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.					
OH Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.					
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS		P Turbas y otros suelos altamente orgánicos.			

- clasificación de suelos AASHTO**

El sistema ha sido objeto de varias revisiones y actualmente se utiliza más con fines de ingeniería en el sector de carreteras, como terraplenes, terraplenes, subrasantes y subrasantes de carreteras. Citado por (Duque, 2003)

“Este sistema de clasificación está basado en los resultados de la determinación en laboratorio de la distribución del tamaño de partículas, el límite líquido y el límite plástico”. Citado por (Duque, 2003)

Tabla 4.

Correlación de tipos de suelos AASHTO – SUCS.

Clasificación de Suelos AASHTO M-145	Clasificación de Suelos SUCS ASTM-D-2487
A-1.a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Fuente: MTC, (2013)

2.4 Métodos de cálculo

2.4.1 Clasificación de los métodos de calculo

Según el autor nos menciona Valiente et al., (2015) “Los métodos de cálculo para analizar la estabilidad de un talud se pueden clasificar en dos grandes grupos: métodos de cálculo con modelos numéricos o métodos de equilibrio límite”. (p.50)

2.4.2 Métodos de equilibrio limite

Según el autor Herrera, (2000) se basan únicamente en las leyes de la estática para determinar el estado de equilibrio de una masa de tierra potencialmente inestable. No se tiene en cuenta la deformación del terreno. Supusieron que la resistencia al corte se moviliza completa y simultáneamente a lo largo de la superficie de corte.

Se pueden clasificar en dos grupos: ·



- Métodos exactos.
- Métodos no exactos.

2.4.2.1 Métodos exactos

La aplicación de las leyes de la estática proporciona una solución exacta al problema, salvo las simplificaciones típicas de todos los métodos de equilibrio límite (sin deformación, factor de seguridad constante en toda la serie de superficies de ruptura, etc.). Esto sólo es posible para pendientes con formas simples, como rotura planar o rotura por cuña.

2.4.2.2 Métodos no exactos

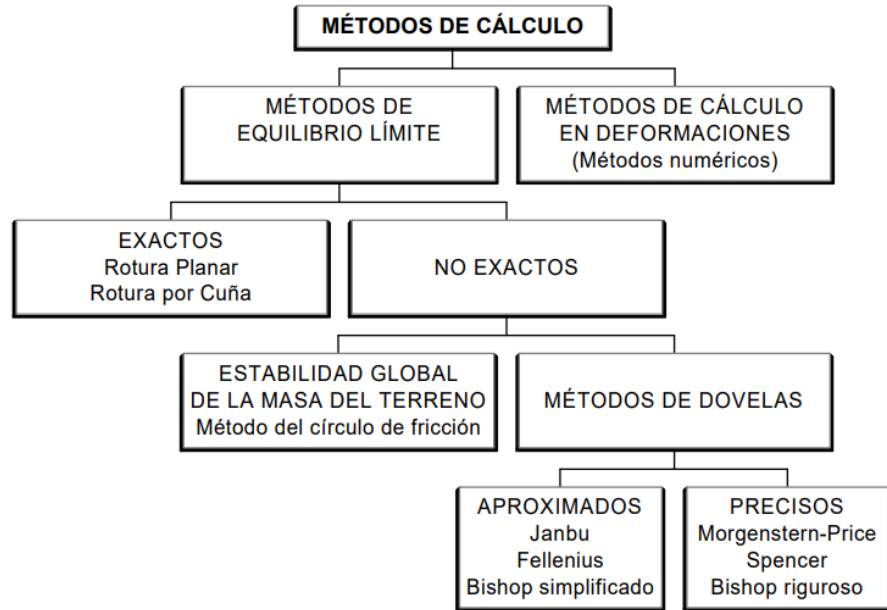
En la mayoría de los casos, la geometría de la superficie de falla no permite obtener una solución exacta al problema aplicando únicamente las leyes de la estática. El problema es hiperestático y se deben hacer algunas simplificaciones o suposiciones a priori para resolverlo. Por lo tanto, podemos considerar métodos que consideran un equilibrio global de la masa deslizante (ya no se utiliza), y métodos de cuña o corte que consideran la división de la masa deslizante en una serie de franjas verticales.

Los métodos de las dovelas o rebanas se clasifican en dos grupos: Métodos aproximados: no cumplen todas las ecuaciones de la estática. Se pueden citar por ejemplo los métodos de Fellenius, Janbu y Bishop simplificado.

- Métodos precisos o completos: cumplen todas las ecuaciones de la estática. Los más conocidos son los de Morgenstern-Price, Spencer y Bishop riguroso.

Figura 18.

En el gráfico en el que se recogen los diferentes métodos de cálculo.

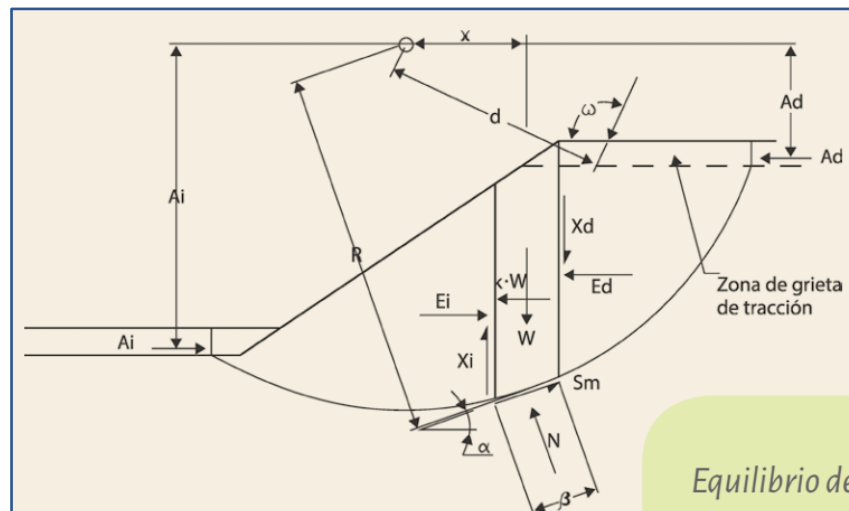


Fuente: Herrera, (2000)

La representación general de las fuerzas actuantes a emplearse en el sistema de ecuaciones para la rebanada como indica en la figura.

Figura 19.

Equilibrio de una rebanada



Fuente: Valiente et al., (2015)



Donde:

- W: “Peso total de la rebanada. En el caso de existir fuerzas sísmicas se introduce un componente horizontal desestabilizador igual a “k” veces el peso”
- N: “Fuerza normal en la base de la rebanada”
- S: “Fuerza cortante movilizada en la base de la rebanada”
- E: “Fuerzas horizontales movilizadas entre rebanadas”.
- D: “Fuerza externa aplicada”
- X: “Fuerzas verticales movilizadas entre rebanadas”
- A: “Empuje de agua externo”

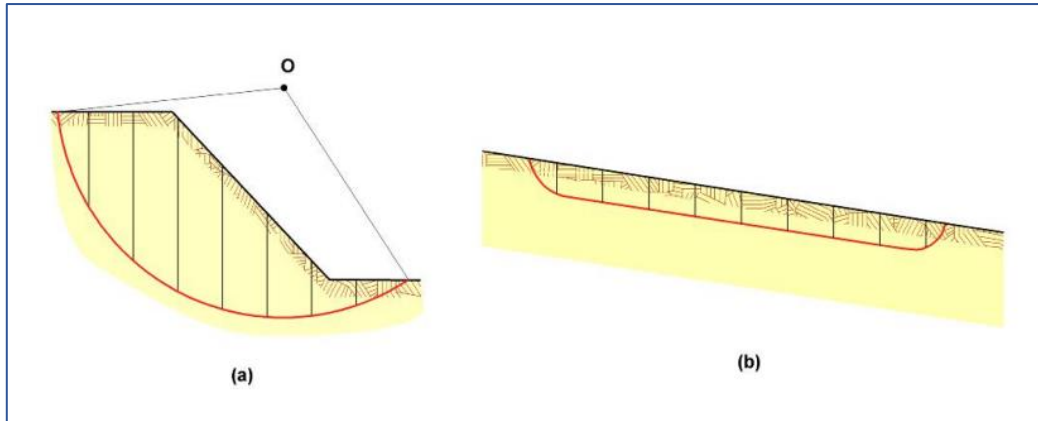
a. Método de Janbu

En los métodos de Fellenius y Bishop la condición básica que se cumple es el equilibrio de momentos. De hecho, en ninguno de los casos se satisface el equilibrio de fuerzas horizontales. Dada la opción, si se debe abandonar una de las ecuaciones de equilibrio, la sugerencia anterior es intuitivamente razonable en el caso de un mecanismo de falla rotacional aparente (Fig. 22a). Sin embargo, en otras situaciones y mecanismos de destrucción, el equilibrio horizontal parece intuitivamente más relevante. Este es el caso, por ejemplo, de los deslizamientos de tierra significativamente traslacionales.

(fig. 22b). citado por Ortuño, (2016)

Figura 20.

Importancia relativa del cumplimiento del equilibrio de momentos o de fuerzas horizontales en función del probable mecanismo de rotura.



Fuente: Ortuño, (2016)

Para este tipo de situaciones, Janbu (1955) desarrolló un método de rebanadas en el que la ecuación de equilibrio básica es exactamente la de la fuerza horizontal (no coincide con el equilibrio de momentos). Este procedimiento se puede utilizar para cualquier forma de superficie de deslizamiento, pero normalmente debe determinarse punto por punto basándose en consideraciones geológicas.

b. Método de Fellenius

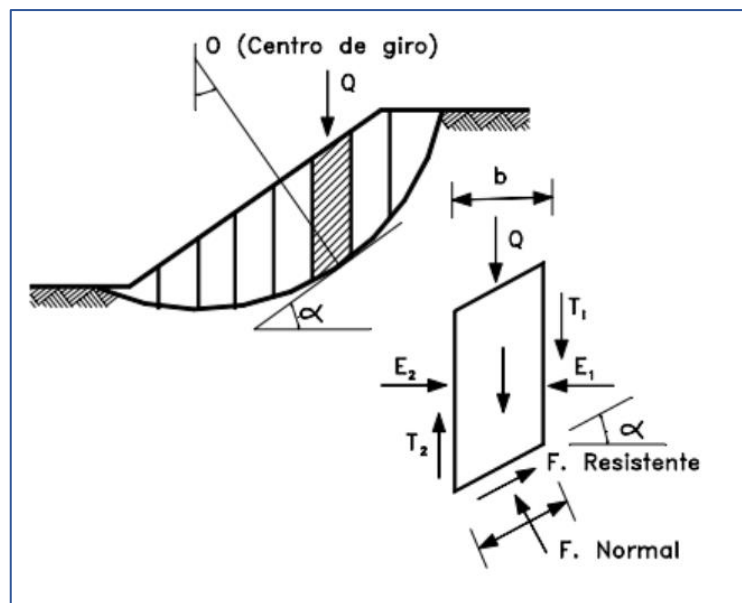
“Este método se conoce igualmente por el nombre de método Sueco de las Dovelas o método U.S.B.R. Quien asume superficies de falla en forma circular, divide el área de falla en tajadas verticales, y con esto se obtiene las fuerzas actuantes y resultantes para cada tajada luego realizando la sumatoria de estas fuerzas se consigue el Factor de Seguridad” citado por Romero, (2021)

Las fuerzas que actúan sobre la dovela son los siguientes:

- “La fuerza de gravedad o peso, el cual se descompone en una tangente y una normal a la superficie de falla”.
- “Las fuerzas resistentes de cohesión y fricción que proceden tangencialmente a la superficie de la falla”.
- “Las fuerzas de presión de tierras y la cortante de las paredes en las dovelas”.

Figura 21.

Fuerzas que actúan sobre una dovela del método de Fellenius.



Fuente: Romero, (2021)

El método realizado por Fellenius se centra en calcular el Factor de Seguridad con la siguiente fórmula.

$$F.S. = \frac{\sum [C' b \sec \alpha + (W \cos \alpha - u b \sec \alpha) \tan \phi]}{\sum W \sin \alpha}$$

α = Ángulo del radio del círculo de falla con la vertical bajo el centroide en una tajada

W = Peso total de cada tajada

U = Presión de poros = $\gamma_w \cdot h_w$

b = Ancho de la tajada

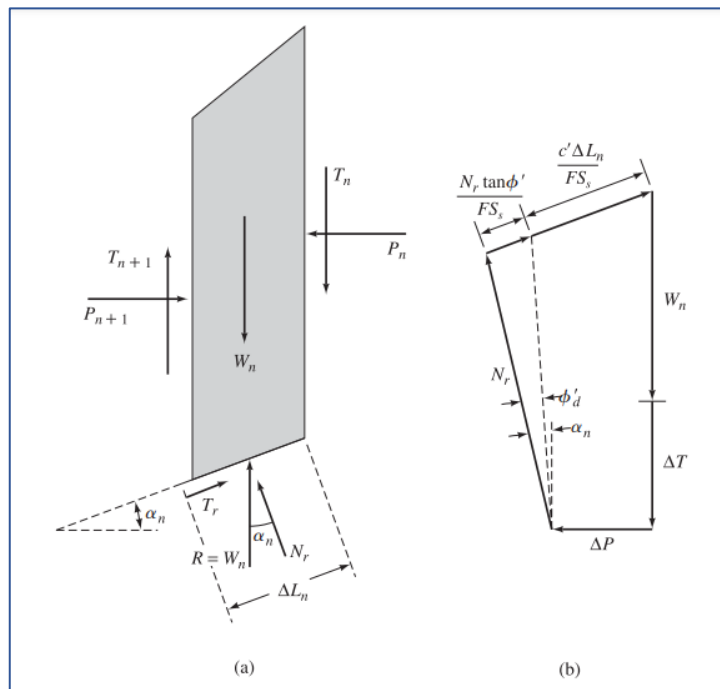
C', θ = Parámetros de resistencia del suelo.

c. Método de Bishop simplificado

En 1955, Bishop propone una solución más sofisticada que el método de dovelas ordinario. Este método muestra el impacto del aspecto del lado de cada Dovela. Podemos estudiar este método haciendo referencia al análisis de gradiente que se muestra en la figura.

Figura 22.

(a) fuerzas actuantes en la n -ésima dovela, (b) polígono de fuerzas en equilibrio.



Fuente: Braja, (2013)

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



2.4.3 Software SLIDE

El análisis de estabilidad de taludes, en este caso se eligió el software SLIDE es un programa de estabilidad de taludes 2D para evaluar el factor de seguridad de superficies de falla circulares o no circulares en pendientes de suelo o roca. SLIDE es muy sencillo de utilizar y, sin embargo, se pueden crear y analizar modelos complejos de forma rápida y sencilla. fácilmente.

El software SLIDE analiza la estabilidad de las superficies de deslizamiento utilizando métodos de equilibrio límite de corte vertical. Se puede analizar superficies o se pueden aplicar métodos de búsqueda aplicado para localizar la superficie de deslizamiento crítica para una pendiente determinada. Rocscience Inc, (2002)

Las características incluyen:

- Búsqueda de superficies críticas circulares o no circulares superficies de deslizamiento
- Los métodos de análisis incluyen Bishop, Janbu, Spencer, GLE.
- Múltiples materiales. Materiales de Mohr Coulomb anisotrópicos y no lineales y otros modelos de resistencia.
- Agua subterránea – superficies piezoeléctricas, factores Ru, poros rejillas de presión o análisis de aguas subterráneas en estado estacionario (vea abajo)
- Grieta por tensión (seca o llena de agua)
- Carga externa: lineal, distribuida o sísmica
- Soporte: clavos para el suelo, amarres, geotextiles, pilotes. Zonas de resistencia infinita (exclusión de superficie de deslizamiento)
- Ver cualquiera o todas las superficies generadas por la búsqueda

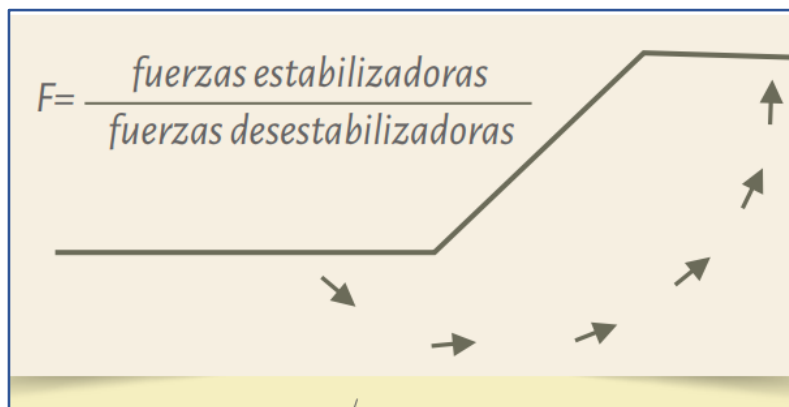
- Se pueden trazar resultados de análisis detallados para superficies de deslizamiento individuales

2.4.4 Factor de seguridad

Para determinar la estabilidad de una masa de suelo se debe determinar el factor de seguridad contra el deslizamiento comparando las fuerzas que intentan producir que el deslizamiento y las fuerzas que intentan impedirlo.

Figura 23.

Esquema de estabilidad del talud.



Fuente: Valiente et al., (2015)

La fuerza desestabilizadora más importante es el peso de la masa deslizante, como la sobrecarga de la estructura o la fuerza del agua que entra en las grietas. La principal fuerza estabilizadora es la resistencia al corte del suelo sobre la superficie de deslizamiento. Actualmente el Perú cuenta con diversas normativas nacionales e internacionales ampliamente aceptadas que regulan los factores de seguridad utilizados. La selección de los coeficientes anteriores debe tener en cuenta la naturaleza temporal de la estructura (temporal o definitiva) y la situación de cálculo (estática o sísmica).

Tabla 5.

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

Normativa	Talud temporal		Talud permanente	
	Estática	Sísmica	Estática	Sísmica
AASHTO LRFD	1.33-1.53	1.1	1.33-1.53	1.1
NAVFAC-DM7	1.3-1.25	1.2-1.15	1.5	1.2-1.15
FHWA-NHI-11-032		1.1		1.1
CE.020			1.5	1.25

Fuente: Valiente et al., (2015)

2.4.5 Nivel de peligro en la estabilidad del talud

El nivel de peligro tiene una relación directa con la estabilidad del talud según el (ICG, 2007), se basó en una investigación de más de 700 taludes analizados en el sur de Perú lo cual lo clasifica de la manera siguiente:

Citado por los autores (Nuñez & Sanchez, 2016) donde se realizó los estudios de taludes:

- **Talud totalmente estable:**

Los taludes que no suponen ningún tipo de peligro para las carreteras y/o viviendas situadas en el talud o en el borde superior o inferior del talud, es decir, en caso de caída o derrumbe, piezas pequeñas, la grava y/o material de grano fino no afectará el arcén, pero en ningún caso causará pérdida de vidas o bienes, y siempre se permitirá el tránsito normal. Generalmente, no se requiere ninguna acción correctiva en pendientes con este nivel de estabilidad o riesgo.

- **Talud parcialmente estable:**



La designación incluye todos los taludes que representan un riesgo medio para caminos o viviendas ubicados en el borde superior del talud o al pie del talud, es decir, aquellos taludes que no se producirán en caso de pequeños derrumbes y/o derrumbes. El cierre total de un camino en pendiente no impedirá el tránsito vehicular, pero el tránsito por el camino experimentará algún retraso debido a la acumulación de material de roca y tierra.

- **Talud inestable:**

Los taludes que representan un peligro para la vía, es decir, en caso de un derrumbe o un derrumbe mayor, no solo impediría el tránsito vehicular, sino que podría dañar edificios o casas bajo los pies o en el suelo. el borde superior de la pendiente, causando víctimas. La solución para estos taludes estará relacionada con muros, cunetas, rejillas, muros de contención y cortes de taludes o construcción de aceras.

- **Talud crítico:**

Taludes que se encuentren en un estado muy crítico y presenten signos de movimiento, que supongan un grave problema para la calzada o las viviendas vecinas, es decir, en caso de derrumbe o derrumbe y/o derrumbe en masa Piedras pueden dañar la capa asfáltica, así como las casas ubicadas en los bordes superior e inferior de la ladera, causando víctimas respectivamente.

2.5 MEDIDAS ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN

El propósito de la alternativa de prevención es reducir el riesgo, esto se puede hacer de manera más eficiente mediante.

2.5.1 Drenaje

“La mayoría de estos desastres son causados por un tratamiento inapropiado del agua superficial en las carreteras, taludes o canales transversales”.según el autor JICA, (2002)

Figura 24.

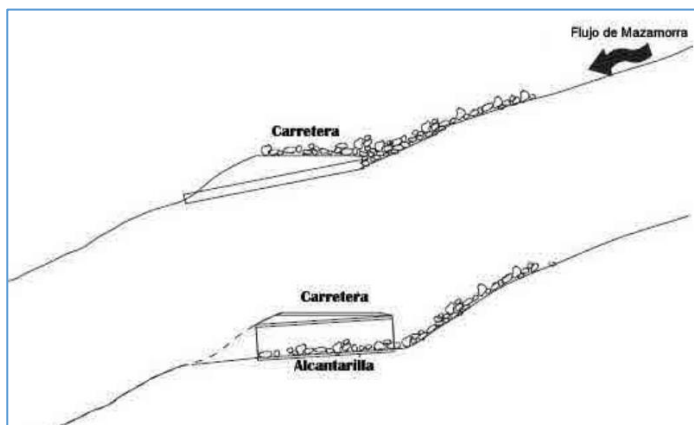
Erosión de Berma de Carretera (arriba) y Medidas



Fuente: JICA, (2002)

Figura 25.

Medidas Preventivas para Flujo de Escombros Causa principal



Fuente: (JICA, 2002)

- **Drenaje de carretera**

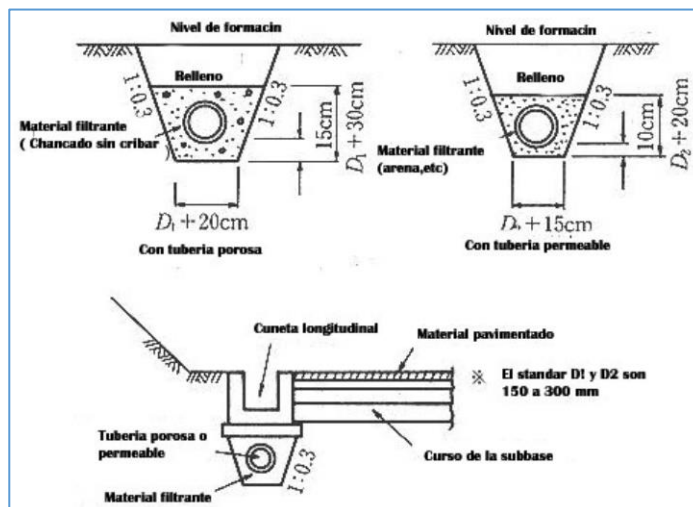
El drenaje es una necesidad vial importante. La infiltración de agua de lluvia y/o agua subterránea en el suelo o la subrasante puede ser una causa importante de daño al pavimento. Erosión de taludes causada por corrientes de agua o daños en taludes causados por la filtración de agua en los terraplenes.

- **Drenaje subterráneo**

En lugares donde el agua subterránea es especialmente abundante, un drenaje subterráneo no es suficiente. Por lo tanto, se introduce una capa horizontal anti infiltración en el límite entre la base y la cimentación o en el sustrato de relleno para dirigir la fuga al drenaje subterráneo.

Figura 26.

Ejemplo de Canal de Drenaje Subterráneo



Fuente: (JICA, 2002)

Tabla 6.

Tipos de Drenaje de Talud

Propósito	Tipo de Trabajos de Drenaje	Función
Drenaje superficial (drenaje para la superficie de la carretera, áreas adyacentes y superficie del talud)	<ul style="list-style-type: none"> • Canal de drenaje en la cima del talud • Canal de drenaje vertical • Canal de drenaje en la berma 	<input type="checkbox"/> Prevención del descenso del agua superficial a la superficie del talud <input type="checkbox"/> Guiar el agua de lluvia de la superficie del talud a una cuneta de drenaje vertical <input type="checkbox"/> Guiar el agua a una cuneta de drenaje en la cima del talud y a un drenaje en la berma en la base del talud
Drenaje subterráneo (drenaje para agua de infiltración y agua subterráneas para la superficie del talud)	<ul style="list-style-type: none"> • Canal de drenaje subterráneo • Trabajos de gavión • Orificio de drenaje lateral • Orificio de drenaje vertical • Capa de drenaje horizontal 	<input type="checkbox"/> Drenar el agua subterránea y agua de infiltración de la superficie del talud <input type="checkbox"/> Reforzar a lo largo de la base del talud con una cuneta de drenaje superficial <input type="checkbox"/> Drenar el afloramiento de agua de la superficie del talud <input type="checkbox"/> Drenar el agua de infiltración de la superficie del talud a un buen drenaje <input type="checkbox"/> Drenar el agua de un terraplén o el agua de infiltración de material de un terraplén

Fuente: JICA, (2002)

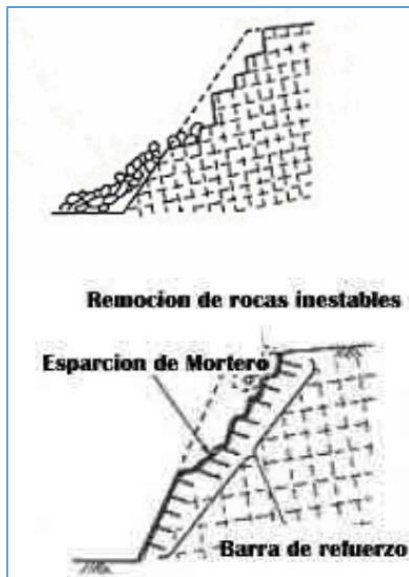
2.5.2 Medidas de protección contra caída de rocas y derrumbe superficial

- **Mortero Proyectado (Shotcrete) en Taludes Naturales**

Por lo general, son adecuados para pendientes empinadas muy erosionadas o acantilados con muchas costuras y sin vegetación. Los trabajos de hormigón proyectado se utilizan principalmente para proteger las superficies de la intemperie y la erosión y, en algunos casos, para controlar los desprendimientos de rocas menores.

Figura 27.

Derrumbe Superficial



Fuente: JICA, (2002)

Talud de Roca (arriba) y Mortero Proyectado (Shotcrete) (abajo)

- **Muro de Sujeción de Rocas**

Un muro de contención de piedra se usa como un proyecto de protección para evitar que caigan fragmentos de piedra sobre la carretera y, a menudo, se usa en áreas con pendientes moderadas o donde hay suficiente espacio al borde de la carretera.

Figura 28.

Medidas de prevención contra caída de rocas y derrumbe (muro de gavión también es efectivo)



Fuente: JICA, (2002)

2.6 MARCO CONCEPTUAL

2.6.1 Estabilidad

Se entiende por estabilidad la seguridad de una masa tierra frente a fallas y desplazamientos. El primer paso es determinar los criterios de estabilidad del talud. Esto se entiende simplemente como poder decir la pendiente adecuada de una acequia o terraplén en un momento determinado. En la mayoría de los casos, lo mejor es la pendiente más pronunciada que pueda mantener durante el tiempo necesario sin caerse. Este es el núcleo del problema y el motivo del estudio. Citado por el autor De Matteis, (2003)

2.6.2 Análisis de estabilidad

Debido a la alta probabilidad de falla del talud debido a los mecanismos de falla plana y cuña identificados en el análisis de tolerancia cinemática, se realizó un análisis determinista para determinar el factor de seguridad en estos casos. Este daño rupturas en talud. Citado por el autor De Matteis, (2003)

2.6.3 Factor de seguridad:

“El Factor de Seguridad (F) expresa la relación entre las fuerzas resistentes del terreno y las inestabilizadoras. Valores de F superiores a 1 indican condiciones estables, y valores menores de 1 indican condiciones inestables. Cuando $F = 1$ la ladera o el talud se encuentra en el punto de rotura”.

2.6.4 Carretera

MTC, (2018) Para los vehículos automotores de más de dos ejes, las características geométricas de las vías, tales como pendiente longitudinal,



pendiente transversal, sección transversal, superficie de la vía y otros elementos, deberán cumplir con las normas técnicas vigentes del Ministerio de Comunicaciones. Según el Ministerio de Transporte MTC, (2018) Las carreteras del Perú se clasifican:

- **Autopistas de Primera Clase**

IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6 000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6.00 m; toda vía debe tener dos o más carriles de al menos 3,60 m de ancho con amplio control de acceso (entrada y salida) para garantizar un flujo vehicular continuo, sin pasos elevados o pasos elevados y puentes peatonales en áreas urbanas.

- **Autopistas de Segunda Clase**

IMDA entre 6 000 y 4 001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6.00 m hasta 1.00 m, en tales casos, se instalará un sistema de retención de vehículos; cada vía debe tener dos o más calzadas, de al menos 3,60 m de ancho y con control de acceso parcial (entrada y salida) para garantizar un flujo de tráfico continuo; en las zonas urbanas puede haber cruces de carreteras o cruces y puentes peatonales.

- **Carreteras de Primera Clase**

IMDA entre 4 000 y 2 001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo. Estos pueden ser pasos de vehículos o pasos a nivel y se recomiendan pasarelas en áreas urbanas y en su defecto dispositivos de seguridad vial para aumentar la velocidad y seguridad de la operación.

- **Carreteras de Segunda Clase**



IMDA entre 2 000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo. Estos pueden ser pasos de vehículos o pasos a nivel y se recomiendan pasarelas en áreas urbanas y en su defecto dispositivos de seguridad vial para aumentar la velocidad y seguridad de la operación.

- **Carreteras de Tercera Clase**

IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. En casos especiales, los carriles de estas vías pueden tener una longitud de hasta 2,50 m con el soporte técnico adecuado. Estos caminos pueden utilizar soluciones denominadas básicas o económicas, incluyendo estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micropavimentos, o homologados, sobre firmes rodantes. En su trazado, debe cumplir las condiciones geométricas que marca la vía.

- **Trochas Carrozables**

Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus vías deberán tener un ancho mínimo de 4,00 m, en cuyo caso se construirán áreas de ensanche denominadas intersecciones por lo menos cada 500 m.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación tiene de enfoque cuantitativo aplicamos valores numerales para establecer los niveles, de estabilidad, con los ensayos de mecánicos de los suelos y la calidad de macizo rocoso con los parámetros establecidos.

3.1.1 Nivel de Investigación

El nivel de investigación es descriptivo, ya que permite la observación y describir las características de las zonas inestables. Así mismo permitió registrar y a conocer los niveles de riesgo de acuerdo a al sector de estudio.

3.1.2 Diseño de investigación.

Es de diseño no experimental donde se observó de manera natural, debido a que busca especificar más información en la zona de estudio, así caracterizar la inestabilidad de los taludes.

3.2 PROCEDIMIENTO

3.2.1 Fase preliminar

En esta etapa se ejecutó los trabajos preliminares que consistieron en revisar, recopilar y clasificar información como son de acuerdo al estudio que se está realizando: informes técnicos, artículos de investigación, imágenes satelitales y de instituciones técnicas – científicas como: (INGEMMET, INDECI, SENAMHI) como en esta fase se delimitó nuestro estudio.



3.2.2 Fase de campo

Donde se realizó la evaluación en campo constituye esencialmente verificó el área de estudio en la parte para luego evaluar las zonas inestables con la intención de registrar sus características geológicas de rocas y suelos, además sus características físico mecánicas, los tipos de suelo y de roca, el grado de meteorización.

3.2.2.1 Levantamiento topográfico con Dron

También se realizó el levantamiento fotogramétrico donde se evaluó 50 hectáreas, para posteriormente evaluar las zonas de los taludes, todo esto queda registrado en las fichas de campo. Levantamiento se tiene las especificaciones de Dron (Anexo: 1.1)

3.2.2.2 Evaluación geomecánica de rocas

Caracterización del macizo rocoso, mapeo geomecánico el RQD, orientación, espaciamiento, tamaño, rugosidad, resistencia del borde de ruptura, apertura y relleno. La dirección de dirección de buzamiento y buzamiento. Clasificación del macizo rocoso como el RMR, GSI.

3.2.2.3 Evaluación mecánica de suelos

Se realizo las calicatas (profundidad 1.5 metros) en los tramos Km 56+000 – 56+200 donde se hizo la excavación, para luego ser evaluadas como la Humedad, Densidad, Análisis granulométrico por tamizado. Límites de consistencia, líquido, plástico y Índice de plasticidad



3.2.3 Fase gabinete

En esta fase se procede a la información obtenida de la preliminar y campo se realizó de acuerdo a toda la información obtenida se procedió mediante el software (ArcGIS 10.6),

- Plano DEM (plano de elevación digital)
- plano de pendientes.
- plano geológico
- Plano geomorfológico.

3.2.4 Materiales

- Equipos de laboratorio de suelos y roca.
- Dron.
- Laptop, papel, impresora.
- Software geológico (Arcgis, Autocad, Google Earth, Dips, Slide)
- GPS, chaleco, brújula, Martillo geólogo, wincha métrica, tablero, lápices de colores y HCl.
- Cámara Fotográfica.
- Materiales para investigaciones geotécnicas.
 - Servicios de Movilidad.
 - Equipo de protección personal EPP.

CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El área de estudio está situada en el departamento de Puno, provincia de Moho, distrito de Moho, en el sector de Chujucuyo con una altitud de altitud: 3 844 m s. n. m.

Las coordenadas UTM WGS 84 son:

Tabla 7.

Coordenadas geográficas de la zona de estudio.

Coordenadas Datum UTM WGS 84 ZONA 19S		
1	8296250N	446250E
2	8296250N	447000E
3	8295500N	447000E
4	8295500N	446250E

Nota: (Ver anexo 2. Plano 1)

4.1.1 Accesibilidad

Tabla 8.

Accesibilidad a la ciudad de Moho

Vía de acceso	Tramos	Características de la vía	Estado	Distancia Km.	Tiempo horas
Vía aérea	Lima – Juliaca (Puno)	Espacio aéreo		841.36	1.3
	Puno - Juliaca	Asfaltada	Buen estado	45	1
Vía terrestre	Juliaca – Huancané	Asfaltada	Regular	58	1.1
	Huancané - Moho	Asfaltada	Regular	35.7	0.5
	Moho – sector Chujucuyo	Asfaltada	Regular	5	0.20

4.1.2 Clima y Meteorología

La investigación se realizó en el sector de Chujucuyo, distrito, provincia de Moho, en las progresivas Km. 55+400 al 56+200, se encuentra en altitudes 3850 a 3910 msnm. Tiene un clima frígido y seco, según el Dr. Javier Pulgar Vidal. La clasificación de la zona corresponde a: Suni. Donde se distinguen dos estaciones durante el año. Citado por el autor Anaya, (2015)

- Es una estación lluviosa en los meses de verano, con fuertes precipitaciones pluviales, lo que indica en meses de enero a marzo, donde hay un ambiente húmedo a templado con unas temperaturas que oscilan de 10° a 15°C.
- La segunda pertenece en los meses de invierno, se determina por el clima frígido y seco con ausencia de lluvias. La temperatura desciende hasta por debajo de 0°C.
 - Seco – Frio: mayo – junio – agosto
 - Seco – Cálido: septiembre – octubre
 - Lluvioso – Cálido: noviembre – diciembre – enero – febrero
 - Lluvioso – Frio: marzo – abril

4.1.3 Vegetación

La vegetación a 3800 y 4 000 msnm. Aquí la vegetación natural principalmente está conformada por ichu, que aprovecha de alimento al ganado. También se observan quinales y eucaliptos.

4.1.4 Topografía

Independientemente, la elevación del terreno en un mapa topográfico está representada por líneas que conectan planos de referencia llamados contornos. El mapa tiene una representación característica del relieve superficial definido por

una relación de pendiente bien definida entre llano y pendiente, pero con secciones favorables para la agricultura. Es de pendiente entre llana e inclinada de Sur a Norte, éstas fluctúan entre los 3825 msnm a 4360 msnm.

4.2 GEOLOGÍA REGIONAL

Las características geológicas del área de Puno son rocas sedimentarias, rocas volcánicas y rocas metamórficas, Huancané, secuencia estratigráfica cuadrilátera de Moho, y los estratos están compuestos por unidades litológicas desde el Paleozoico hasta el presente. En la descripción estratigráfica del área se consideran las siguientes áreas morfológicas debido a que controlan el afloramiento de la unidad: Según el estudio realizado por: (INGEMMET, 2003)

4.2.1 Formación Muni (JsKi-mu)

- **Mesozoico**

Litológicamente la formación Muni está conformada por limolitas rojas, cuyas facies representan depósitos de llanura aluvial distal a llanura costera, por contener algunos niveles de calizas marinas predominantemente hacia la base a la que se denominó Miembro Sipín.

4.2.2 Formación Huancané (Ki-hua)

- **Cretáceo**

Según el estudio realizado por: (INGEMMET, 2003) En el área de estudio se presenta en hojas de Huancané, Moho. En cuanto a la litología, se compone de areniscas de cuarzo de grano medio grueso y areniscas subárticas con un espesor de capa de 0,5-2 m. La estructura interna es un lecho inclinado de ángulo alto y bajo que varía en tamaño de pequeño a grande, pero a veces la ropa de cama se



interrumpe. También presenta capas internas paralelas y onduladas intercaladas con algunas capas delgadas muy marginales de lodo rojo, y en la parte inferior de la secuencia se observan capas de conglomerado dúctil de 1 a 2 cm compuestas por cuarcita.

4.2.3 Grupo Moho (Kis-mo)

INGEMMET, (2003) Sus afloramientos se ubican principalmente en las áreas de superposición al norte del lago Titicaca, correspondientes a los cuadriláteros de las islas de Huancané, Moho toda la cuenca de Putina. Desde el punto de vista litológico, está formado por areniscas de grano fino, principalmente limolitas y lutitas de color rojo claro, con varias capas. El lecho huésped de la unidad consiste en caliza micrítica y arenisca gris conocida como Miembro Huatasani y tiene un espesor de 5 a 25 m.

4.2.4 Formación Vilquechico (Ks-vi)

INGEMMET, (2003) La unidad consiste principalmente en lutitas de capa delgada, comúnmente rojas, de color verde grisáceo a tostado, interrumpidas por capas de 2 a 5 cm de arenisca cuarzosa gris de grano fino. Otra característica es la presencia de facies sin fase en la formación de lutitas. Se encuentra comúnmente en los núcleos de sinclinales como Putina y vilchechico, así como en los núcleos de la banda de opacidad al noreste del lago Titicaca.

4.2.5 Formación Auzangate (KsP-au)

INGEMMET, (2003) Asimismo, en el área correspondiente a la zona de falla plegada, existe una gran deformación desde Huancanai, Moho, Conima hasta Tilali, estas estructuras se encuentran divididas principalmente en sinclinales,



cuyo núcleo es la lutita de la Formación Auzangate. Litológicamente, se compone de una serie de limolitas, limolitas, areniscas árticas y principalmente lutitas, observándose también algún grado de arenisca cuarzosa en la intercalación.

4.2.6 Formación Muñani (P-m)

- **Cenozoico, paleógeno**

Aflora en la parte sureste del cuadrángulo de Huancané, especialmente en la Península de Pusi, sin contacto con el grupo Puno y la formación Ayavacas. El espesor del sótano no supera las decenas de metros, y está dominado por canales arenosos, que se cruzan parcialmente con llanuras aluviales rojas y depósitos de paleosuelos. Generalmente está dominada por lutitas rojas que representan llanuras aluviales, marismas y facies lacustres.

4.2.7 Grupo Puno (P-pu)

Se caracteriza por areniscas de grano medio a grueso. En la meseta se conocen granos y estratos en continuo crecimiento del Paleoceno Superior Oligoceno. En el noroeste (región de Cusco), el equivalente del Grupo Puno parece ser el Grupo San Jerónimo y posiblemente las formaciones de lutitas rojas suprayacentes (Formaciones Chilca y Kirka). En el sureste (Bolivia).

Figura 29.

Columna Estratigráfica de los cuadrángulos de Huancané, Moho e Isla Soto

Eratema	Sistema	Serie	Unidad Litoestratigráfica	Gesor (m)	Litología	Descripción	
CENOZOICA	CUATERNARIO	Holocena	Dep. palustre reciente			Limolitas y areniscas limosas beigeas.	
			Dep. travertino			Travertino en capas delgadas laminadas.	
			Dep. fluvial			Gravas, arenas redondeadas con buena clasificación.	
			Dep. coluvial			Material fragmentario, heterogéneo en forma y tamaño.	
		Pleistocena	Dep. aluvial			Compuestas de arcillas, limos y arenas no consolidadas.	
			Dep. morenas			Compuestas de fil sin estratificación.	
	NEÓGENO	Riocena	Fm. Azángaro	50		Limos y arenas de grano fino en capas delgadas.	
		Miocena	Grupo Tacaza	150		Flujos andesíticos, lavas, tobos, brechas y areniscas vulcanoclasticas.	
	PALEÓGENO	Oligocena	Grupo Puno	150		Disc. ang.	
							Conglomerados, areniscas de grano grueso de color rojizo, mal clasificados, y niveles tobáceos.
Paleocena		Fm. Muñani	100		Areniscas y limoarcillitas marrón rojas de grano fino a grueso.		
MESOZOICA	CRETÁCEO	Superior	Fm. Auzangate	200		Areniscas rojas con niveles de lodolitas. Limoarcillitas gris oscuras con niveles de areniscas.	
			Fm. Vilquechico	500		Areniscas cuarzosas blancas. Granodiorita tonalita porfírica que intruye el Cretáceo y Paleógeno.	
		Inferior	Grupo Moho	650			Areniscas arcólicas y limolitas rojas.
					Fm. Ayavacas		Areniscas cuarzosas blanco rosáceas.
			Fm. Huancané	450			Areniscas cuarzosas blanco rosáceas.
							Calizas laminadas ligeramente espáticas. Areniscas y limoarcillitas rojas.
	JURÁSICO	Superior	Fm. Muri	500		Areniscas cuarzosas blanquecinas, rojas y beigeas. Capas medianas bien clasificadas con estructuras de estratificación sagada.	
			Mbro. Sipin			Limolitas rojas a bronceas en capas delgadas y niveles de areniscas cuarzosas y yeso con niveles de lodolitas rojas. Secuencias de calizas algo alteradas con presencia de limos areniscosos.	
	PALEOZOICA SUPERIOR	PÉRMICO	Superior	Grupo Mitu	50		Secuencias de areniscas rojas con presencia de conglomerados y brechas.
			Inferior	Grupo Copacabana	150		Calizas gris claras con nódulos de chert en estratos tabulares, con presencia de fósiles.
CARBONÍFERO		Superior	Grupo Tarma			Areniscas cuarzosas verdes y limolitas grises.	
DEVÓNICO		1000	Formación Chagrapí	Sup		Disc. ang.	
				Inf		Capas delgadas de areniscas y limolitas con lufas nodulares.	
PALEOZOICA INFERIOR	SILÚRICO					Pelitas gris oscuras laminadas, con pizarras y niveles de areniscas cuarzosas de grano fino en capas delgadas micolotas, con presencia de fósiles.	

4.3 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

4.3.1 Unidades geomorfológicas. -

INGEMMET, (2003) Región estudiada se realizó la caracterizada regionalmente, por la presentación de varias unidades como la cordillera oriental,



la cordillera occidental y el Altiplano. Localmente el área de estudio se localiza en el Altiplano, con unidades mínimos como zona de pampas, zona de lagos, pequeñas montañas y Cordillera Carabaya.

4.3.2 Zona de Pampas

Consiste la depresión de la cuenca de Putina, que se extiende hacia el área y está asociada con la depresión general del lago Titicaca. Los pastizales de las pampas corren aproximadamente de noroeste a sureste y tienen una elevación de aproximadamente 3.800 a 4.000 metros. Está formado por arenisca, litología limolita y conglomerados de medio lacustre de edad plio-cuaternaria

4.3.3 Zona de Lagos

Compuesto por el lago Titicaca y el lago Arapa, se ubica levemente al suroeste del área de estudio, en la depresión central de la meseta, con una gran área orientada de noroeste a sureste. La elevación promedio de estos lagos es de 3.810 m, y el volumen de agua cambia durante la temporada de lluvias invernales, inundando incluso áreas agrícolas en las orillas.

4.3.4 Montañas

De elevaciones entre los 4 100 y 4 800 msnm que tienen una orientación NO-SE y que muestran una morfología levemente quebrada, sobresaliendo algunos cerros empinados como Pichacani, Mujune, Imango, Tucopaca Chotoque, Collincollo Pata, Ichumite, Pallate, Pucará, Hualcane, Yanarico, etc. Litológicamente están conformados por rocas del Mesozoico, que se encuentran falladas y plegadas.



4.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL

INGEMMET, (2003) La actividad tectónica que muestra el área estudiada percibe sistema compresional, de rumbo SO a NE. La estratigrafía y el magmatismo están estrechamente relacionados con varios procesos tectónicos que han ocurrido y están ocurriendo en la actualidad. Los importantes elementos estructurales son fallas inversas, fallas normales y fallas de rumbo. Muchos pliegues y fallas comparten una orientación NO-SE.

4.4.1 Dominio suroeste

Este dominio está restringido al NO por el frente de cabalgamiento Huancané-Moho existiendo lo más resaltante la falla Pusi de un sistema inverso conforme se origina repeticiones tectónicas en las cercanías de Pusi. Esta estructura está localizada al SO de la hoja de Huancané. Se trata de una falla inversa con vergencia al NE la misma que en los alrededores de Pusi pone en contacto a la formación Muñani con el Grupo Puno y a la Formación Chagrapí con la Formación Muñani.

4.4.2 Dominio central

La presentación de cabalgamientos significativos tiene como despegue los niveles pelíticos de la formación Muni y Grupo Moho. Estas duplicaciones corresponden a pilas tectónicas (dúplex) con regiones que se extienden desde kilómetros hasta varios kilómetros. Las estructuras plegadas más prominentes en el campo son las areniscas de la Formación Huancané, caracterizadas por rigidez y resistencia, así como lineaciones oblicuas sinclinales y anticlinales.



4.4.3 Dominio noreste

La zona de transición entre la zona plegada y este dominio las fallas y cabalgamientos van desapareciendo paulatinamente hacia el noreste, donde los plegamientos por lo general son de mayor dimensión y menor deformación.

4.5 GEOLOGÍA LOCAL

Es aquí donde se realiza el estudio de la geología local, en el distrito de Moho en el sector de Chucujuyo con una altitud de altitud 3844 m s. n. m. los afloramientos se presentan de rocas sedimentarias así mismo tienen diferentes composiciones mineralógicas, tamaño de grano, sedimento. (Ver anexo 2. Plano 2)

4.5.1 Formación Huancané (Ki-hn)

(INGEMMET, 2022) “Se describe en su localidad típica alrededores de Huancané, distrito y provincia Huancané, departamento de Puno, a una litología compuesta por areniscas gruesas, cuarzosas, con estratificación cruzada, lentes de areniscas conglomerádicas y delgados estratos de lutitas” la que está ubicada en nuestra zona es una secuencia de areniscas cuarzosas de grano medio con algunas muestras de estratificación cruzada. El cuarzo secundario como cemento tiene un efecto sobre las características debido al intemperismo, las areniscas de grano fino ferruginosas tienden a presentarse en capas lajosas.

En la zona se muestra la secuencia de areniscas cuarzosas de grano medio a fino el afloramiento la estratificación cruzada. El cuarzo secundario como cemento tiene un efecto sobre las características debido al intemperismo, las areniscas de grano fino ferruginosas tienden en capas lajosas.



4.5.2 Depósitos cuaternarios

4.5.2.1 Depósitos aluviales (Q-al)

Se componen principalmente de grava y desemejantes tipos de esquinas rocosas en una matriz de suelo arenoso. Se encuentran constituyendo terrazas en canales antiguos y nuevos. Se encuentran en las laderas de valles y quebradas y forman conos aluviales.

4.5.3 Depósitos fluviales (Q-fl)

Se componen principalmente de grava y cantos rodados de varios tipos de roca en una matriz arenosa y limosa, y cerca de la desembocadura del lago Titicaca el material es más fino, primordialmente arena y limo, formando pequeñas playas.

4.5.4 Geomorfología local

En la zona de estudio se encuentra unidades geomorfológicas como son colinas medias, sistema acuático y talud coluvial. (Ver anexo 2. Plano 3)

- **Sistema acuático.**

Conformada por el Lago Titicaca, ubicado al oeste de la zona de estudio, que abarca gran extensión del área. El lago está ubicado a una altitud promedio de 3.810 m y sus niveles de agua fluctúan durante la temporada de lluvias, lo que puede inundar las áreas agrícolas ribereñas.

- **Sistema de montañas**

Consta de una serie de pequeñas elevaciones que van desde los 3.850 a los 4.100 metros sobre el nivel del mar, está orientada de noroeste a sureste, tiene una topografía moderadamente empinada y está litológicamente compuesta por rocas mesozoicas falladas y fracturadas y plegadas

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

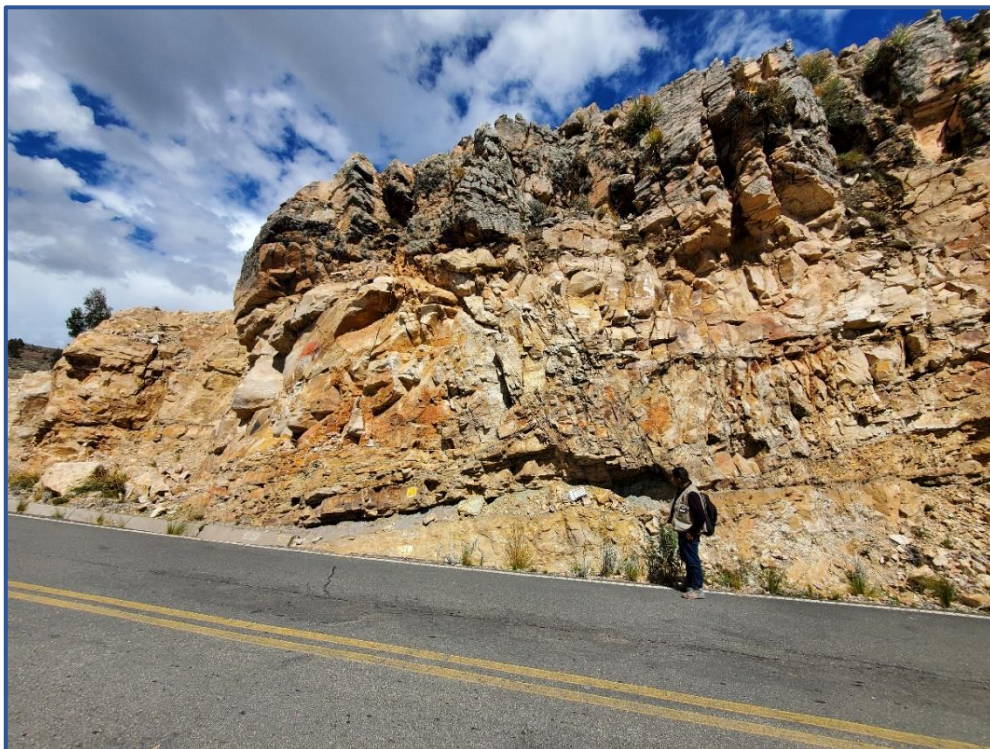
5.1 CARACTERIZACIÓN DE LA GEOLOGÍA

En la zona de estudio del sector de Chujucuyo, esta conformados por rocas sedimentarias, areniscas cuarzosas, blanquecinas, de grano medio a fino de la formación Huancané.

Las areniscas cuarzosas, se encuentran afectadas por familias de diaclasas con orientaciones tomadas con rumbo y buzamiento. El corte de talud en este tipo del macizo rocoso presenta pendientes entre 75° a 85° . Las fracturas en las areniscas se encuentran rellenas rocas trituradas. En el frente del talud que forma el afloramiento rocoso se muestra en la progresiva Km. 55+400 al 55+600 (figura 30.)

Figura 30.

Macizo rocoso – Formación Huancané



Parámetros del macizo rocoso

- **Grado de meteorización:** ligeramente meteorizada.
- **Número de familias de discontinuidades:** 3 familias de discontinuidades.

Parámetros de la matriz rocosa

- **Litología:** arenisca.
- **Textura y tamaño del grano:** fanerítico grano medio.
- **Color:** blanquecino.
- **Resistencia:** 50 – 65 MPa.

El talud es de depósitos coluviales constituidos por grano medio a fino (0.5mm a 0.25mm) de color blanquecino, presencia de areniscas erosionadas. El talud ha sido alterado por la erosión la pendiente esta entre 55° a 65°. Además, es fácil de erosionarse cuando ocurre precipitaciones pluviales o sismos de poca intensidad, en la progresiva Km. 56+000 al 56+200.

Figura 31.

Deposito coluvial.



- **Geomorfológico**

- Está conformado por lomas y cerros alineados. La morfología de colinas medias la presencia de escapas lo que ocasiona la caída de rocas y los deslizamientos, 3800 y 4000 m.s.n.m.

- **Caracterización Estructural.**

- Las discontinuidades se registraron durante el mapeo por estaciones geomecánicas en las labores subterráneas registrándose las diaclasas, se considera la orientación (dirección de buzamiento y buzamiento) para efectuar el análisis geo-estructural.
- Toma de datos estructurales, se realizó el mapeo geomecánico por el método de lineal en estructuras mayores y menores (diaclasas, fallas, etc.), el sistema aplicado a la toma de datos estructurales fue el de dirección de buzamiento/Buzamiento (DIP/DIR).

Tabla 9.

Coordenadas geográficas de los taludes.

Talud	Coordenadas UTM WGS 84		m.s.n.m.
	Este	Norte	
Talud 1	446429	8296138	3848
Talud 2	446450	8295968	3848
Talud/Calicata 1	446734	8295668	3849
Talud/Calicata 2	446794	8295622	3849

5.2 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EN ROCAS

Para evaluar la estabilidad de talud, se utilizó las clasificaciones geomecánicas a partir de RMR, GSI. Se realizó la caracterización de RQD, por ello se hizo el mapeo

geomecánico donde se muestra en el (ver anexo 3) y el análisis cinemático aplicado en taludes rocosos.

5.2.1 RMR de Bieniawski

Las características del afloramiento se evaluaron, las discontinuidades como (longitud, apertura, rugosidad, relleno, meteorización, persistencia de agua, resistencia de la roca) fue ingresada a las fichas técnicas de clasificaciones geomecánicas.

Tabla 10.

Clasificación geomecánica de las progresiva RMR

Progresiva N°	RMR	Tipo
Prog. - 01	54	Regular
Prog. - 02	59	Regular

Tabla 11.

Clase de estabilidad de RMR

Clases de estabilidad según el SMR (Romana, 1985)					
Clase tipo	V	IV	III	II	I
SMR	0 -20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
Descripción	Muy mala	Mala	Normal	Buena	Muy buena
Estabilidad	Totalmente inestable	Inestable	Parcialmente estable	Estable	Totalmente estable
Roturas	Grandes roturas por planos continuos o por la masa	Juntas y grandes cuñas	Algunas juntas o muchas cuñas	Algunos bloques	Ninguna
Tratamiento	<u>Reexcavación</u>	Corrección	Sistemático	Ocasional	Ninguno

Los valores obtenidos de RMR varia de entre 54 y 59 calificados como roca regular calidad, lo que significa que tiene algunas juntas o muchas cuñas, su estabilidad es parcialmente estable.

5.2.2 Clasificación de GSI

Mediante esta clasificación del GSI para macizos rocosos con un valor de GSI mayor a 25, se logra instaurar una correlación entre GSI y el RMR₈₉ seco con la siguiente ecuación:

$$GSI=RMR_{89}-5$$

Tabla 12.

Clasificación geomecánica de las estaciones GSI

Progresiva N°	RMR	Tipo
Prog. - 01	49	Regular
Prog. - 02	54	Regular

5.2.3 Análisis cinemático

Para el análisis cinemático se utilizó el software Dip en donde se requieren los datos de Dip y Dip dirección.

5.2.3.1 Estación geomecánica 01

Figura 32.

Se observa tres familias de discontinuidades del macizo rocoso de arenisca cuarzosa en la progresiva Km 55+400



Datos que se obtuvo en campo donde se muestra en la tabla 13 datos de las familias de Dip y Dip dirección.

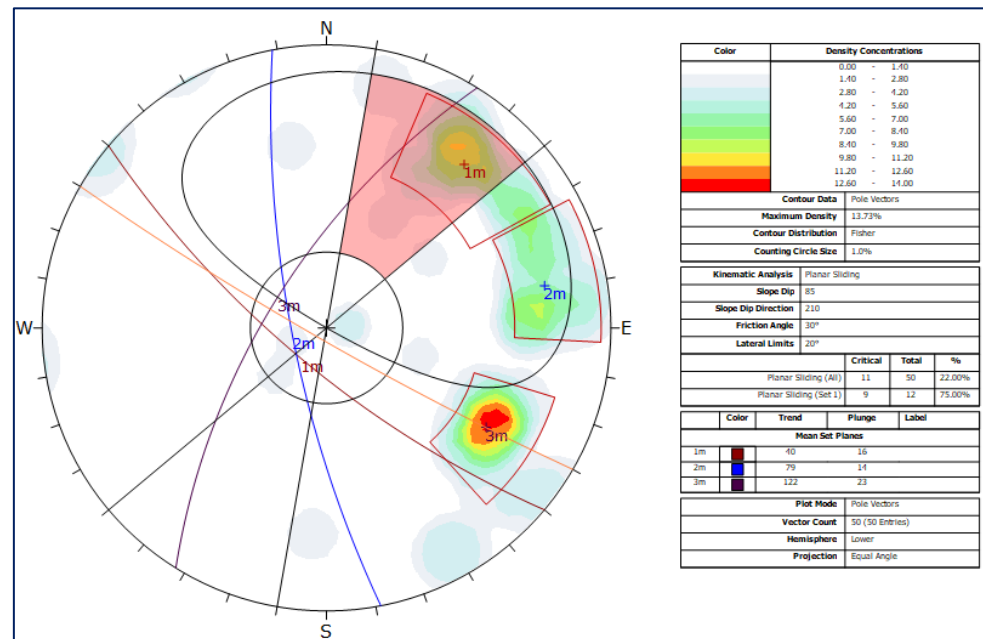
Tabla 13.

Datos para el análisis del talud progresiva Km 55+400

Datos para el análisis		
Tipo de familia	DIP	DIP DIRECTION
talud	85	210
Familia de discontinuidad 1	16	40
Familia de discontinuidad 2	14	79
Familia de discontinuidad 3	23	122

Figura 33.

Estereograma plotado con las familias de juntas, análisis por falla planar

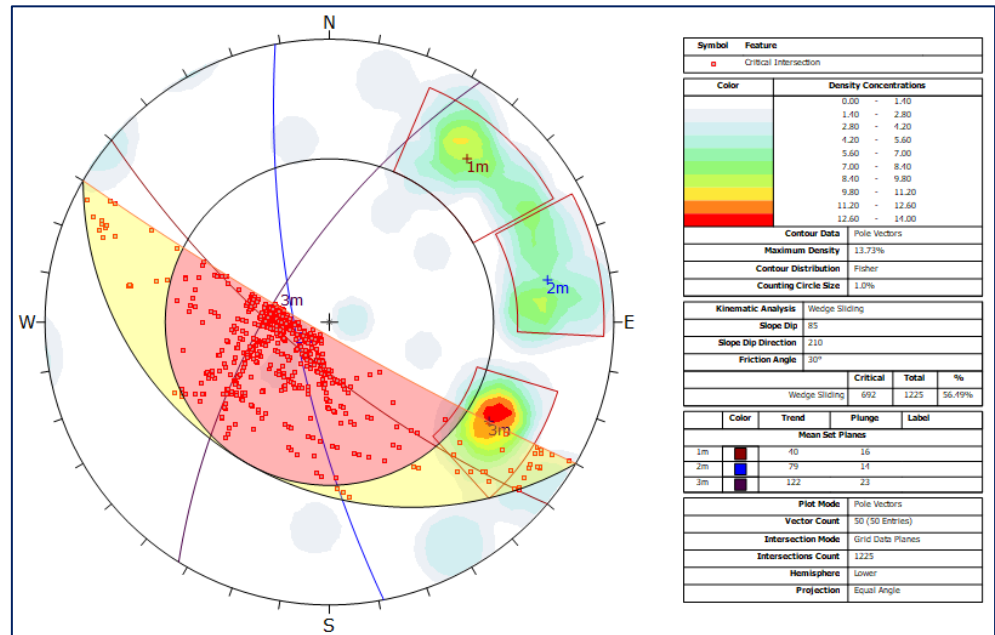


De acuerdo a los datos tomados en campo, existe un 22.00% de probabilidad que ocurra según al análisis falla planar en la estratificación de la familia 1 de las discontinuidades con buzamiento a favor de la

pendiente; las familias 1 y 2 que se interceptan a estratos que sirven como estructuras de corte, favoreciendo la ruptura del talud en la figura 25.

Figura 34.

Estereograma plotado con las familias de juntas, análisis de falla por cuña



En el análisis de falla por cuña, existe la posibilidad de un 56.49% de ocurrencia, debido a la interacción de las familias 1 y 2 por lo que esto ocurriría caída de bloques rocosos el proceso de mayor tamaño al desestabilizarse el talud.

5.2.3.2 Estación geomecánica 02

Figura 35.

Se observa tres familias de discontinuidades del macizo rocoso arenisca cuarzosa en la progresiva Km 55+600



Datos tomados de campo de Dip y Dip Direction en su etapa de gabinete.

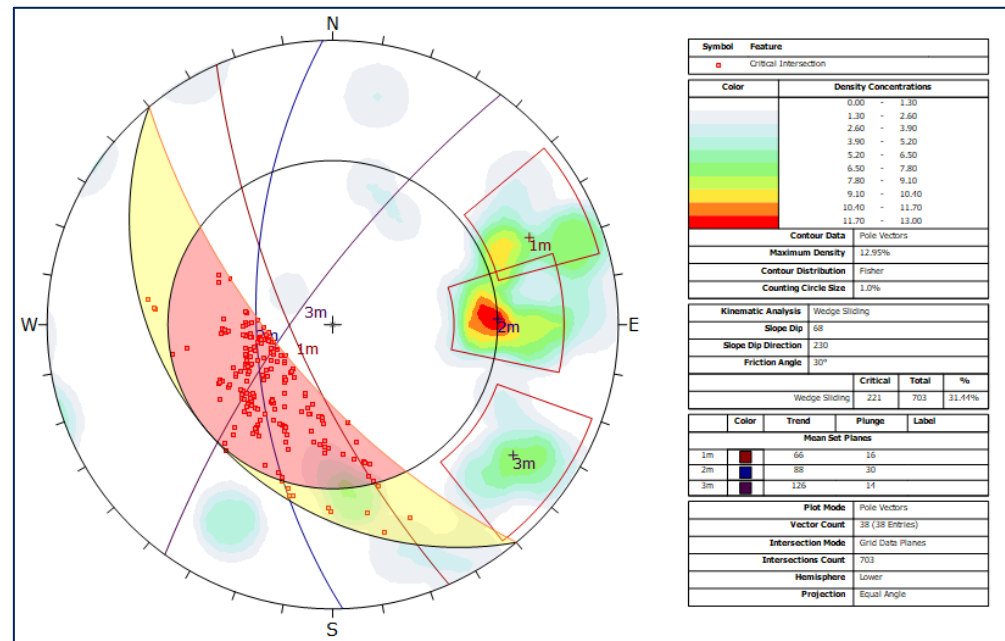
Tabla 14.

Datos para el análisis del talud progresiva Km 55+600

Datos para el análisis		
Tipo de familia	DIP	DIP DIRECTION
Talud	68	230
Familia de discontinuidad 1	16	66
Familia de discontinuidad 2	30	88
Familia de discontinuidad 3	14	126

Figura 36.

Stereograma plotado con las familias de juntas, análisis de falla por cuña



De los datos observados por lo que indica 31.44% posibilidad de falla por cuña debido a la intersección de las familias 1 y 2 con la familia 3 corresponde al estrato del talud la familia 3 y 2 se interceptan en la zona crítica. Donde in situ el talud presenta cuñas, que en conjunto ocasionaría falla del talud.

5.3 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EN SUELOS

5.3.1 Mecánica de suelos

Se realizó dos calicatas con profundidad de 1.50 metros cada uno, las cuales se lograron las muestras para los respectivos ensayos de laboratorio, estas calicatas se realizaron de zonas críticas ubicadas en la progresiva Km. 56+000 al 56+200 de la carretera donde se encuentra zona de inestabilidad de los taludes. Donde se encuentra los datos de laboratorio ver (anexo 4).

Tabla 15.*Resultados de mecánica de suelos.*

Ensayos	Calicata 01	Calicata 02
Análisis granulométrico	Grava: 46.44% Arena: 42.56% Limo: 11%	Grava: 4.94% Arena: 84.65% Limo: 10.41%
Contenido de humedad	12.38%	9.36%
Limite liquido	NP	15.20%
Limite plástico	NP	14.04%
Clasificación de suelos	AASHTO: A-1-b (0) SUCS: GP - GM	AASHTO: A-2-4 (0) SUCS: SP - SM
Corte directo	$C = 0.02\text{Kg/cm}^2$ $\phi = 25.7^\circ$	$C = 0.12\text{Kg/cm}^2$ $\phi = 20.8^\circ$

En la tabla 15 se presenta los resultados de laboratorio ya resumido de las muestras extraídas de suelos se realizó la granulometría, los índices de plasticidad que son menores a 20%, la clasificación de los suelos de AASHTO se clasifica de suelo bueno a malo. SUCS grava mal graduada con mezcla grava – arena poco fina, grava limosa y arena mal graduada, arena limosa mezcla de arena – fino.

5.3.2 Estabilidad de talud

Se realizó con el software Slide V.6, se calculó el factor de seguridad teniendo en cuenta los parámetros geotécnicos de (cohesión y fricción) para luego analizar las características geométricas del talud.

5.3.3 Condiciones del análisis

Para hallar el factor de seguridad se realizó en condiciones (estáticas y pseudoestáticas) mediante el criterio de Mohr-Coulomb.

5.3.3.1 Análisis de estabilidad estática

En este análisis de estabilidad de taludes no se considera el factor sísmico. Estos resultados de análisis se presentan el factor de seguridad, utilizando El método de equilibrio límite (estático) supone que el parámetro de resistencia es independiente del comportamiento tensión-deformación, por lo tanto, no hay información del valor de desplazamiento.

5.3.4 Cálculo del factor de seguridad

Se realizó el análisis software Rockscience – Slide la estabilidad de los taludes, con todos los métodos de Equilibrio límite (Fellenius, Bishop y Janbu).

- **Estabilidad estática**

Tabla 16.

Análisis de estabilidad estática en la progresivas Km 56+000.

Verificación de estabilidad de taludes (por los métodos)			
1	Fellenius	Factor de seguridad = 0.820	No aceptable
2	Bishop	Factor de seguridad = 0.849	No aceptable
3	Janbu	Factor de seguridad = 0.816	No aceptable

El cálculo de la progresiva Km 56+000 del talud en condiciones estáticas el factor de seguridad es menores a 1 se tiene talud inestable. Ver el (anexo 5.1).

Tabla 17.

Análisis de estabilidad estática en la progresivas Km. 56+200

Verificación de estabilidad de taludes (por los métodos)			
1	Fellenius	Factor de seguridad = 1.131	No Aceptable
2	Bishop	Factor de seguridad = 1.145	No Aceptable
3	Janbu	Factor de seguridad = 1.137	No Aceptable

El cálculo de la progresiva, Km 56+200 del talud en condiciones estáticas, el factor de seguridad, se tiene el talud inestable. Pero si se considera un factor de

seguridad de 1.33 que es estable, debido a que son menores por el método de equilibrio límite, no son aceptables porque resulta menores. Ver el (anexo 5.2).

5.3.4.1 Análisis de estabilidad pseudoestáticas

Para el análisis pseudoestático, la aceleración del terreno se considera como la fuerza sísmica experimentada por la estructura durante un sismo. Para entender el nivel de aceleración, el mapa de zonificación según la norma E-030.

Figura 37.

La aceleración para la región Puno en el sector de Chujucuyo la sismicidad.



La Zona presenta aceleración en la zona 2 de aceleraciones del orden de 0.25.

- **Estabilidad Pseudoestáticas**

El análisis Pseudoestático en una aceleración 0.25. El factor de seguridad disminuye por lo que el talud presenta un FS crítico analizando a través de superficie de falla. Ver el (anexo 5.3 y 5.4).

Tabla 18.

Análisis de estabilidad Pseudoestáticas en la progresivas Km. 56+000.

Verificación de estabilidad de taludes (por los métodos)			
1	Fellenius	Factor de seguridad = 0.569	No Aceptable
2	Bishop	Factor de seguridad = 0.608	No Aceptable
3	Janbu	Factor de seguridad = 0.555	No Aceptable

Tabla 19.

Análisis de estabilidad Pseudoestáticas en la progresivas Km. 56+200.

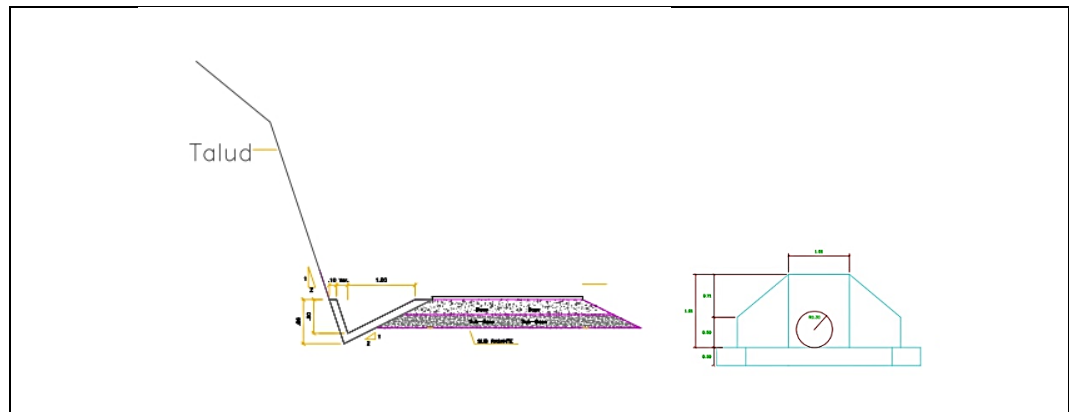
Verificación de estabilidad de taludes (por los métodos)			
1	Fellenius	Factor de seguridad = 0.786	No Aceptable
2	Bishop	Factor de seguridad = 0.813	No Aceptable
3	Janbu	Factor de seguridad = 0.763	No Aceptable

5.3.5 Medidas de prevención propuestos

A continuación, se describen algunas propuestas en el sector de Chujucuyo donde se está evaluando caída de rocas y deslizamiento tiene como objetivo minimizar los daños que puede ocasionar ya sea frente a eventos geodinámicos externos e internos.

5.3.6 Drenajes

La medida alternativa es hacer el drenaje superficial y subterráneo ya que el flujo pueda drenar, en temporadas de lluvia en los meses diciembre a marzo.



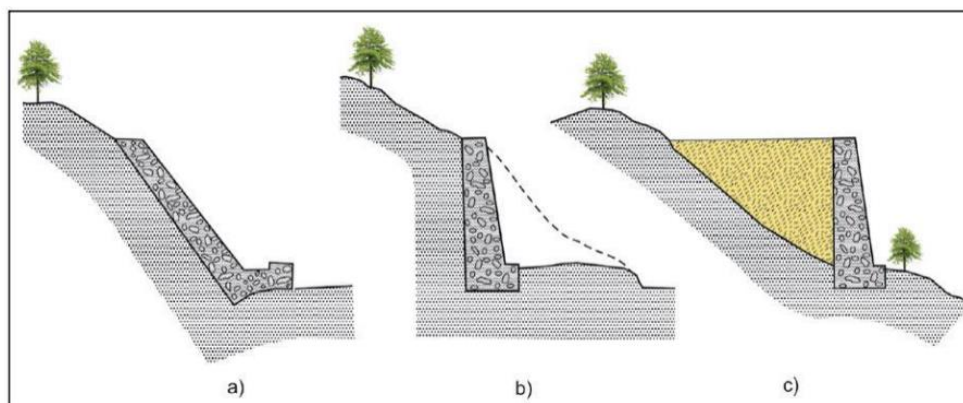
Fuente: Elaboración propia

5.3.7 Tipos de muros

- Muros de revestimiento que consiste básicamente en proteger el terreno de la erosión y meteorización además de proporcionar un peso estabilizador
- Los muros de contención generalmente van excavados y se construyen para contener un terreno que sería probablemente inestable sin la acción del muro
- Muros de sostenimiento, los cuales se construyen separados del terreno natural y se rellenan posteriormente.

Figura 38.

Tipos de muros de alternativa.



Fuente: citado por INGEMMET, 2021

5.3.8 Medida preventiva de macizo rocoso

Es prevenir pequeñas fallas de macizo rocoso, las medidas preventivas de cómo realizar la instalación de pernos de roca, anclajes y proyectado (Shotcrete), para la estabilización del talud.

5.3.9 Mallas ancladas:

Se trata de un sistema de protección contra la caída de rocas, o bien cubriendo la superficie afectada de un talud mediante malla de alambre de acero galvanizado. Se debe tener en cuenta que el anclaje de malla evita que los bloques de superficie caigan.

Figura 39.

Control de caída de rocas utilizando mallas ancladas.



Fuente: INGEMMET, (2023)



VI. CONCLUSIONES

- En la carretera aflora roca sedimentaria de la formación Huancané (Ki-hua) Areniscas cuarzosas blanquecinas de grano medio a fino, con estructuras sedimentarias de estratificación y laminación interna paralela moderadamente meteorizadas con diaclasas. El afloramiento se encuentra depósitos coluviales, en la progresiva Km. 55+400 al 56+200 de rocas sedimentarias de areniscas cuarzosas.
- La caracterización macizo rocoso el RQD=43 y RQD=48 respectivamente de calidad regular las clasificaciones geomecánicas a partir de RMR=54 y RMR=59 y GSI=49 y GSI=54 es el tipo de calidad regular del macizo rocoso, la estabilidad parcialmente estable, el tipo de rotura sistemático, análisis cinemático se utilizó el software Dip lo que se obtuvo es el análisis cinemático el tipo de rotura planar y cuña.
- Los resultados de estudio de los suelos la clasificación de AASHTO= se clasifica de suelo bueno a malo. SUCS= grava mal graduada con mezcla grava – arena poco fina, grava limosa y arena mal graduada, arena limosa mezcla de arena – fino. El análisis de estabilidad de taludes se ejecutó con el software Slide 6, se calculó el factor de seguridad tomando en cuenta las propiedades del suelo (cohesión y fricción) las características geométricas del talud. En condiciones estáticas el factor de seguridad en la progresiva no es aceptable si se considera menores a 1.5 y pseudoestáticas la aceleración en la zona 2 de aceleraciones se consideró 0.25 el talud presenta el factor de seguridad inestable, por lo tanto, se debe hacer las medidas preventivas ante un evento geodinámica eterna y interna.



VII. RECOMENDACIONES

- Emplear zonas de drenaje superficial y subterráneo, en estaciones del año (enero – marzo) de precipitaciones pluviales el agua pueda fluir.
- Hacer el desate de rocas y suelos sueltas que se encuentra en el talud de la carretera, para así evitar accidentes, estos trabajos deben ser realizados por los especialistas.
- Ejecutar la estabilización del talud debido a que es muy empinado el afloramiento rocoso como los pernos de anclaje, mallas o redes metálicas en la progresiva, Km 55+400 al 55 + 600 para prevenir caída de rocas o desprendimientos.



VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anaya, C. (2015). Características de las zonas altoandinas en el Perú. In *Area de servicios de investigación*. <http://www.congreso.gob.pe/dgp/Didp/index.html>
- Arcila, A., Guerra, D., & Bergaño, C. (2019). *Diseño de taludes, muros y estructura de pavimentos urbanización municipio de Fredonia*. Universidad Cooperativa de Colombia.
- Botia, W. (2015). *Manual de Procedimientos de Ensayos de Suelos y Memoria de Calculo*. Universidad Nueva Granada.
- Braja, D. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (4th ed.). Sergio R. Cervantes González.
- Calizaya, F. (2020). *Evaluación geotécnica para la estabilidad de taludes en la trocha carrozable - Acconsaya – sector Cruzhuasa - Corani – Carabaya - Puno* [Universidad Nacional Del Altiplano]. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Campos, F., Mora, R., Sequeira, J., & Garnier, M. (2021). Aplicación de análisis de admisibilidad cinemática y equilibrio límite para optimizar la geometría de explotación de una cantera en el cantón de León Cortes, San José, Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, 1–25. <https://doi.org/10.15517/rgac.v66i0.49786>
- Campos, L. (2017). *Análisis De Estabilidad De Taludes En La Carretera Lajas-Ajipampa* [Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1009>



- Celli, A., & Falcioni, F. (2022, March). Caracterización geomecánica del macizo rocoso de la Formación Santa Cruz aflorante en la zona de Condor Cliff, río Santa Cruz, Patagonia Argentina. *Asociación Geológica Argentina*, 79(1), 106–124.
- Cepeda, J., Leal, L., & Garcia, P. (2009). *Conservación y explotación de carreteras Conservación* (2nd ed.). www.fundacionlaboral.org
- Copons, R., & Tallada, A. (2009). Movimiento de Ladera. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 17. 3, 284–294.
- De Matteis, A. (2003). *Estabilidad de Taludes* [Universidad Nacional de Rosario]. https://www.academia.edu/7518364/Geología_y_Geotecnia_Tema_Estabilidad_de_taludes
- Duque, G. (2003). *Clasificación de Suelos* (pp. 78–88). Universidad Nacional de Colombia.
- Frankie. (2012). *Estudios Geotecnicos*. <https://estudiosgeotecnicos.info/index.php/author/frankie/>
- Geobook. (2015). *Archivo de la categoría: deslizamiento*. Deslizamiento, Geología, Ingeniería Geológica, Medidas de Contención, Talud. <https://geobookgeologia.wordpress.com/category/deslizamiento/>
- González de Vallejo, L. (2002). *Ingeniería Geológica* (Prentice H).
- Herrera, F. (2000). *Análisis de estabilidad de taludes*. http://www.concretonline.com/pdf/08mineria/art_tec/AnalisisEstabilidadTaludesRocosos.pdf
- Huaman, W. (2018). *Analisis de la Variacion del Angulo de Friccion y Cohesion en la*



- Resistencia a los Esfuerzos de Corte en los Suelos de Centro Poblado de alto Qoqo*
- Cusco [Universidad Alas Peruanas]. <https://repositorio.uap.edu.pe/>
- INGEMMET. (2003). *Memoria descriptiva de la revision y actualizacion delos cuadrangulos de Huancane (31-x), Moho (31-y) e Isla Soto (32-y)*.
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2057?locale=es>
- INGEMMET. (2022). *Patrimonio geológico en la region puno*.
file:///C:/Users/DELL/Downloads/I011-Patrimonio_geologico_region_Puno.pdf
- JICA. (2002). Procedimiento V, obras de prevención de desastres. In *Manual de gestión y prevención de desastres en carreteras*.
- Kosaka, R., Palza, H., Farfan, E., Gonzales, E., Minaya, E., & Ticona, J. (2002). *Estudio Geodinamico y Evaluacion de Peligros de las Localidades de Huanca y LLuta*.
Universidad Nacional de San Agustin.
- Maldonado, Y. (2020). *Deslizamientos de tierra y sus tipos*. Geologiaweb.
<https://geologiaweb.com/riesgos-naturales/deslizamientos/>
- Mamani, G. (2020). *Evaluación de estabilidad de taludes en las progresivas del Km. 18+060 al 18+180 en roca fija del distrito de Yanahuaya provincia Sandia - Puno*
[Universidad Nacional Del Altiplano].
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- MTC. (2013). Manual de Carreteras. In *MTC*.
- MTC. (2018). Manual de Carreteras: Diseño Geometrico DG. In *Ministerio de Transportes y Comunicaciones. PROEEX PERU*.



http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4877.pdf

Nuñez, R., & Sanchez, I. (2016). *Riesgo a deslizamiento en taludes del sistema vial Lampa-Pariahuanca, Huancayo* [Universidad Nacional del centro del Perú].

[file:///C:/Users/USER/Downloads/Nuñez Romero-Sanchez Llacta.pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/Nuñez%20Romero-Sanchez%20Llacta.pdf)

Oliva, A., & Gallardo, R. (2018). Evaluación del riesgo por deslizamiento de una ladera en la ciudad de Tijuana, México. *Tecnura*, 22(55), 34–50.

<https://doi.org/https://doi.org/10.14483/22487638.12063>

Ortuño, L. (2016). *Estabilidad de taludes en suelos*. Universidad Politécnica de Madrid.

Padrón, C. (2019). Evaluación Del Riesgo De Desastres Por Deslizamientos Activados Por Lluvias. Caso Estudio: Barrios Informales De Mamera - El Junquito. *Terra Nueva Etapa*, 35(57), 1–20.

Peña, I., Vasquez, A., Vera, R., & Gálvez, M. (2023). *Evaluación del peligro por inestabilidad de taludes en la ruta PE-3S, Abancay*. 2(2), 40–51.

www.fundacionlaboral.org

Quispe, G., & Nuñez, Y. (2019). *Plan de contingencias por sismo*.

Ramírez P., & Alejano L. (2004). Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes. In *Journal of Chemical Information and Modeling*.

<https://www.researchgate.net/>

Rocscience Inc. (2002). *Slide*.

https://www.rocscience.com/downloads/slide/Slide_TutorialManual.pdf

Romero, M. (2021). *Marco metodológico para la inclusión del nivel freático en el modelado de taludes por el método de equilibrio limite*. Universidad Católica de



Colombia.

Suarez Burga, L. O. (2016). *Análisis de Estabilidad de Taludes* (1ra ed).

Suárez, J. (1998). Deslizamientos y Estabilidad de Taludes. In *Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos*. Ingeniería de Suelos Ltda.
<https://desastres.medicina.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0101/doc0101.pdf>

Suazo, A. (2011). *Influencia de la Pendiente y la Precipitación en la Erosión de Taludes Desprotegidos*. Universidad de Bio - Bio.

Torres, L. (2019). *Estabilidad de Taludes para mejorar la transitabilidad y seguridad en los tramos críticos de la carretera Monteseco, Distrito Catache*. Univeersidad Cesar Vallejo.

Tupa, P. (2017). *Evaluación Geologica-Geotecnica Para La Estabilidad De Taludes En La Carretera Muñani-Saytocochoa Tramo Km. 14+700 Al 30+00* [Universidad Nacional Del Altiplano].
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Valiente, R., Sobrecases, S., & Díaz, A. (2015). Estabilidad de taludes-Conceptos básicos-parámetros de diseño y metodos de calculo. *Revista CIVILÍZATE 2015*.
<https://bit.ly/3VzPcdo>

Viltres, Y., & Guardado, R. (2014). Evaluación y cartografiado del peligro por deslizamientos en el municipio de Moa. *Minería y Geología*, 30(3), 16–32.



ANEXOS



ANEXO 1

PLANOS

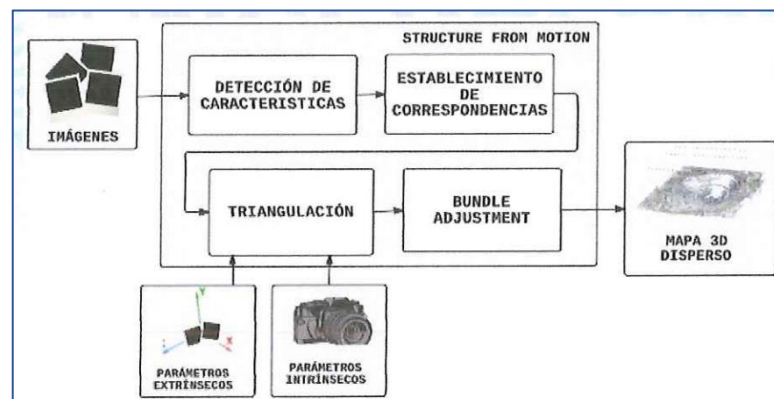
- ✓ **DEM**
- ✓ **PENDIENTE**

Anexo: 1.1. Levantamiento fotogramétrico de la zona de estudio

Para el levantamiento fotogramétrico en la zona de estudio se utilizó el dron Mavic 2 Pro equipado con la cámara Hasselblad (20 megapíxeles). Así mismo, se ha capturado fotografías panorámicas.



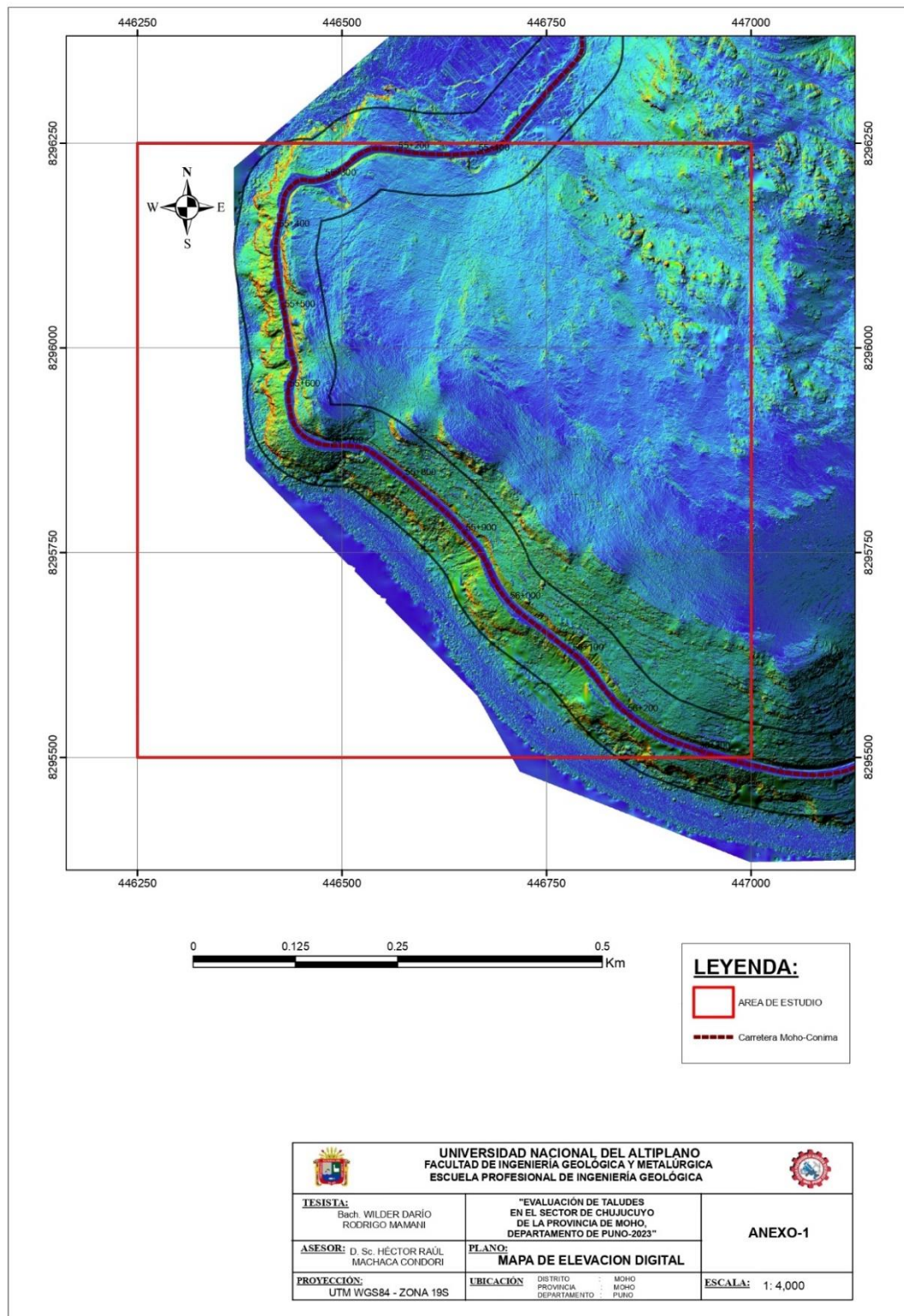
En campo se capturo un total de 400 fotografías cubriendo aproximadamente 80 hectáreas de terreno. El plan de vuelo se realizó con una altura promedio de 180 metros y con un 70% de solape lateral y 75% de solape longitudinal, el cual nos proporciona una resolución de terreno de aproximadamente 5 cm/plx. En esta oportunidad, no se consideró puntos de control terrestre.



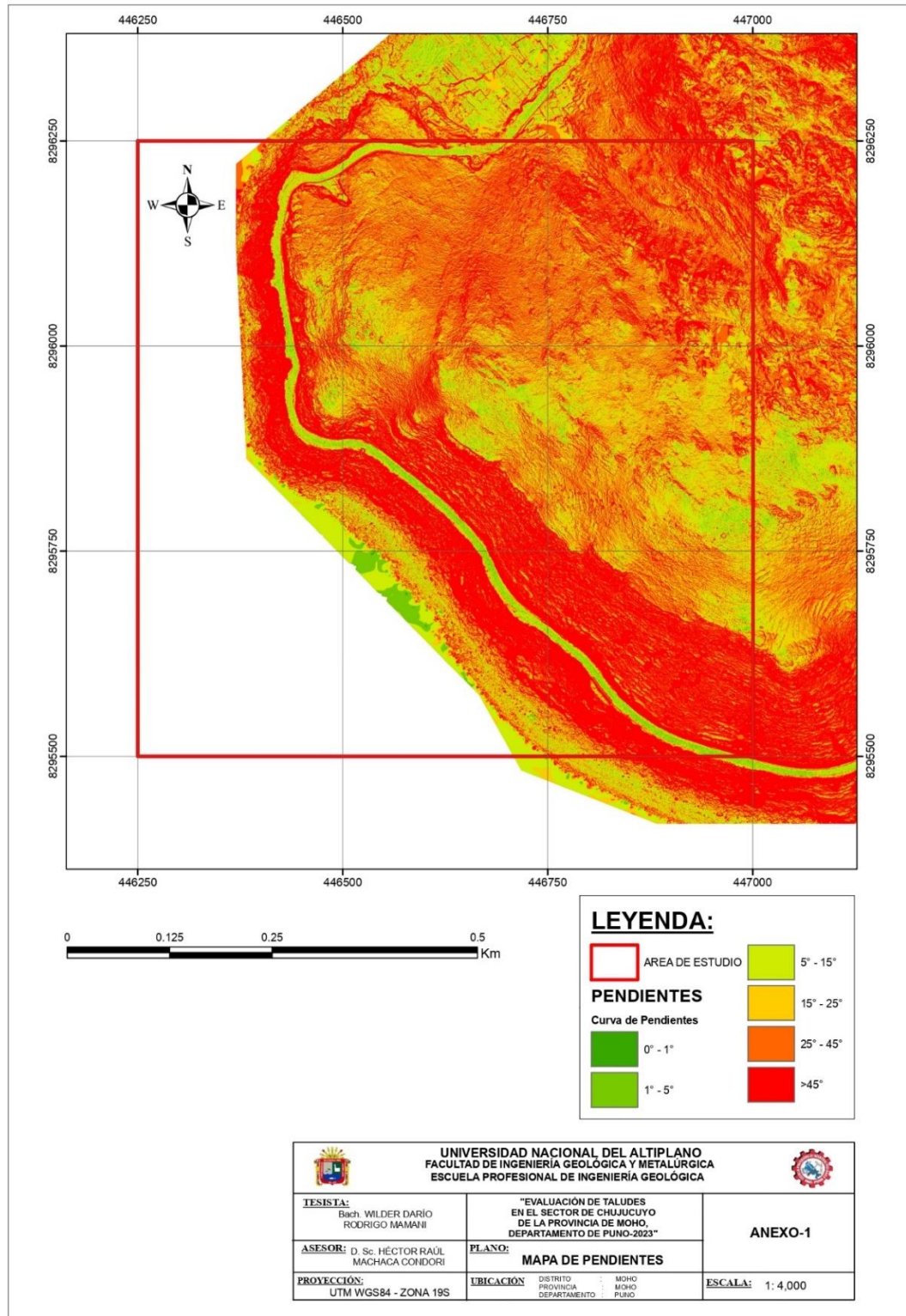
Para el proceso fotogramétrico se utilizó la técnica SIM (structure from motion) a través del software Metashare obteniéndose en primera instancia una nube de puntos 3D dispersa y posteriormente una nube de puntos 3D densa.

Finalmente se obtuvieron el modelo digital de elevaciones DEM y la ortofoto los cuales se exportaron en el formato TIFF para su utilización en el Sistema de Información Geográfica ArcGis. Otro producto apartir del DEM fue el mapa de pendientes.

Anexo 1.2.



Anexo 1.3.

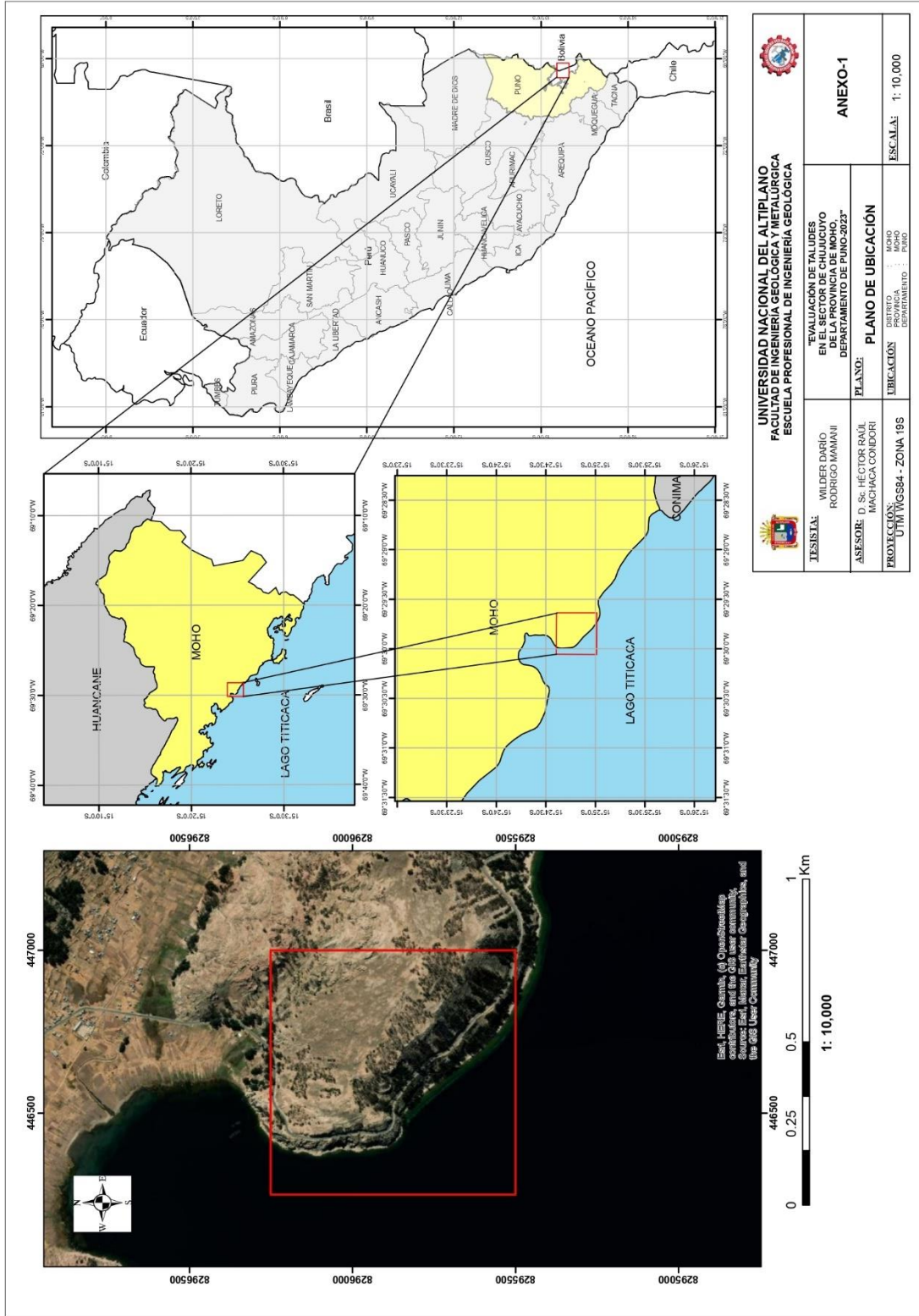


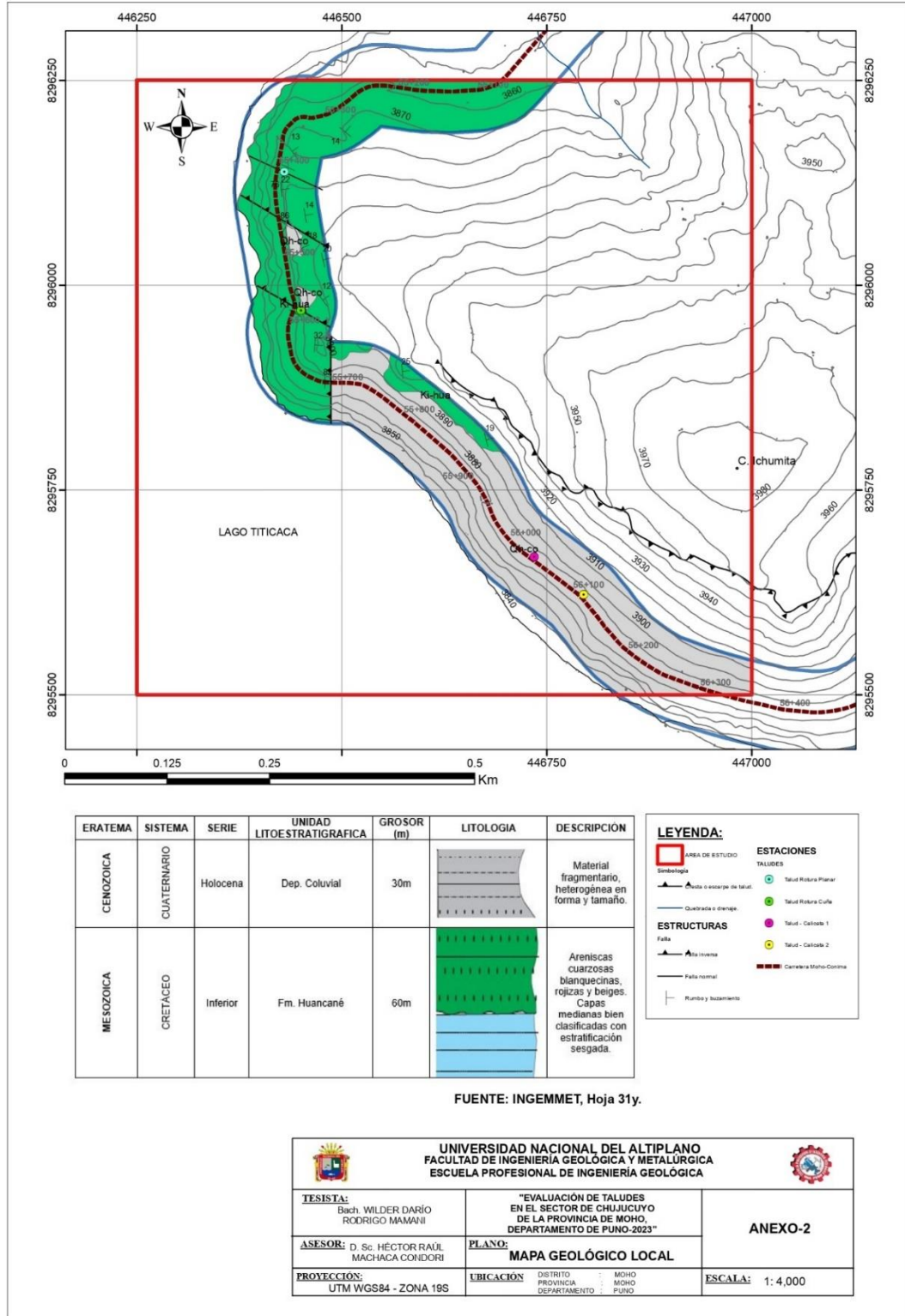


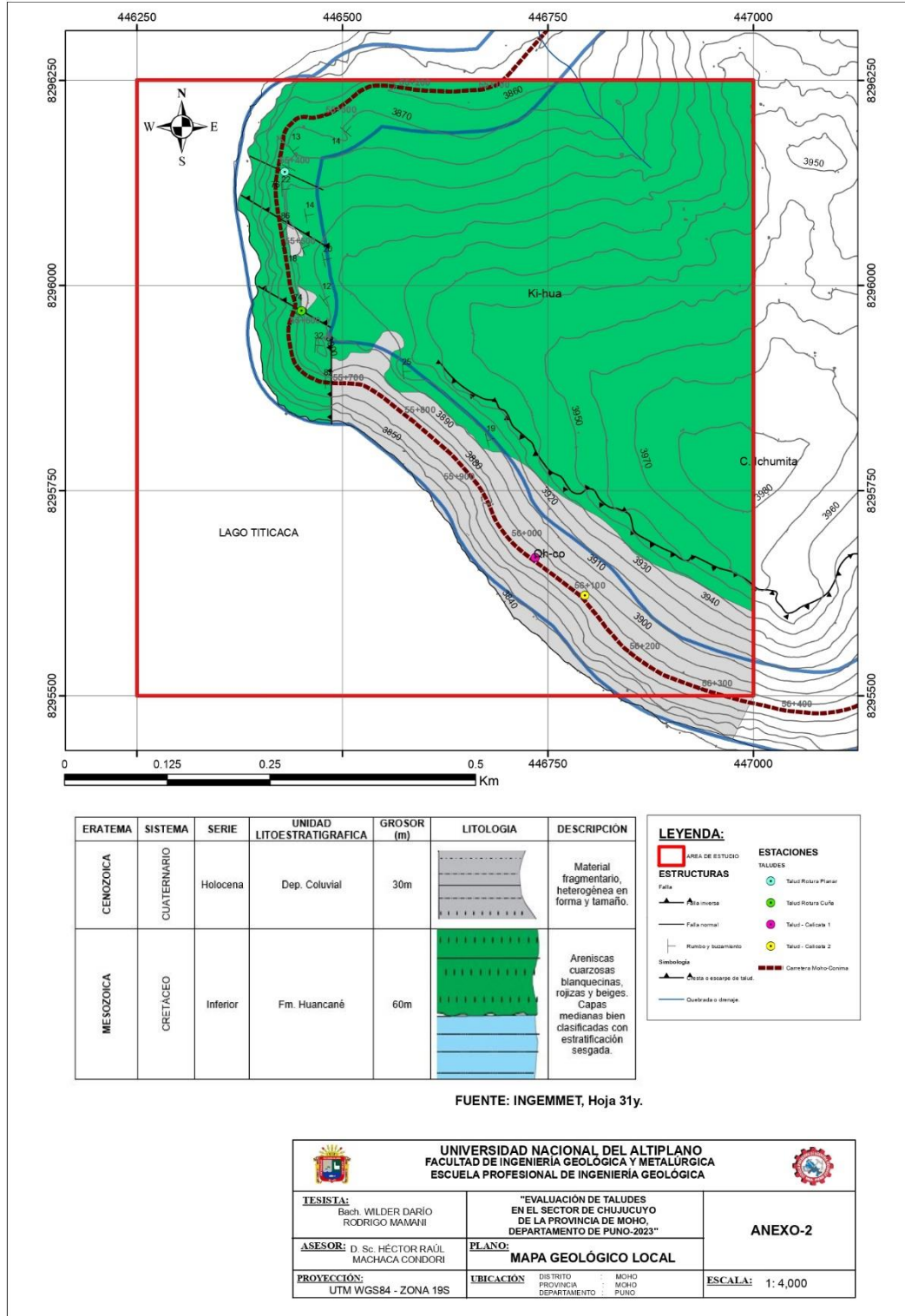
ANEXO 2

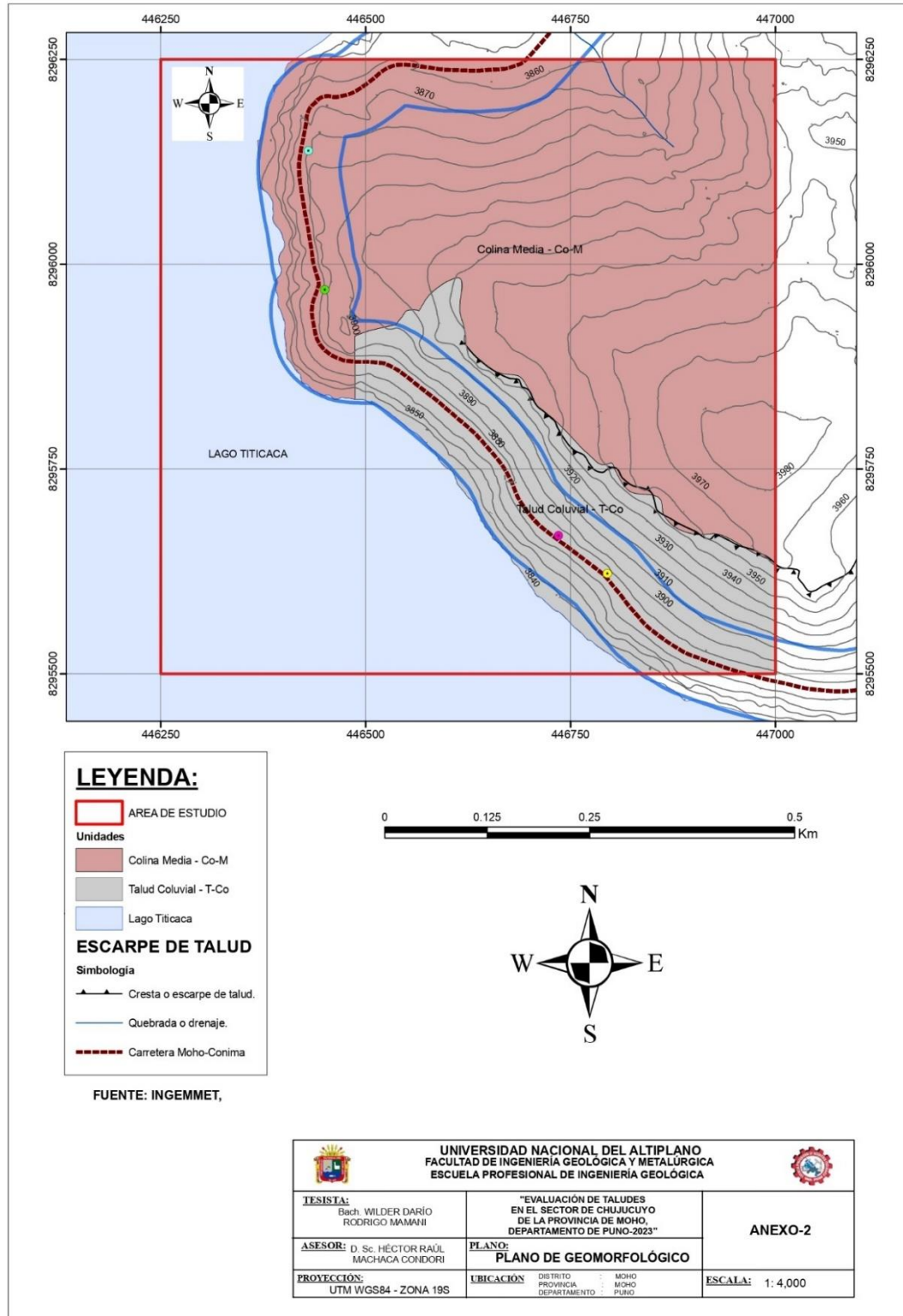
PLANOS

- ✓ **UBICACIÓN**
- ✓ **GEOLÓGICO**
- ✓ **GEOMORFOLÓGICO**











ANEXO 3

MAPEO GEOMECÁNICO EN ROCA

Clasificación geomecánica del macizo rocoso RMR y GSI

Dirección (°)	Dirección de buzamiento (°)	UCS Resistencia a la compresión simple	RQD	Espaciamiento entre discontinuidades	CONDICIONES DE DISCONTINUIDADES					RMR	GSI
					Persistencia	Apertura	rugosidad	Relleno	Meteorización		
84	332	7	13	8	6	4	3	1	6	15	58
63	312	7	13	8	6	4	3	1	6	15	58
68	313	7	13	8	6	4	3	1	6	15	58
90	305	7	13	8	6	4	3	1	6	15	58
72	300	7	13	8	6	4	3	1	6	15	58
47	236	7	13	8	6	4	3	1	6	15	58
71	255	7	13	8	6	4	3	1	6	15	58
69	295	7	8	5	6	4	3	1	6	15	55
28	46	7	8	5	6	5	3	1	3	15	53
86	265	7	8	5	6	5	3	1	3	15	53
59	305	7	8	5	4	5	3	1	3	15	51
73	290	7	8	20	4	5	3	1	3	15	66
15	67	7	8	20	4	5	3	1	3	15	66
70	304	7	8	20	6	1	3	1	1	15	62
87	310	7	8	5	6	5	3	1	1	15	51
38	287	7	8	5	6	5	3	1	1	15	51
66	169	7	8	5	6	5	3	2	5	15	56
82	210	7	8	5	6	5	3	2	6	15	57
84	330	7	8	5	6	5	3	2	6	15	57

+

Clasificación geomecánica del macizo rocoso RMR y GSI N° 1

Dirección (°)	Dirección de buzamiento (°)	UCS		RQD	Espaciamiento entre discontinuidades	CONDICIONES DE DISCONTINUIDADES						RMR	GSI
		Resistencia a la compresión simple				Persistencia	Apertura	rugosidad	Relleno	Meteorización	Agua subterránea		
78	233	7	13	1- <1 m 2- 1-3 m 3- 3-10 m 4- 10-20 m 5- >20 m	1- >2 m 2- 0.6-2 m 3- 200-600 mm 4- 60-200 mm 5- <60 mm	6	4	3	1	6	15	63	58
65	293	7	13	1- <1 m 2- 1-3 m 3- 3-10 m 4- 10-20 m 5- >20 m	1- >2 m 2- 0.6-2 m 3- 200-600 mm 4- 60-200 mm 5- <60 mm	6	4	3	1	6	15	63	58
58	255	7	13	1- <1 m 2- 1-3 m 3- 3-10 m 4- 10-20 m 5- >20 m	1- >2 m 2- 0.6-2 m 3- 200-600 mm 4- 60-200 mm 5- <60 mm	6	4	3	1	6	15	63	58
47	212	7	13	1- <1 m 2- 1-3 m 3- 3-10 m 4- 10-20 m 5- >20 m	1- >2 m 2- 0.6-2 m 3- 200-600 mm 4- 60-200 mm 5- <60 mm	6	4	3	1	6	15	63	58
66	240	7	13	1- <1 m 2- 1-3 m 3- 3-10 m 4- 10-20 m 5- >20 m	1- >2 m 2- 0.6-2 m 3- 200-600 mm 4- 60-200 mm 5- <60 mm	6	4	3	1	6	15	63	58
73	312	7	13	1- <1 m 2- 1-3 m 3- 3-10 m 4- 10-20 m 5- >20 m	1- >2 m 2- 0.6-2 m 3- 200-600 mm 4- 60-200 mm 5- <60 mm	6	4	3	1	6	15	63	58
80	306	7	13	1- <1 m 2- 1-3 m 3- 3-10 m 4- 10-20 m 5- >20 m	1- >2 m 2- 0.6-2 m 3- 200-600 mm 4- 60-200 mm 5- <60 mm	6	4	3	1	6	15	63	58
72	275	7	8	1- <1 m 2- 1-3 m 3- 3-10 m 4- 10-20 m 5- >20 m	1- >2 m 2- 0.6-2 m 3- 200-600 mm 4- 60-200 mm 5- <60 mm	6	4	3	1	6	15	55	50
71	273	7	8	1- <1 m 2- 1-3 m 3- 3-10 m 4- 10-20 m 5- >20 m	1- >2 m 2- 0.6-2 m 3- 200-600 mm 4- 60-200 mm 5- <60 mm	6	5	3	1	3	15	53	48
66	273	7	8	1- <1 m 2- 1-3 m 3- 3-10 m 4- 10-20 m 5- >20 m	1- >2 m 2- 0.6-2 m 3- 200-600 mm 4- 60-200 mm 5- <60 mm	6	5	3	1	3	15	53	48
77	26	7	8	1- <1 m 2- 1-3 m 3- 3-10 m 4- 10-20 m 5- >20 m	1- >2 m 2- 0.6-2 m 3- 200-600 mm 4- 60-200 mm 5- <60 mm	4	5	3	1	3	15	51	46
74	29	7	8	1- <1 m 2- 1-3 m 3- 3-10 m 4- 10-20 m 5- >20 m	1- >2 m 2- 0.6-2 m 3- 200-600 mm 4- 60-200 mm 5- <60 mm	4	5	3	1	3	15	66	61
63	355	7	8	1- <1 m 2- 1-3 m 3- 3-10 m 4- 10-20 m 5- >20 m	1- >2 m 2- 0.6-2 m 3- 200-600 mm 4- 60-200 mm 5- <60 mm	4	5	3	1	3	15	66	61
76	302	7	8	1- <1 m 2- 1-3 m 3- 3-10 m 4- 10-20 m 5- >20 m	1- >2 m 2- 0.6-2 m 3- 200-600 mm 4- 60-200 mm 5- <60 mm	6	1	3	1	1	15	62	57
53	3	7	8	1- <1 m 2- 1-3 m 3- 3-10 m 4- 10-20 m 5- >20 m	1- >2 m 2- 0.6-2 m 3- 200-600 mm 4- 60-200 mm 5- <60 mm	6	5	3	1	1	15	51	46
54	195	7	8	1- <1 m 2- 1-3 m 3- 3-10 m 4- 10-20 m 5- >20 m	1- >2 m 2- 0.6-2 m 3- 200-600 mm 4- 60-200 mm 5- <60 mm	6	5	3	1	1	15	51	46
56	273												
58	272												
64	248												

Clasificación geomecánica del macizo rocoso RMR y GSI N° 2

Dirección (°)	Dirección de buzamiento (°)	UCS Resistencia a la compresión simple	RQD	Espaciamiento entre discontinuidades	CONDICIONES DE DISCONTINUIDADES					RMR	GSI		
					Persistencia	Apertura	rugosidad	Relleno	Meteorización			Agua subterránea	
68	245	7	13	8	6	4	4	3	1	6	15	63	58
61	262	7	13	8	6	4	4	3	1	6	15	63	58
68	250	7	13	8	6	4	4	3	1	6	15	63	58
75	319	7	13	8	6	4	4	3	1	6	15	63	58
48	279	7	13	8	6	4	4	3	1	6	15	63	58
84	268	7	13	8	6	4	4	3	1	6	15	63	58
79	343	7	13	8	6	4	4	3	1	6	15	63	58
56	270	7	8	5	6	4	4	3	1	6	15	55	50
83	252	7	8	5	6	5	5	3	1	3	15	53	48
81	250	7	8	5	6	5	5	3	1	3	15	53	48
49	257	7	8	5	4	5	5	3	1	3	15	51	46
78	191	7	8	20	4	5	5	3	1	3	15	66	61
55	264	7	8	20	4	5	5	3	1	3	15	66	61
21	125	7	8	20	6	1	1	3	1	1	15	62	57
86	252	7	8	5	6	5	5	3	1	1	15	51	46
63	351	7	8	5	6	5	5	3	1	1	15	51	46
76	265	7	8	5	6	5	5	3	2	5	15	56	51
86	303	7	8	5	6	5	5	3	2	6	15	57	52
88	331	7	8	5	6	5	5	3	2	6	15	57	52



ANEXO 4

LABORATORIO DE SUELO



LABORATORIO DE GEOTECNIA
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE
CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

REGISTRO DE CALICATAS

PROYECTO : "EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS DEL SECTOR DE CHUJUCUYO DE LA PROVINCIA DE MOHO DEPARTAMENTO DE PUNO" SOLICITA : BACH. WILDER DARIO RODRIGO MAMANI UBICACIÓN : DIST. DE MOHO, PROV. DE MOHO, DEP. PUNO. MUESTRA : TALUD INESTABLE - MUESTRA 1 SECTOR : CHUJUCUYO	FECHA : 16/6/2023 ING. RESPONS. : L. A. E. P. ASIST. GEOTECNIA. : TECNICO : 0
CALICATA N° : TALUD INESTABLE - MUESTRA 1 SECTOR : CHUJUCUYO PROGRESIVA : LADO : MUESTRA DE : TALUD INESTABLE	UBICACIÓN GEOGRÁFICA NORTE : 8295689 ESTE : 446707

PROF.	SIMB.	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS										
			% QUE PASA				HUMEDAD NATURAL	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	SUCS	AASHTO	
			N° DE MALLAS	4	10	40							200
-0.10		Estrato conformado por Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos y Gravas con finos limosas, grava mal graduado muy limoso mezclas grava-arena-arcilla.	59.45	52.48	43.04	11.00	12.38	0.00	0.00	0.00	GP-GM	A-1-b (0)	
-0.20													
-0.30													
-0.40													
-0.50													
-0.60													
-0.70													
-0.80													
-0.90													
-1.00													
-1.10													
-1.20													
-1.30													
-1.40													
-1.50													
-1.60													
-1.70													
-1.80													
-1.90													
-2.00													
-2.10													
-2.20													
-2.30													
-2.40													
-2.50													
-2.60													
-2.70													
-2.80													
-3.00													
-3.20													

Observaciones:

Ing. Lorena Juli Recalde Par
C.R. 202505
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN VILLA ZUÑIGA - JR. VELA VELA N° 420
TELÉFONO: 051 - 365471. CELULAR: RPM #95687520 - 953704686
PUNO - PERÚ

Jr. CUSCO N° 388 AYAVIRI
CELULAR: 950063838



LABORATORIO DE GEOTECNIA
MECANICA DE SUELOS,
CONTROL DE CALIDAD,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108 - 2000

PROYECTO : EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS DEL SECTOR DE CHUJUCUYO DE LA PROVINCIA DE MOHO DEPARTAMENTO DE PUNO*	FECHA : 16/6/2023
SOLICITA : BACH. WILDER DARIO RODRIGO MAMANI	ING. RESPONS. : L. A. E. P.
UBICACIÓN : DIST. DE MOHO, PROV. DE MOHO, DEP. PUNO.	ASIST. GEOTECNIA. :
MUESTRA : TALUD INESTABLE - MUESTRA 1	TECNICO : 0
SECTOR : CHUJUCUYO	

DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL

Nro. De Tarro	Nº	7	7		
T. + Suelo Húmedo	Gr.	4,000.00	4,000.00		
T. + Suelo Seco	Gr.	3,668.00	3,668.00		
Agua	Gr.	332.00	332.00		
Peso del Tarro	Gr.	986.00	986.00		
Suelo Seco	Gr.	2,682.00	2,682.00		
% de Humedad	%	12.38	12.38		
% de Humedad promedio	%			12.38	

Observaciones:



Ing. *León Abel Escobedo Par*
CIP: 282565
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN VILLA ZUÑIGA - JR. VELA VELA N° 420
TELÉFONO: 051 - 365471. CELULAR: RPM #956687520 - 953704686
PUNO - PERÚ

Jr. CUSCO N° 388 AYAVIRI
CELULAR: 950063838



LABORATORIO DE GEOTECNIA
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE
CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

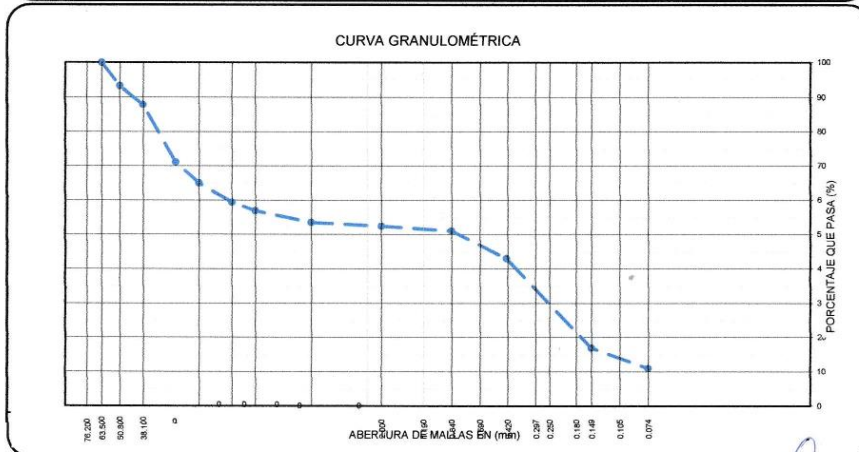
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E-107)

PROYECTO	: "EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLOGICOS DEL SECTOR DE CHUJUCUYO DE LA PROVINCIA DE MOHO DEPARTAMENTO DE PUNO"	FECHA	: 16/6/2023
SOLICITA	: BACH. WILDER DARIO RODRIGO MAMANI	ING. ESPECIALISTA	: L. A. E. P.
UBICACIÓN	: DIST. DE MOHO, PROV. DE MOHO, DEP. PUNO.	ASIST. GEOTECNIA	:
MUESTRA	: TALUD INESTABLE - MUESTRA 1	TECNICO	:
SECTOR	: CHUJUCUYO		

Nº DE MALLAS EN SERIE AMERICANA	ABERTURA DE MALLAS (mm)	PESO RETENIDO	% RETEN. PARCIAL	% RETEN. ACUMUL.	% QUE PASA
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	510.00	6.73	6.73	93.27
1 1/2"	38.10	409.00	5.40	12.13	87.87
1"	25.40	1,266.00	16.70	28.83	71.17
3/4"	19.05	463.00	6.11	34.94	65.06
1/2"	12.70	425.00	5.61	40.55	59.45
3/8"	9.53	190.00	2.51	43.05	56.95
1/4"	6.35	0.00	0.00	43.05	56.95
Nº 4	4.76	257.00	3.39	46.44	53.56
Nº 6	3.36	0.00	0.00	46.44	53.56
Nº 8	2.38	0.00	0.00	46.44	53.56
Nº 10	2.00	10.01	1.07	47.52	52.48
Nº 16	1.19	0.00	0.00	47.52	52.48
Nº 20	0.84	12.96	1.39	48.90	51.10
Nº 30	0.59	0.00	0.00	48.90	51.10
Nº 40	0.43	75.17	8.05	56.96	43.04
Nº 50	0.30	0.00	0.00	56.96	43.04
Nº 80	0.18	0.00	0.00	56.96	43.04
Nº 100	0.15	243.59	26.09	83.05	16.95
Nº 200	0.07	55.62	5.96	89.00	11.00
-200.00		102.65	11.00	100.00	-

NORMA : ASTM D422, AASHTO T88, MTC E-107.	
DATOS INICIALES	
Peso Inicial	: 7,579.00
Peso Fracción	: 500.00
RESULTADOS DEL ENSAYO	
Limite Liquido	: 0.00 %
Limite Plastico	: 0.00 %
Indice Plastico	: 0.00 %
CLASIFICACION DE SUELOS:	
AASHTO	: A-1-b (0)
SUCS	: GP-GM
IG	: 0
CC	:
CU	:
Hum. Natural	: 12.38 %
Dens. Proctor.	:
Cont.H.Optima	:
C.B.R. Al 100%	:
C.B.R. Al 95%	:
EQUIV.ARENA.	:
ABR. ANGELES.	:

Estrato conformado por Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos y Gravas con finos limosas, grava mal graduado muy limoso mezclas grava-arena-arcilla.



DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN VILLA ZUÑIGA - JR. VELA VELA Nº 420
TELÉFONO: 051 - 365471. CELULAR: RPM #956687520 - 953704686
PUNO - PERÚ



Ing. Leopoldo Escobedo Par
ZIP: 282565
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Jr. CUSCO Nº 388 AYAVIRI
CELULAR: 950063838



LABORATORIO DE GEOTECNIA
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE
CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO	: "EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS DEL SECTOR DE CHUJUCUYO DE LA PROVINCIA DE MOHO DEPARTAMENTO DE PUNO"		
SOLICITANTE	: BACH. WILDER DARIO RODRIGO MAMANI		
UBICACIÓN	: DIST. DE MOHO, PROV. DE MOHO, DEP. PUNO.	Fecha	17/6/2023
MUESTRA	: TALUD INESTABLE - MUESTRA 1	Técnico de Laboratorio	
	Profundidad: 0.50 m	Jefe de Laboratorio	: L.A.E.P.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA

ESTADO	: Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
UBICACIÓN DE MUESTRA	:
ESTRATO	: 0.50 m

ESPECIMEN N°	1	2	3
Diametro del anillo (cm)	5.1	5.1	5.1
Altura inicial de Muestra (cm)	2.3	2.3	2.3
Densidad Humeda inicial (gr/cm3)	1.351	1.351	1.351
Densidad seca inicial (gr/cm3)	1.054	1.054	1.054
Contenido de humedad inicial (%)	28.20	28.20	28.20

Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte	2.00	2.00	2.00
--	------	------	------

Peso de la muestra (gr)	90.34	90.82	90.39
Volumen de la muestra (cm3)	40.86	40.86	40.86
Altura final de muestra (cm)	1.87	1.87	1.87
Densidad Húmeda final (gr/cm3)	2.211	2.223	2.212
Densidad seca final (gr/cm3)	1.945	1.912	1.851
Contenido de humedad final (%)	13.66	16.29	19.50

Esfuerzo Normal (Kg/cm2)	0.50	1.00	2.00
Esfuerzo de corte máximo (Kg/cm2)	0.28	0.49	1.00

ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)	25.7	Grados
COHESIÓN (Kg/cm2)	0.02	Kg/cm2

OBSERVACIONES:



Ing. Lovyda del Escobedo Parra
CIP 232566
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



LABORATORIO DE GEOTECNIA
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE
CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO	"EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS DEL SECTOR DE CHUJUCUYO DE LA PROVINCIA DE MOHO DEPARTAMENTO DE PUNO"		
SOLICITANTE	BACH. WILDER DARIO RODRIGO MAMANI	Fecha	17/6/2023
UBICACION	DIST. DE MOHO, PROV. DE MOHO, DEP. PUNO.	Técnico de Laboratorio	
MUESTRA	TALUD INESTABLE - MUESTRA 1	Profundidad: 0.50 m	Jefe de Laboratorio L.A.E.P.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA

ESTADO	Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
CALICATA N°	0
ESTRATO	0.50 m

TANGENCIAL dh (mm)	S (Kg/cm ²) 0.500		S (Kg/cm ²) 1.000		S (Kg/cm ²) 2.000		S (Kg/cm ²) 4.000	
	F (Kg)	T (Kg/cm ²)	F (Kg)	T (Kg/cm ²)	F (Kg)	T (Kg/cm ²)	F (Kg)	T (Kg/cm ²)
	0.00	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	
0.20	2.60	0.088	4.30	0.145	14.60	0.491		
0.40	3.00	0.101	5.40	0.182	16.30	0.549		
0.60	5.80	0.195	12.30	0.414	27.80	0.936		
0.80	4.50	0.151	8.70	0.293	23.10	0.778		
1.00	4.30	0.145	7.20	0.242	21.10	0.710		
1.20	4.80	0.162	8.30	0.279	22.60	0.761		
1.40	5.10	0.172	8.90	0.300	23.90	0.805		
1.60	5.40	0.182	9.40	0.316	25.00	0.842		
1.80	5.60	0.189	9.90	0.333	25.70	0.865		
2.00	5.80	0.195	10.10	0.340	25.90	0.872		
2.20	6.00	0.202	10.50	0.353	26.30	0.885		
2.40	6.10	0.205	10.80	0.364	26.60	0.895		
2.60	6.20	0.209	10.90	0.367	27.20	0.916		
2.80	6.30	0.212	11.10	0.374	27.20	0.92		
3.00	6.40	0.215	11.30	0.380	27.40	0.92		
3.20	6.50	0.219	11.40	0.384	27.60	0.93		
3.40	6.60	0.222	11.60	0.390	27.90	0.94		
3.60	6.70	0.226	11.80	0.397	28.10	0.95		
3.80	6.70	0.226	12.20	0.41	28.40	0.96		
4.00	6.70	0.226	12.60	0.42	28.70	0.97		
4.20	6.80	0.229	12.90	0.43	29.00	0.98		
4.40	6.90	0.232	13.00	0.44	29.40	0.99		
4.60	7.00	0.236	13.10	0.44	29.6	1.00		
4.80	7.10	0.239	13.40	0.45	29.8	1.00		
5.00	7.3	0.246	13.5	0.45	29.6	1.00		
5.20	7.6	0.256	13.8	0.46	29.7	1.00		
5.40	7.8	0.263	14.1	0.47	29.7	1.00		
5.60	8.1	0.273	14.5	0.49	29.5	0.99		
5.80	8.3	0.279	14.6	0.49	28.9	0.97		
6.00	8.4	0.283	14.7	0.49	29	0.98		
6.20					29	0.98		
6.40								
6.60								
6.80								
7.00								
Esfuerzo de corte		0.28		0.49		1.00		

Ing. Ledvinziel Escobedo Pari
CIP-282566
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

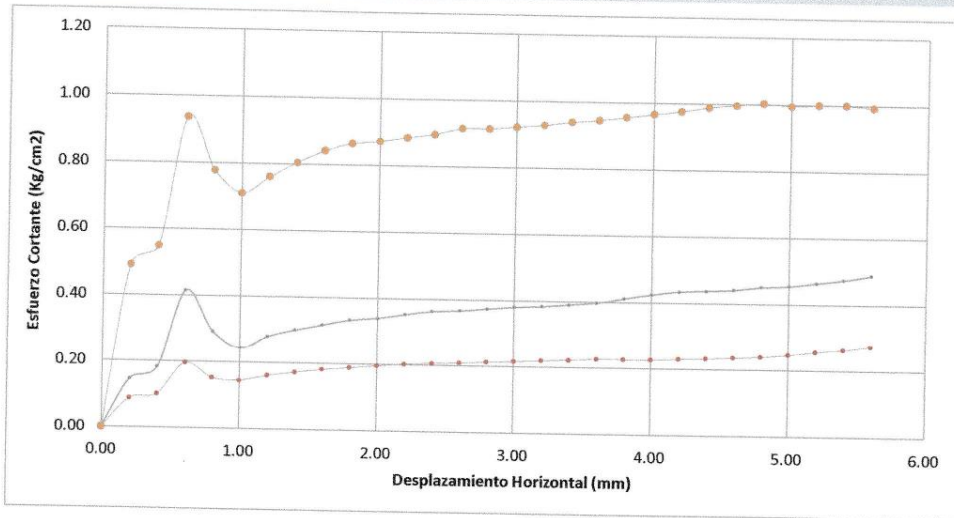


LABORATORIO DE GEOTECNIA
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE
CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

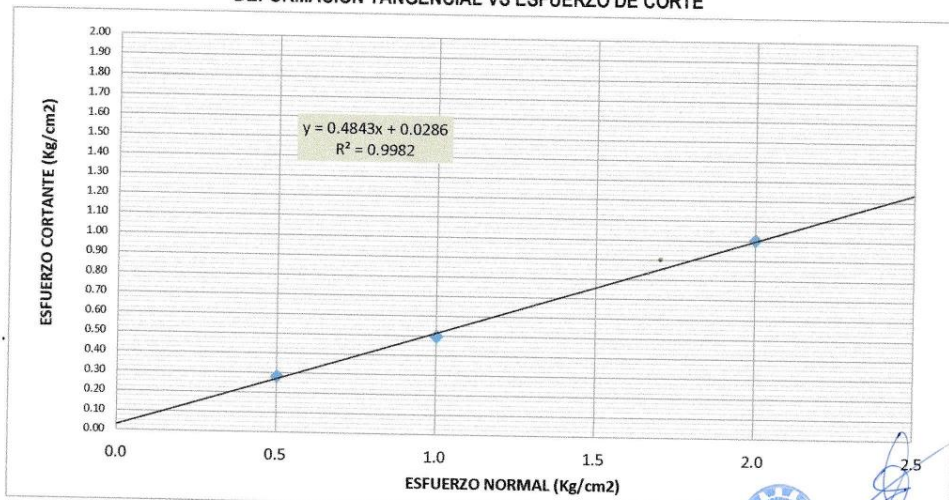
ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO	: EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS DEL SECTOR DE CHUJUCUYO DE LA PROVINCIA DE MOHO DEPARTAMENTO DE PUNO		
SOLICITANTE	: BACH. WILDER DARIO RODRIGO MAMANI	Fecha	17/6/2023
UBICACIÓN	: DIST. DE MOHO, PROV. DE MOHO, DEP. PUNO.	Técnico de Laboratorio	
MUESTRA	: TALUD INESTABLE - MUESTRA 1	Profundidad:	0.50 m
		Jefe de Laboratorio	: L.A.E.P.

DEFORMACION TANGENCIAL VS ESFUERZO DE CORTE



DEFORMACION TANGENCIAL VS ESFUERZO DE CORTE



Ing. Ledysabel Escobedo Pari
CIP: 282565
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



LABORATORIO DE GEOTECNIA
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE
CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

REGISTRO DE CALICATAS

PROYECTO : "EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS DEL SECTOR DE CHUJUCUYO DE LA PROVINCIA DE MOHO DEPARTAMENTO DE PUNO" SOLICITA : BACH. WILDER DARIO RODRIGO MAMANI UBICACIÓN : DIST. DE MOHO, PROV. DE MOHO, DEP. PUNO. MUESTRA : TALUD INESTABLE - MUESTRA 2 SECTOR : CHUJUCUYO	FECHA : 16/6/2023 ING. RESPONS. : L. A. E. P. ASIST. GEOTECNIA : TECNICO : 0
CALICATA N° : TALUD INESTABLE - MUESTRA 2 SECTOR : CHUJUCUYO PROGRESIVA : LADO : MUESTRA DE : TALUD	UBICACIÓN GEOGRÁFICA NORTE : 8295653 ESTE : 446752

PROF.	SIMB.	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS										
			% QUE PASA				HUMEDAD NATURAL	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	SUCS	AASHTO	
			N° DE MALLAS										
4	10	40	200										
-0.10		Estrato conformado por Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos y Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	96.81	94.69	78.10	10.41	9.36	15.20	14.04	1.16	SP-SM	A-2-4 (0)	
-0.20													
-0.30													
-0.40													
-0.50													
-0.60													
-0.70													
-0.80													
-0.90													
-1.00													
-1.10													
-1.20													
-1.30													
-1.40													
-1.50													
-1.60													
-1.70													
-1.80													
-1.90													
-2.00													
-2.10													
-2.20													
-2.30													
-2.40													
-2.50													
-2.60													
-2.70													
-2.80													
-3.00													
-3.20													

Observaciones: _____

Ing. Leovigildo Escobedo Parodi
202565
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN VILLA ZUÑIGA - JR. VELA VELA N° 420
TELÉFONO: 051 - 365471. CELULAR: RPM #956687520 - 953704686
PUNO - PERÚ

Jr. CUSCO N° 388 AYAVIRI
CELULAR: 950063838



LABORATORIO DE GEOTECNIA
MECANICA DE SUELOS,
CONTROL DE CALIDAD,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108 - 2000

PROYECTO : "EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS DEL SECTOR DE CHUJUCUYO DE LA PROVINCIA DE MOHO DEPARTAMENTO DE PUNO"	FECHA : 16/6/2023
SOLICITA : BACH. WILDER DARIO RODRIGO MAMANI	ING. RESPONS. : L. A. E. P.
UBICACIÓN : DIST. DE MOHO, PROV. DE MOHO, DEP. PUNO.	ASIST. GEOTECNIA. :
MUESTRA : TALUD INESTABLE - MUESTRA 2	TECNICO : 0
SECTOR : CHUJUCUYO	

DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL

Nro. De Tarro	Nº	9	9		
T. + Suelo Húmedo	Gr.	4,000.00	4,000.00		
T. + Suelo Seco	Gr.	3,742.00	3,742.00		
Agua	Gr.	258.00	258.00		
Peso del Tarro	Gr.	986.00	986.00		
Suelo Seco	Gr.	2,756.00	2,756.00		
% de Humedad	%	9.36	9.36		
% de Humedad promedio	%			9.36	

Observaciones:



Ing. Wilder Dario Rodriguez Mamani
Nº: 20285
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN VILLA ZUÑIGA - JR. VELA VELA Nº 420
TELÉFONO: 051 - 365471. CELULAR: RPM #956687520 - 953704686
PUNO - PERÚ

Jr. CUSCO Nº 388 AYAVIRI
CELULAR: 950063838



LABORATORIO DE GEOTECNIA
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE
CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

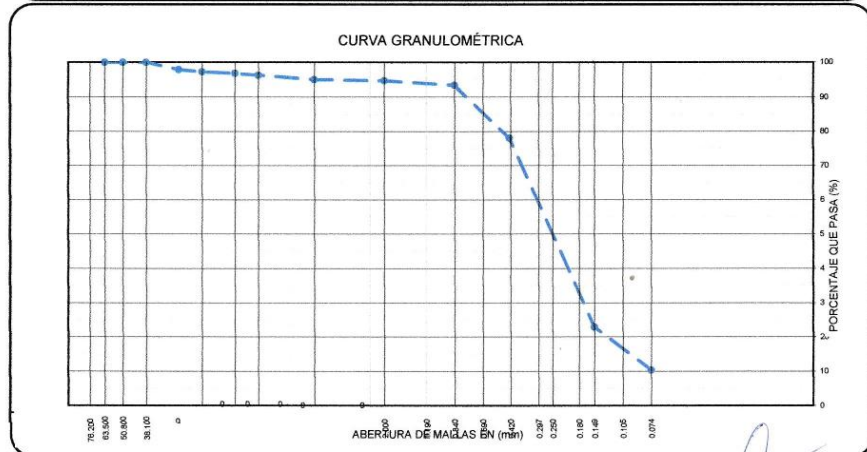
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E-107)

PROYECTO	: "EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLOGICOS DEL SECTOR DE CHUJUCUYO DE LA PROVINCIA DE MOHO DEPARTAMENTO DE PUNO"	FECHA	: 16/6/2023
SOLICITA	: BACH. WILDER DARIO RODRIGO MAMANI	ING. ESPECIALISTA	: L. A. E. P.
UBICACIÓN	: DIST. DE MOHO, PROV. DE MOHO, DEP. PUNO.	ASIST. GEOTECNIA	:
MUESTRA	: TALUD INESTABLE - MUESTRA 2	TECNICO	:
SECTOR	: CHUJUCUYO		

Nº DE MALLAS EN SERIE AMERICANA	ABERTURA DE MALLAS (mm)	PESO RETENIDO	% RETEN. PARCIAL	% RETEN. ACUMUL.	% QUE PASA
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	94.00	2.08	2.08	97.92
3/4"	19.05	30.00	0.66	2.75	97.25
1/2"	12.70	20.00	0.44	3.19	96.81
3/8"	9.53	22.00	0.49	3.68	96.32
1/4"	6.35	0.00	0.00	3.68	96.32
Nº 4	4.76	57.00	1.26	4.94	95.06
Nº 6	3.36	0.00	0.00	4.94	95.06
Nº 8	2.38	0.00	0.00	4.94	95.06
Nº 10	2.00	1.96	0.37	5.31	94.69
Nº 16	1.19	0.00	0.00	5.31	94.69
Nº 20	0.84	6.93	1.32	6.63	93.37
Nº 30	0.59	0.00	0.00	6.63	93.37
Nº 40	0.43	80.35	15.28	21.90	78.10
Nº 50	0.30	0.00	0.00	21.90	78.10
Nº 80	0.18	0.00	0.00	21.90	78.10
Nº 100	0.15	290.00	55.14	77.04	22.96
Nº 200	0.07	66.01	12.55	89.59	10.41
-200.00		54.75	10.41	100.00	-

NORMA : ASTM D422, AASHTO T88, MTC E-107.	
DATOS INICIALES	
Peso Inicial	: 4,516.00
Peso Fracción	: 500.00
RESULTADOS DEL ENSAYO	
Limite Liquido	: 15.20 %
Limite Plastico	: 14.04 %
Indice Plastico	: 1.16 %
CLASIFICACION DE SUELOS:	
AASHTO	: A-2-4 (0)
SUCS	: SP-SM
IG	: 0
CC	:
CU	:
Hum. Natural	: 9.36 %
Dens. Proctor	:
Cont.H.Optima	:
C.B.R. Al 100%	:
C.B.R. Al 95%	:
EQUIV.ARENA	:
ABR. ANGELES	:

Estrato conformado por Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos y Arenas limosas, mezclas de arena y limo.



DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN VILLA ZUÑIGA - JR. VELA VELA Nº 420
TELÉFONO: 051 - 365471. CELULAR: RPM #956887520 - 953704686
PUNO - PERÚ



Ing. Edwin del Escobedo Parí
RPM # 202565
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Jr. CUSCO Nº 388 AYAVIRI
CELULAR: 950063838



LABORATORIO DE GEOTECNIA
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE
CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E110 Y MTC E111)

PROYECTO	: "EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS DEL SECTOR DE CHUJUCUYO DE LA PROVINCIA DE MOHO DEPARTAMENTO DE PUNO"	FECHA	: 16/6/2023
SOLICITA	: BACH. WILDER DARIO RODRIGO MAMANI	ING. RESPONS.	: J.E.A.
UBICACIÓN	: DIST. DE MOHO, PROV. DE MOHO, DEP. PUNO.	ASIST. GEOTECNIA:	
MUESTRA	: TALUD INESTABLE - MUESTRA 2	TECNICO	: 0
SECTOR	: CHUJUCUYO		

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2000)

Nro. De Tarro	Nº	5	10		
T. + Suelo Húmedo	Gr.	32.10	31.07		
T. + Suelo Seco	Gr.	30.45	28.84		
Agua	Gr.	1.65	2.23		
Peso del Tarro	Gr.	15.31	14.91		
Suelo Seco	Gr.	15.14	13.93		
% de Humedad	%	10.90	16.01		
Nro. De Golpes	Nº	35	23		

LIMITE PLASTICO (MTC E 111 - 2000)

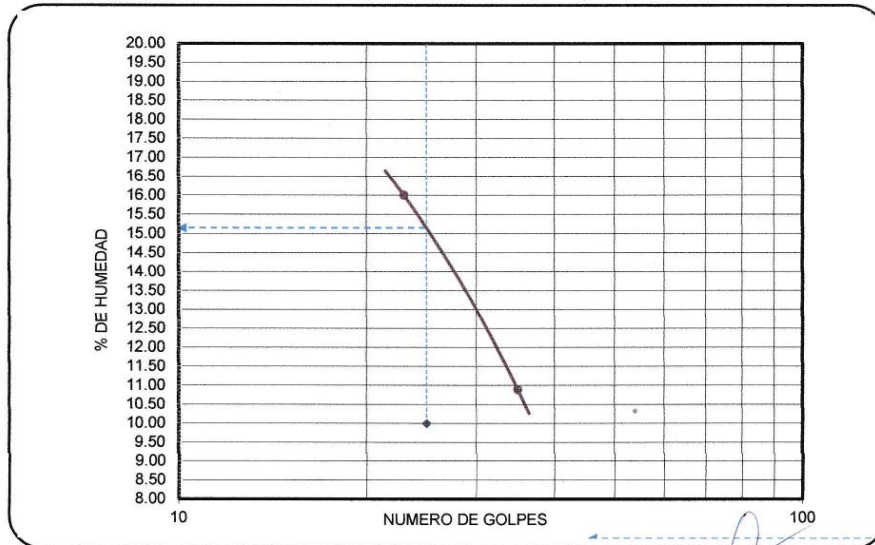
Nro. De Tarro	Nº	39	39		
T. + Suelo Húmedo	Gr.	15.48	15.48		
T. + Suelo Seco	Gr.	15.23	15.23		
Agua	Gr.	0.25	0.25		
Peso del Tarro	Gr.	13.45	13.45		
Suelo Seco	Gr.	1.78	1.78		
% de Humedad	%	14.04	14.04		
Humedad Promedio	%		14.04		

DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE PLASTICIDAD

$LL = W_n \cdot (N/25)^{0.121} = 13.70 \%$

DONDE
LL = Límite Líquido
Wn = Contenido de humedad prom
N = Número de Golpes

L.L.	15.20 %
L.P.	14.04 %
I.P.	1.16 %



 Ing. Wilber Abel Escobedo Parí
262585
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN VILLA ZUÑIGA - JR. VELA VELA N° 420
TELÉFONO: 051 - 385471. CELULAR: RPM #956687520 - 953704686
PUNO - PERÚ

Jr. CUSCO N° 388 AYAVIRI
CELULAR: 950063838



LABORATORIO DE GEOTECNIA
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE
CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO	: "EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS DEL SECTOR DE CHUJUCUYO DE LA PROVINCIA DE MOHO DEPARTAMENTO DE PUNO"		
SOLICITANTE	: BACH. WILDER DARIO RODRIGO MAMANI		
UBICACIÓN	: DIST. DE MOHO, PROV. DE MOHO, DEP. PUNO.	Fecha	17/6/2023
MUESTRA	: TALUD INESTABLE - MUESTRA 2	Profundidad	0.50 m
		Técnico de Laboratorio	
		Jefe de Laboratorio	: L.A.E.P.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA

ESTADO	: Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
UBICACIÓN DE MUESTRA	:
ESTRATO	: 0.50 m

ESPECIMEN N°	1	2	3
Diametro del anillo (cm)	5.1	5.1	5.1
Altura Inicial de Muestra (cm)	2.3	2.3	2.3
Densidad Humeda inicial (gr/cm3)	1.351	1.351	1.351
Densidad seca inicial (gr/cm3)	1.054	1.054	1.054
Contenido de humedad inicial (%)	28.20	28.20	28.20

Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte	2.30	2.30	2.30
--	------	------	------

Peso de la muestra (gr)	82.34	82.82	82.39
Volumen de la muestra (cm3)	46.98	46.98	46.98
Altura final de muestra (cm)	1.87	1.87	1.87
Densidad Húmeda final (gr/cm3)	1.752	1.763	1.754
Densidad seca final (gr/cm3)	1.542	1.516	1.467
Contenido de humedad final (%)	13.66	16.29	19.50

Esfuerzo Normal (Kg/cm2)	0.50	1.00	2.00
Esfuerzo de corte máximo (Kg/cm2)	0.36	0.45	0.93

ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)	20.8	Grados
COHESIÓN (Kg/cm2)	0.12	Kg/cm2

OBSERVACIONES:



Ing. Luis Abel Escobedo Pari
C.O. 202595
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



LABORATORIO DE GEOTECNIA
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE
CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO	"EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS DEL SECTOR DE CHUJUCUYO DE LA PROVINCIA DE MOHO DEPARTAMENTO DE PUNO"		
SOLICITANTE	BACH. WILDER DARIO RODRIGO MAMANI	Fecha	17/8/2023
UBICACION	DIST. DE MOHO, PROV. DE MOHO, DEP. PUNO.	Técnico de Laboratorio	
MUESTRA	TALUD INESTABLE - MUESTRA 2	Profundidad: 0.50 m	Jefe de Laboratorio : L.A.E.P.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA

ESTADO	: Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
CALICATA N°	: 0
ESTRATO	: 0.50 m

TANGENCIAL dh (mm)	S (Kg/cm2) 0.500		S (Kg/cm2) 1.000		S (Kg/cm2) 2.000		S (Kg/cm2) 4.000	
	F (Kg)	T (Kg/cm2)	F (Kg)	T (Kg/cm2)	F (Kg)	T (Kg/cm2)	F (Kg)	T (Kg/cm2)
	0.00	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	
0.20	2.10	0.071	3.90	0.131	6.60	0.222		
0.40	2.50	0.084	5.30	0.178	9.50	0.320		
0.60	4.20	0.141	11.50	0.387	15.20	0.512		
0.80	4.00	0.135	8.40	0.283	14.60	0.491		
1.00	3.90	0.131	6.60	0.222	14.10	0.475		
1.20	4.20	0.141	6.90	0.232	15.10	0.508		
1.40	4.50	0.151	7.60	0.256	16.20	0.545		
1.60	4.90	0.165	8.20	0.276	17.30	0.582		
1.80	5.10	0.172	8.80	0.296	18.00	0.606		
2.00	5.40	0.182	9.10	0.306	18.70	0.630		
2.20	5.70	0.192	9.50	0.320	19.20	0.646		
2.40	5.90	0.199	9.70	0.327	19.50	0.656		
2.60	6.10	0.205	10.00	0.337	19.80	0.667		
2.80	6.30	0.212	10.10	0.340	20.30	0.68		
3.00	6.40	0.215	10.50	0.353	20.60	0.69		
3.20	6.30	0.212	10.60	0.357	20.80	0.70		
3.40	6.60	0.222	10.80	0.364	20.90	0.70		
3.60	6.00	0.202	11.00	0.370	21.10	0.71		
3.80	6.70	0.226	11.10	0.37	21.20	0.71		
4.00	6.70	0.226	11.20	0.38	21.20	0.71		
4.20	6.90	0.232	11.30	0.38	21.20	0.71		
4.40	7.10	0.239	11.40	0.38	21.40	0.72		
4.60	7.30	0.246	11.50	0.39	21.6	0.73		
4.80	7.50	0.252	11.60	0.39	21.9	0.74		
5.00	7.7	0.259	11.8	0.40	22.6	0.76		
5.20	8	0.269	12.2	0.41	23.1	0.78		
5.40	8.3	0.279	12.6	0.42	23.5	0.79		
5.60	9.1	0.306	12.9	0.43	24.4	0.82		
5.80	9.6	0.323	13.1	0.44	24.9	0.84		
6.00	10.6	0.357	13.4	0.45	25.3	0.85		
6.20					27.5	0.93		
6.40								
6.60								
6.80								
7.00								
Esfuerzo de corte		0.36		0.45		0.93		

Ing. Luis Alberto Escobedo Pani
202305
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

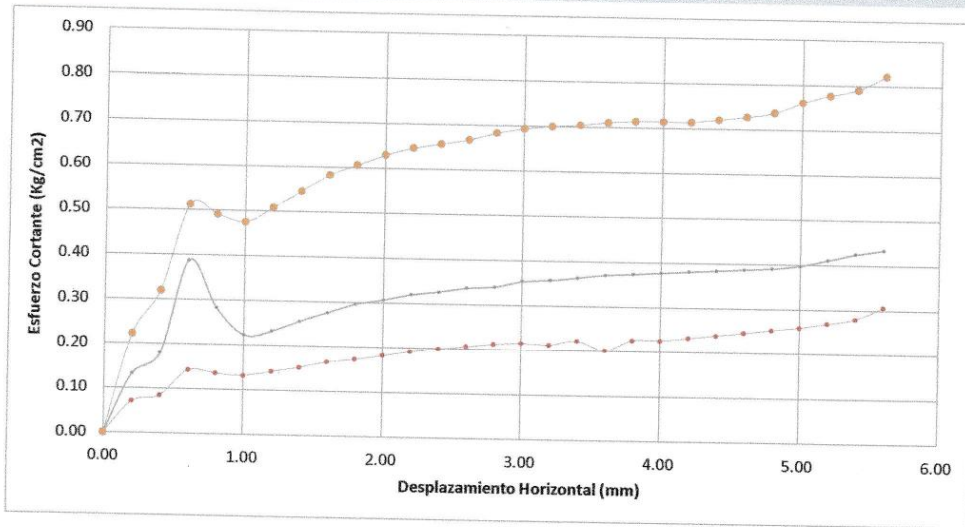


LABORATORIO DE GEOTECNIA
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE
CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

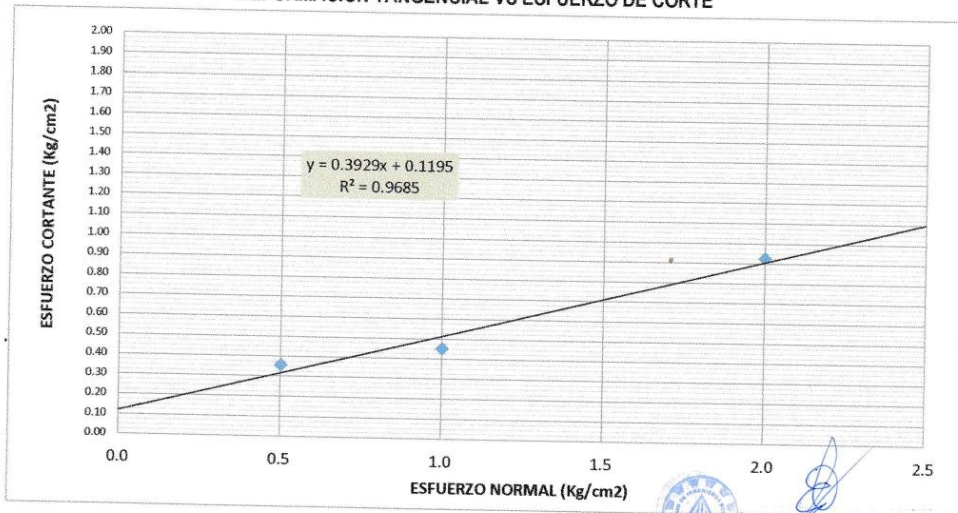
ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO	: "EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS DEL SECTOR DE CHUJUCUYO DE LA PROVINCIA DE MOHO DEPARTAMENTO DE PUNO"		
SOLICITANTE	: BACH. WILDER DARIO RODRIGO MAMANI		
UBICACION	: DIST. DE MOHO, PROV. DE MOHO, DEP. PUNO.	Fecha	17/6/2023
MUESTRA	: TALUD INESTABLE - MUESTRA 2	Profundidad: 0.50 m	Tecnico de Laboratorio Jefe de Laboratorio : L.A.E.P.

DEFORMACION TANGENCIAL VS ESFUERZO DE CORTE



DEFORMACION TANGENCIAL VS ESFUERZO DE CORTE



Ing. Leonidas Escobedo Pari
C.A. 282595
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

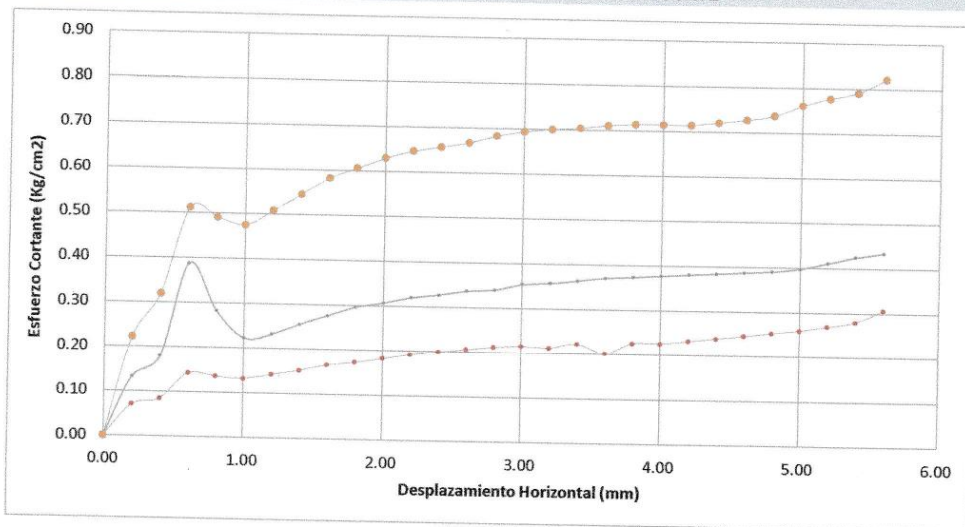


LABORATORIO DE GEOTECNIA
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE
CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

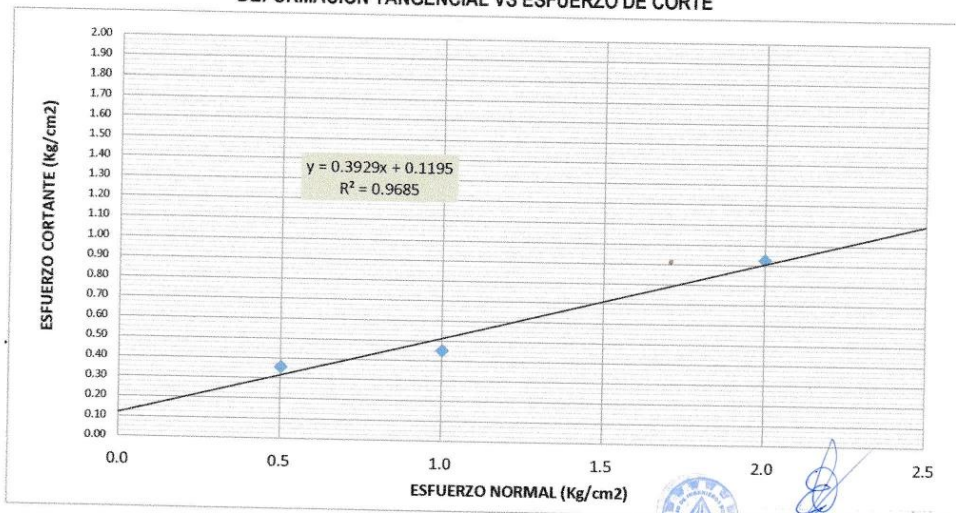
ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO	: "EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS DEL SECTOR DE CHUJUCUYO DE LA PROVINCIA DE MOHO DEPARTAMENTO DE PUNO"		
SOLICITANTE	: BACH. WILDER DARIO RODRIGO MAMANI		
UBICACION	: DIST. DE MOHO, PROV. DE MOHO, DEP. PUNO.	Fecha	17/6/2023
MUESTRA	: TALUD INESTABLE - MUESTRA 2	Profundidad	0.50 m
		Tecnico de Laboratorio	
		Jefe de Laboratorio	: L.A.E.P.

DEFORMACION TANGENCIAL VS ESFUERZO DE CORTE



DEFORMACION TANGENCIAL VS ESFUERZO DE CORTE



Ing. Leonidas Escobedo Pari
C.O. 282595
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



ANEXO 5

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUDES

ANEXO 5.1. CONDICIONES ESTÁTICAS PROGRESIVA Km. 56+000

Figura 1.

Método Fellenius, $FS = 0.820$ (talud inestable)

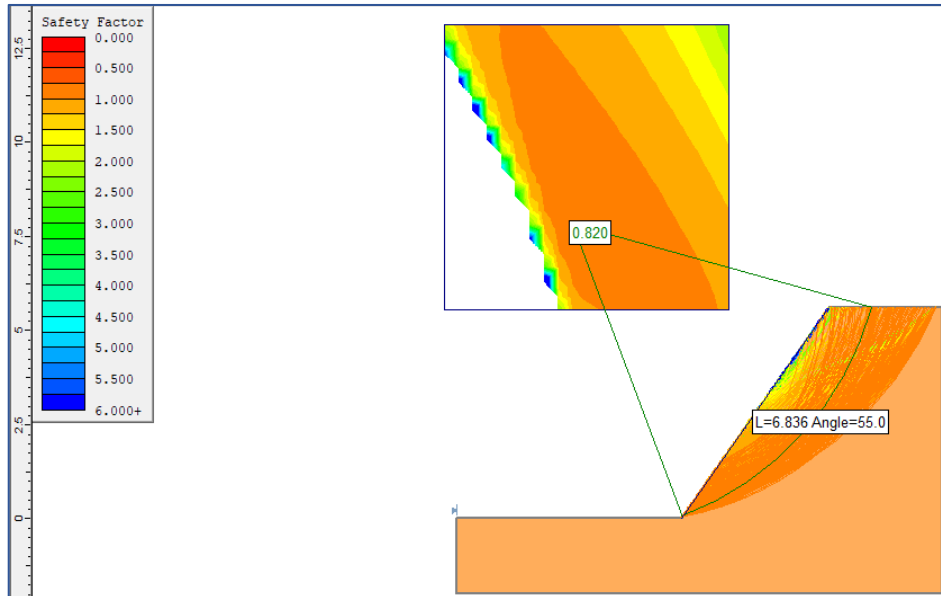


Figura 2.

Método Bishop, $FS = 0.849$ (talud inestable)

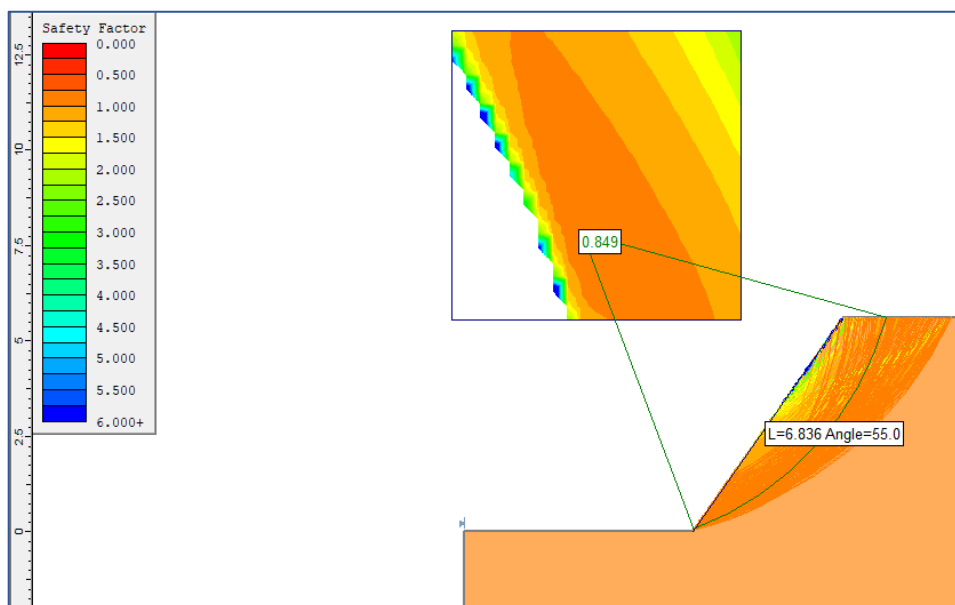
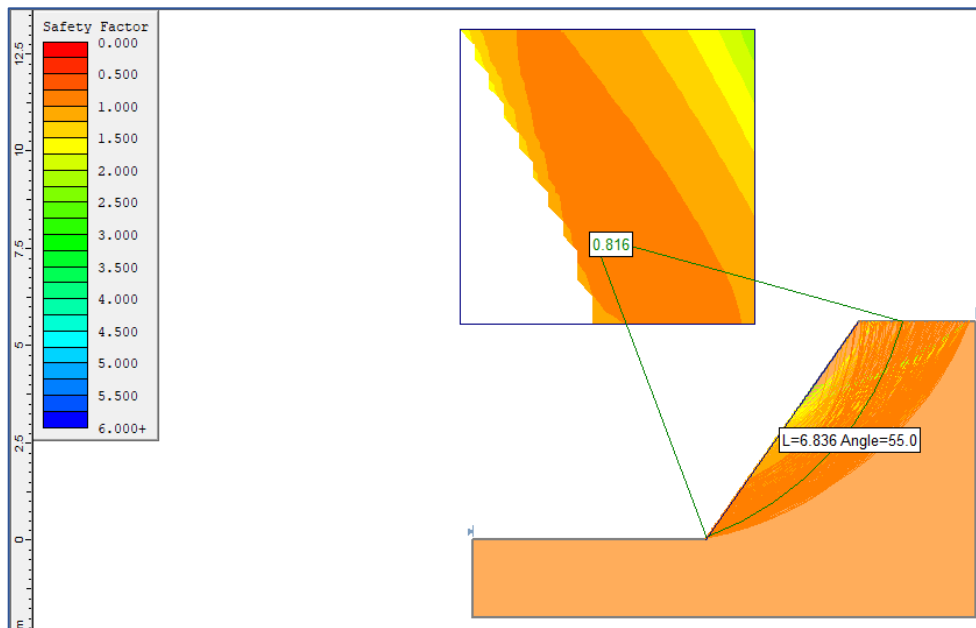


Figura 3.

Método Janbu, $FS = 0.816$ (talud inestable)



ANEXO 5.2. CONDICIONES ESTÁTICAS PROGRESIVA Km. 56+200

Figura 5.

Método Fellenius, $FS = 1.131$ (talud estable)

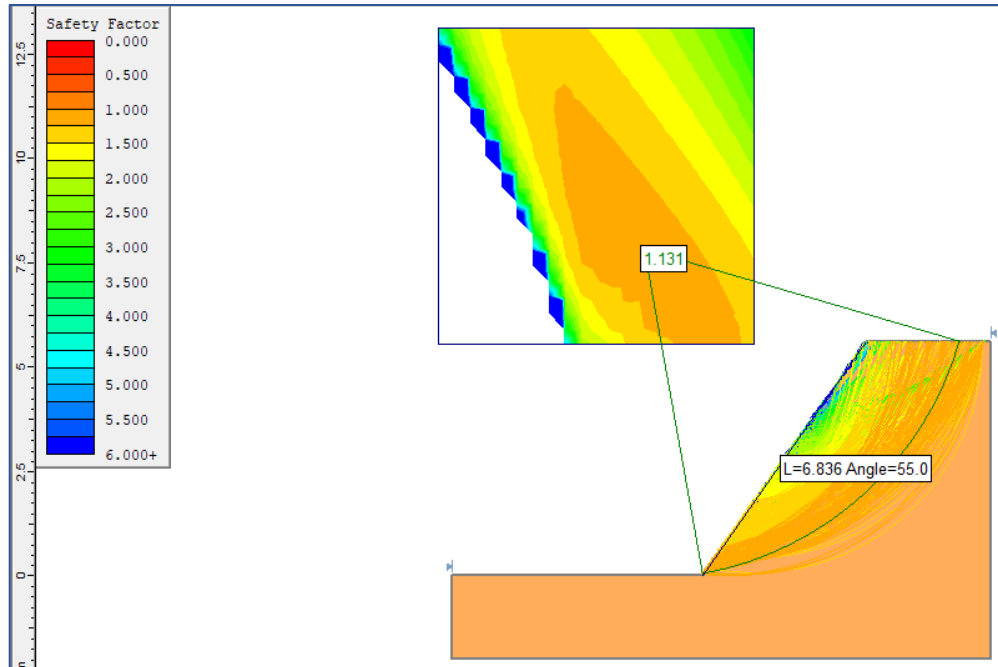


Figura 6.

Método Bishop, $FS = 1.145$ (talud estable)

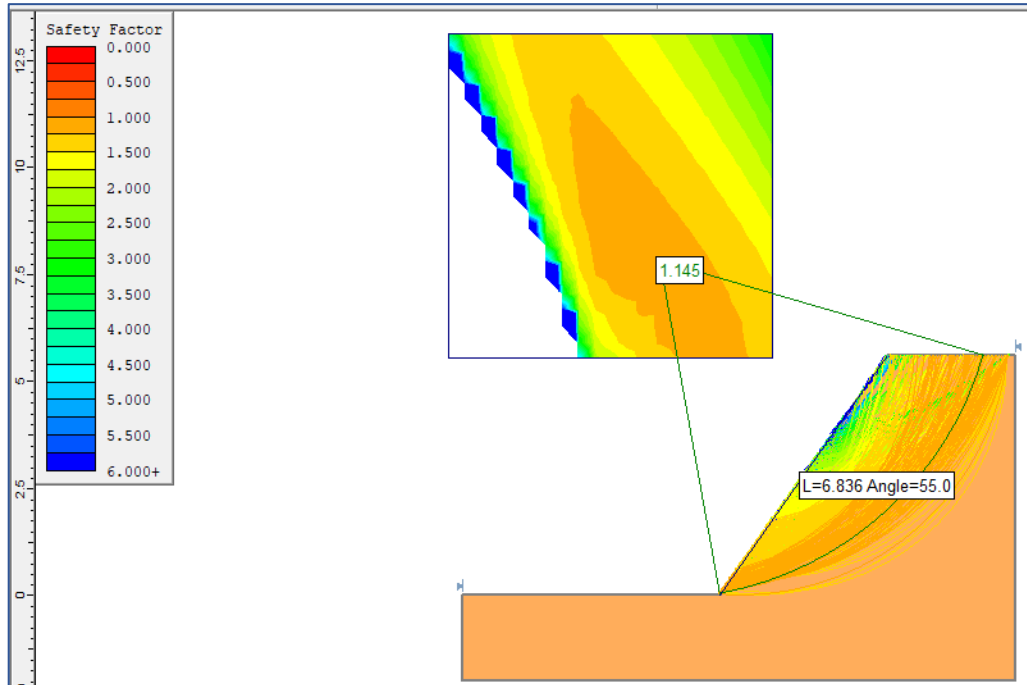
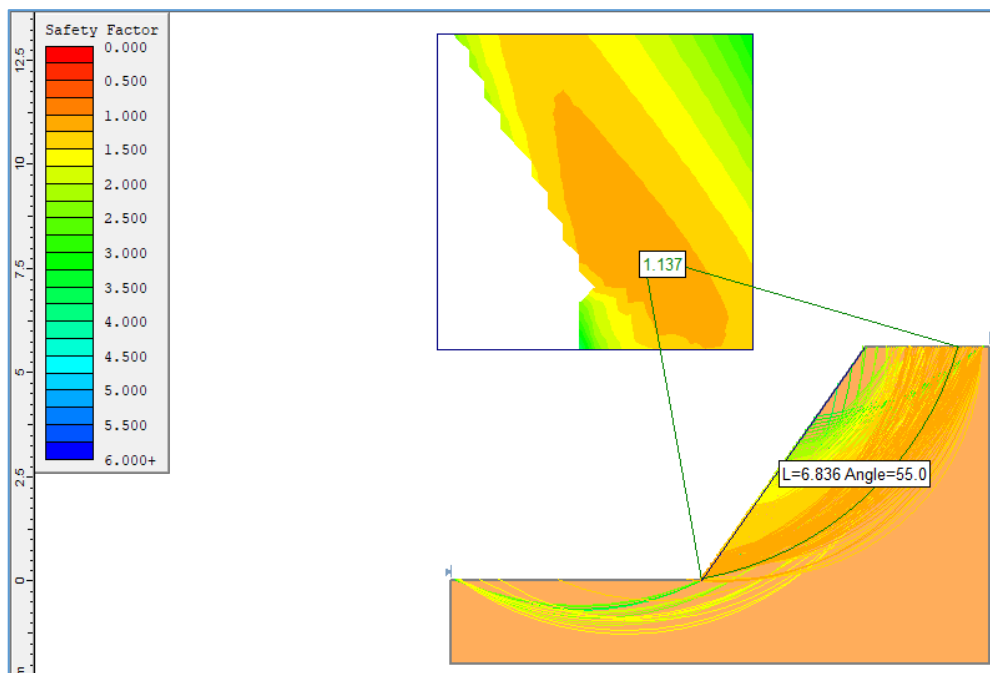


Figura 7.

Método Janbu, $FS = 1.137$ (talud estable)



ANEXO 5.3. CONDICIONES PSEUDOESTÁTICO PROGRESIVA 56+000

Figura 9.

Método Fellenius, $FS = 0.569$ (talud inestable)

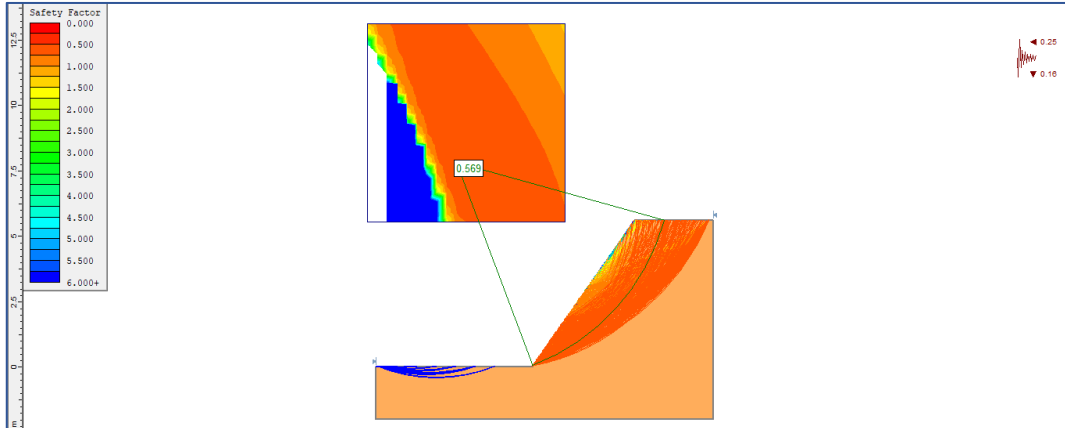


Figura 10.

Método Bishop, $FS = 0.608$ (talud inestable)

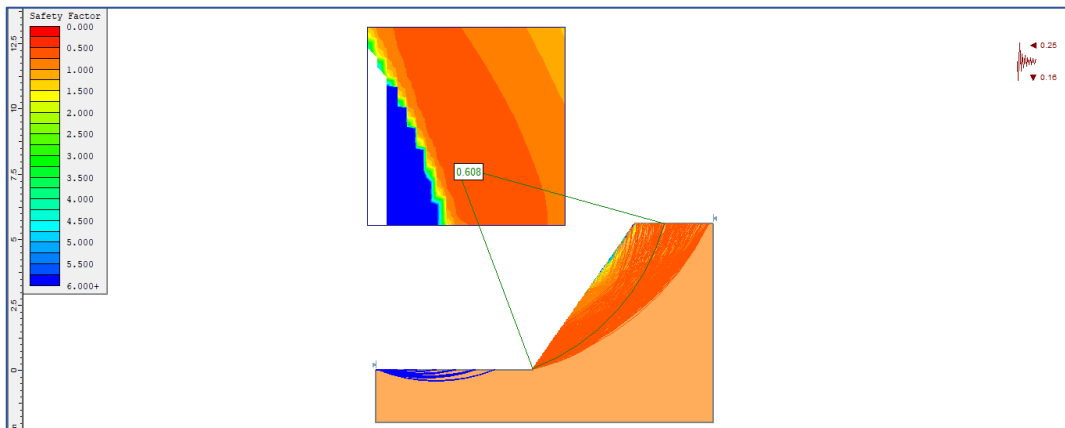
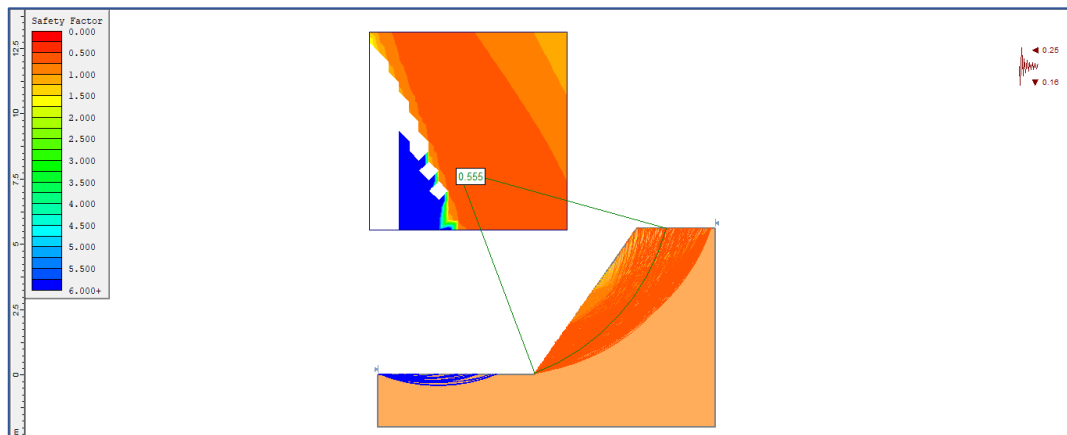


Figura 13.

Método Janbu, $FS = 0.555$ (talud inestable)



ANEXO 5.4. CONDICIONES PSEUDOESTÁTICO PROGRESIVA 56+200

Figura 15.

Método Fellenius, $FS = 0.786$ (talud inestable)

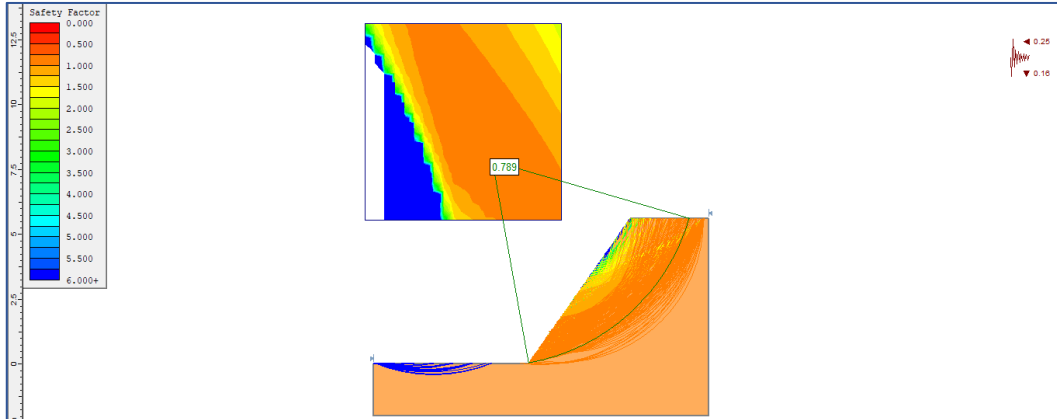


Figura 16.

Método Bishop, $FS = 0.813$ (talud inestable)

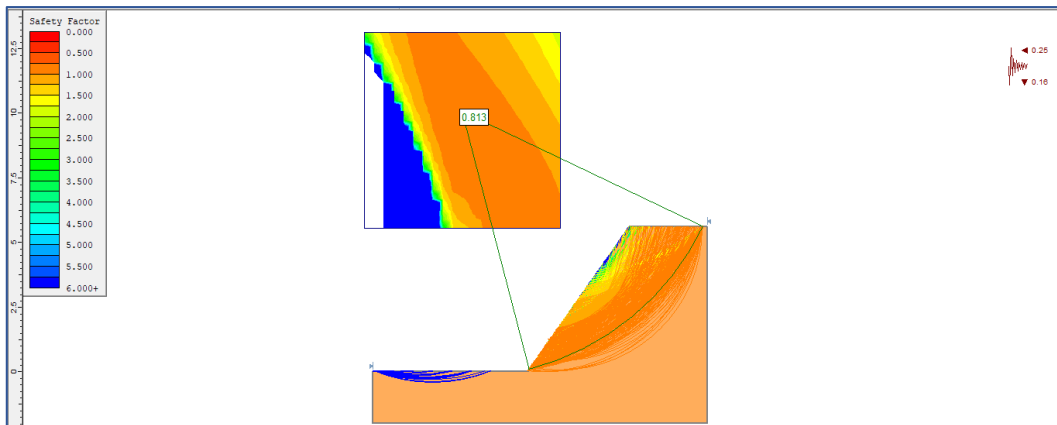
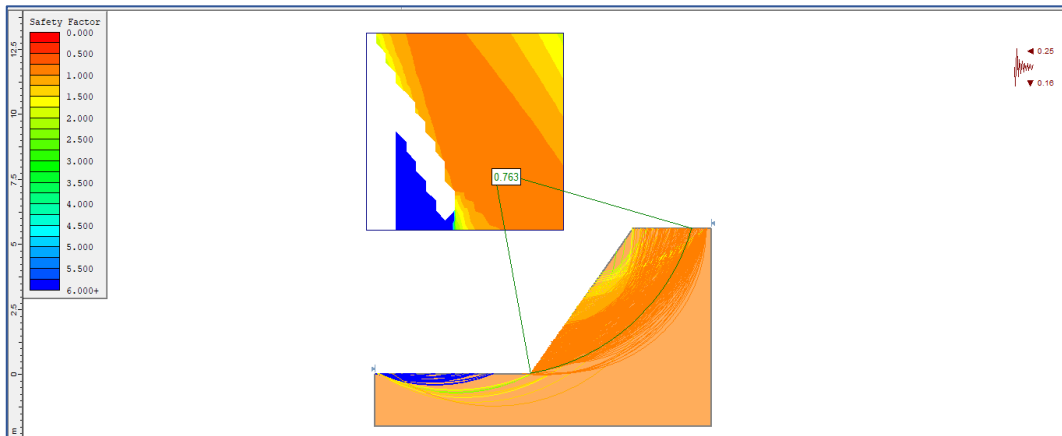


Figura 17.



Método Janbu, $FS = 0.763$ (talud inestable)





ANEXO 6

PANEL FOTOGRAFICO

Ubicación	Progresiva Km. 55+400	
Caracterización del macizo rocoso		
Nombre	Descripción	
Mapeo geomecánico	<ul style="list-style-type: none"> - Espaciamiento de discontinuidades - Persistencia - Apertura - Rugosidad - Relleno meteorización - Agua 	
<p>Figura 1. Toma de datos dirección de buzamiento/buzamiento de las discontinuidades.</p>		
		
<p>Figura: La toma de datos con el esclerómetro, la resistencia del macizo rocoso.</p>		
		

Ubicación	Progresiva 55+400
Análisis de peligro	
Nombre	Descripción
Análisis cinemático (falla planar/cuña)	La ocurrencia que puede ocurrir es a causa de la meteorización, la erosión, vibraciones de vehículos pesados y la geodinámica interna. Lo que se encuentra al pie del talud del sector donde ocurriría caída de rocas.

Figura 2. De análisis cinemático con probabilidad de fallar rotura planar



Tabla 1.

Resumen Orientación de los taludes de las estructuras

ESTRUCTURAS	AZIMUT	BUZAMIENTO	DIR/BUZAMIENTO	PROGRESIVAS
Falla Normal	115	76	NW	55+400
Falla Inversa	122	86	SW	55+465
Falla inversa	300	74	SW	55+575
Falla inversa	1	82	SE	55+700

Figura 3. Falla normal tiene Azimut/buzamiento 115/76 NW. Km 55+400 N se ubica en las coordenadas 8296138 E 446430



Figura 4. Falla inversa tiene Azimut/buzamiento 122/86SE. Km 55+465 se ubica en las coordenadas N 8296077 E 446431



Figura 5. Imagen estratigráfica



Figura 6. Falla inversa tiene Azimut/buzamiento 300/74OW Km 55+575 se ubica en las coordenadas N 8295969 E 446450

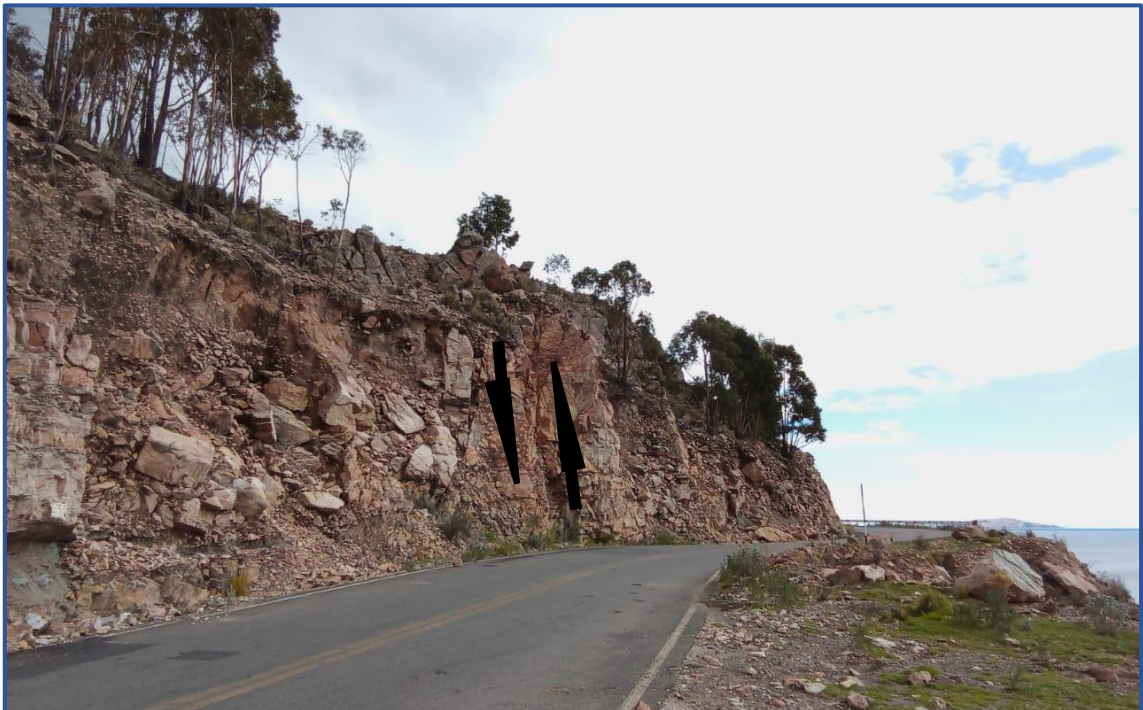



Figura 7. Falla inversa tiene Azimut/buzamiento 1/82SE. Km 55+700 se ubica en las coordenadas N 8295888 E 446486





Tabla 2. Columna estratigráfica local.

ERATEM A	SISTEM A	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFI CA	GROSO R (m)	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN
CENOZOICA	CUATERNARIO	Holocena	Dep. Coluvial	30m		Material fragmentario, heterogénea en forma y tamaño.
MESOZOICA	CRETÁCEO	Inferior	Fm. Huancané	60m		Areniscas cuarzosas blanquecinas, rojizas y beiges. Capas medianas bien clasificadas con estratificación sesgada.

Fuente: INGEMMET. Hoja 31y.

Ubicación	Progresiva Km. 55+550
Nombre	Descripción
Caída del bloque rocoso	La ocurrencia que puede ocasionar al debilitarse el bloque ocurra lo ponen en peligro a las personas y vehículos. Lo que se encuentra al pie del talud del sector donde ocurriría caída de rocas. La vía no está a bajo constante mantenimiento.
<p>Figura 8. Se observa un bloque de roca suelto con una altura aproximado de 2.10 metros de longitud.</p>  <p>The photograph shows a steep, rocky cliffside under a clear blue sky. A large, rectangular rock block is visible on the face of the cliff. A yellow arrow points from the text 'Bloque de roca suelto' to this block. The foreground shows a dirt and gravel area, likely a road or construction site.</p>	

Ubicación	Progresiva Km. 55+450
Nombre	Descripción
Caída del bloque	Caída del bloque rocoso producto de la meteorización, vibraciones de los vehículos y procesos geodinámicos internos. La vía no está a bajo constante mantenimiento.
 <p>Bloque de roca caído de dimensión 50 * 90cm de longitud aprox.</p>	
Figura 9. Se observa el bloque caído en la cuneta.	

Ubicación	Progresiva Km. 56+120
Calicata 02	
Nombre	Descripción
Excavación de calicata	La calicata se realizó de una profundidad de 1.50 metros de profundidad, de ahí se extrajo las muestras para posteriormente llevado a laboratorio de mecánica de suelos.
	
Figura 10. Excavación de la calicata – Talud inestable.	

Ubicación	Progresiva Km 56+100
Deposito coluvial	
Nombre	Descripción
(deslizamiento)	<p>La ocurrencia del deslizamiento cuando hay precipitaciones pluviales muy intensos</p> <p>Perdida de la tratabilidad de la vía debido al material deslizado.</p> <p>Su alto costo de mantenimiento de la capa de rodadura</p> <p>Lo que se encuentra al pie del talud del sector donde ocurriría el derrumbe.</p>

Figura 11. Deposito coluvial es grano medio a fino (grano 0.25 mm) de areniscas cuarzosas con presencia de poco limo.




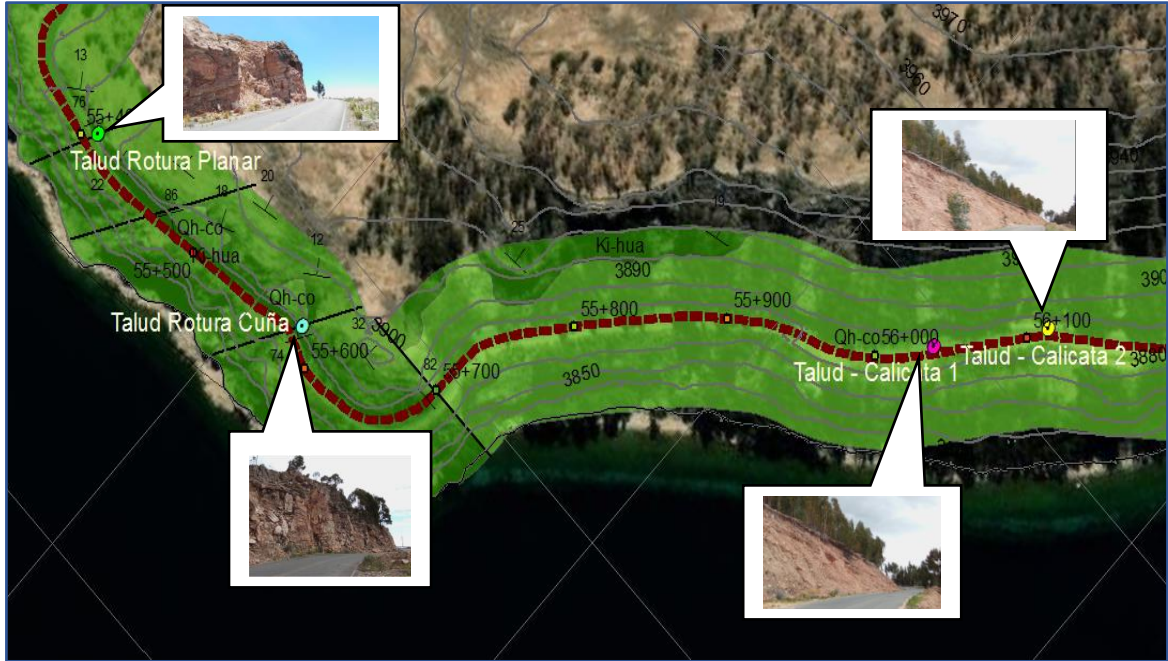
Ubicación	Progresiva Km. 56+200
Análisis de peligro	
Nombre	Descripción
Caída (derrumbe)	La ocurrencia de dslizamiento cuando hay precipitaciones pluviales muy intensos Perdida de la tratabilidad de la vía debido al material deslizado. Su alto costo de mantenimiento de la capa de rodadura
	
Figura 12. Deposito coluvial de grano medio a fino de areniscas cuarzosas con presencia de poco limo con pendiente de 55° grados y una altitud de 5 metros	

Figura 13.

Resumen de los taludes evaluados durante el proceso de análisis de estabilidad de las progresivas que son Km. 55+400 al 55+600 del macizo rocoso y Km. 56+000 al 56+200 del suelo.





AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Wilder Darío Rodrigo Mamani
identificado con DNI 70305700 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Ingeniería Geológica

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

"Evaluación de faludes en el sector de Chujecuyo de la provincia
de Mocho departamento de Puno -2023"

" Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos
los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos,
los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el
repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña,
restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar,
reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio
Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de
Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias,
modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad
aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los
Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor
y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.


En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total
o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a
favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú
determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o
extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen
necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de
esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 21 de diciembre del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Wilder Darío Rodrigo Mamani
identificado con DNI 70705700 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Geológica

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

"Evaluación de taludes en el sector de Chujuyo de la provincia
de Moho departamento de Puno - 2023"

" Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 21 de diciembre del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella