



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA E
INGENIERÍA METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



EVALUACIÓN DE TALUDES EN EL SECTOR DE CERRILLOS
DEL DISTRITO DE SANTA LUCIA - LAMPA- PUNO

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO – PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

EVALUACIÓN DE TALUDES EN EL SECTOR DE CERRILLOS DEL DISTRITO DE SANTA LUCIA - LAMPA- PUNO

AUTOR

MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS

RECuento de PALABRAS

22169 Words

RECuento DE CARACTERES

123717 Characters

RECuento DE PÁGINAS

212 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

9.8MB

FECHA DE ENTREGA

Jun 7, 2024 4:35 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jun 7, 2024 4:38 PM GMT-5

● 19% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 19% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)





DEDICATORIA

Es un profundo agradecimiento y cariño que les dedico este trabajo para mis padres Francisco Coaquira Cruz y Emilia Rosas Taco, para mis hermanos Marino Coaquira, Denis Coaquira, Ernesto Coaquira y Maria Coaquira; 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.

Marco Coaquira



AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a la Universidad Nacional del Altiplano, mi alma mater, por ofrecerme la oportunidad de desarrollarme como profesional íntegro en la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica y así poder contribuir a mi nación con esta honorable profesión.

Agradezco sinceramente el constante respaldo a mi asesor M.Sc. Leonel Palomino Ascencio, destacando su invaluable participación en este trabajo de investigación, siendo fundamental para alcanzar nuestros objetivos.

Por último, pero no menos importante, expreso mi gratitud a mi familia por su apoyo incondicional. Ellos me brindaron el respaldo necesario para enfrentar este desafío, ofreciéndome palabras de aliento y cuestionamientos constantes sobre el progreso y la conclusión de esta investigación. Espero que este estudio sea percibido como un reconocimiento a nuestra Escuela Profesional y que sirva como contribución para abordar futuras investigaciones en el campo.

Marco Coaquira



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	17
ABSTRACT.....	18
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. GENERALIDADES.....	19
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	22
1.3.1. Pregunta General.....	22
1.3.2. Preguntas Específico	22
1.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	22
1.5. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	22
1.5.1. Objetivo General	22
1.5.2. Objetivos Específicos.....	23
1.6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	23
CAPITULO II	
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	25



2.1.1.	Antecedentes nacionales	25
2.1.2.	Antecedentes locales	26
2.2.	BASES TEÓRICAS	28
2.2.1.	Definición del talud.....	28
2.2.1.1.	Talud natural	28
2.2.1.2.	Talud artificial.....	29
2.2.2.	Metodología de estudio de estabilidades de taludes.....	30
2.2.3.	Procesos geodinámicos externos.....	31
2.2.3.1.	Movimientos de ladera.....	31
2.2.3.2.	Tipos de movimientos.....	31
2.2.4.	Caracterización hídrica.....	34
2.2.5.	Procesos geodinámicos internos.....	35
2.2.5.1.	Sismicidad.....	35
2.2.5.2.	Sismicidad en la región de puno	35
2.2.6.	Métodos de estabilidad de taludes.....	37
2.2.6.1.	Método de cálculo en deformaciones.....	37
2.2.6.2.	Método de equilibrio limite.....	37
2.2.6.3.	Método de análisis cinemático	41
2.2.6.4.	Métodos probabilísticos	47
2.2.6.5.	Métodos empíricos.....	48
2.2.6.6.	Método de Retro análisis (Back – Análisis).....	48
2.2.6.7.	Métodos de los ábacos de Hoek Y Bray	49
2.3.	GEOTECNIA	49
2.3.1.	Caracterización geológica	49
2.3.2.	Caracterización hidrogeológica.....	50



2.3.3.	Caracterización geomecánica.....	51
2.3.3.1.	Caracterización de la matriz rocosa	51
2.3.3.2.	Descripción de las discontinuidades	52
2.3.3.3.	Parámetros del macizo rocoso.....	57
2.3.4.	Clasificación Geomecánica RMR	60
2.3.5.	Clasificación GSI	63
2.3.6.	Clasificación de suelos	64
2.3.6.1.	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS.....	64
2.3.6.2.	Sistema de clasificación AASHTO.....	65
2.3.6.3.	Criterio de rotura de Mohr Coulomb	66
2.3.6.4.	Corte directo.....	67
2.3.7.	Factor de seguridad	68
2.4.	MEDIDAS ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN.....	69
2.4.1.	Modificación de la geometría del talud.....	69
2.4.2.	Canales o zanjas de corona.....	71
2.4.3.	Canales colectores en espina de pescado	72
2.4.4.	Canales interceptores a mitad de talud.....	73

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	75
3.2.	ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	75
3.3.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	75
3.4.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	76
3.4.1.	Unidades de muestreo	76
3.4.2.	Población.....	76



3.4.3. Muestra.....	76
3.5. MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	77
3.5.1. Recopilación de información existente	77
3.5.2. Realización de trabajos de campo	78
3.5.3. Realización de trabajos en laboratorio	79
3.5.4. Realización de trabajos en gabinete	79
3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	80
3.6.1. Técnicas.....	80
3.6.2. Instrumentos	80
3.7. HERRAMIENTAS, EQUIPOS Y MATERIALES	81
3.9. SOFTWARES UTILIZADOS	82

CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	84
4.1.1. Ubicación política	84
4.1.2. Ubicación geográfica.....	84
4.2. ACCESIBILIDAD AL ÁREA DE ESTUDIO	85
4.3. ASPECTOS CLIMÁTICOS	85
4.3.1. Temperatura	85
4.3.2. Precipitación.....	86
4.3.3. Humedad	87
4.4. ASPECTOS GEOLOGICOS	88
4.4.1. Geología regional	88
4.4.1.1. Mesozoico	88



4.4.1.2. Cenozoico.....	89
4.4.2. Geología estructural	91
4.4.3. Geomorfología	91
4.4.3.1. Unidades Geomorfológicas.....	92
4.4.4. Geología Local.....	93
4.4.4.1. Cenozoico.....	93

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. COMPORTAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO.....	96
5.1.1. Litología.....	97
5.1.2. Geomorfología	97
5.1.3. Caracterización Estructural	97
5.1.4. Análisis de estabilidad en rocas	98
5.1.4.1. Caracterización del macizo rocoso	98
5.1.4.2. Clasificación RMR.....	100
5.1.4.3. Clasificación GSI	104
5.1.4.4. Análisis cinemático.....	104
5.2. COMPORTAMIENTO GEOMECANICO DE SUELOS	113
5.2.1. Litología.....	113
5.2.2. Geomorfología	114
5.2.3. Clasificación de suelos	114
5.2.4. Análisis cinemático de suelos	115
5.2.4.1. Condiciones del análisis.....	115
5.2.4.2. Cálculo del factor de seguridad.....	115
5.2.4.3. Análisis de estabilidad estática	116



5.2.4.4. Análisis de estabilidad pseudoestáticas.....	121
5.2.5. Medidas correctivas.....	127
VI. CONCLUSIONES	135
VII. RECOMENDACIONES	136
VIII. REFERENCIAS	137
ANEXOS.....	140

Área : Geotecnia

Tema : Geomecánica de rocas y suelos

FECHA DE SUSTENTACIÓN:10 de junio del 2024.



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Talud Natural.....	29
Figura 2. Talud Artificial	30
Figura 3. Deslizamientos rotacionales en rocas y en suelos	32
Figura 4. Deslizamientos traslacionales en suelos y rocas.....	33
Figura 5. Desprendimiento de rocas	33
Figura 6. Vuelco o desprendimiento de rocas y suelos.....	34
Figura 7. Etapas de la erosión hídrica.	35
Figura 8. Mapa de Zonificación de acuerdo a la Norma E-030.....	37
Figura 9. Clasificación de métodos de cálculo de estabilidad de taludes	39
Figura 10. Representación estereográfica de falla planar	44
Figura 11. Representación estereográfica de falla tipo cuña	45
Figura 12. Representación estereográfica de falla por vuelco	46
Figura 13. Medida de la orientación de discontinuidades.....	54
Figura 14. Medida del espaciado en una cara expuesta del afloramiento.....	55
Figura 15. Representación esquemática de las características de las discontinuidades	57
Figura 16. Gráfico de la envolvente de falla y circulo de Mohr Coulomb	67
Figura 17. Disminución del ángulo del talud.....	69
Figura 18. Eliminación de peso en la cabecera y adición de peso en el pie talud	70
Figura 19. Refuerzo y peso en el pie del talud.....	71
Figura 20. Detalle de zanjas de coronación para el control de aguas superficiales	72
Figura 21. Esquema en planta de canales colectores espina de pescado	73
Figura 22. Temperatura en Santa Lucia - año 2023.....	86



Figura 23.	Precipitación en Santa Lucia - año 2023	87
Figura 24.	Humedad en Santa Lucia - año 2023.....	88
Figura 25.	Macizo rocoso con pequeños bloques en la cuneta de la vía.....	105
Figura 26.	Diagrama de Polos del talud 1.....	106
Figura 27.	Diagrama de frecuencia del talud 1.....	106
Figura 28.	Diagrama de planos del talud 1.....	107
Figura 29.	Estereograma de las familias de juntas, en análisis por falla planar.....	108
Figura 30.	Estereograma de las familias de juntas, en análisis de falla por cuña	109
Figura 31.	Macizo rocoso de la estación 5 (talud 5).....	110
Figura 32.	Estereograma de las familias de juntas, en análisis por falla planar.....	111
Figura 33.	Estereograma de las familias de juntas, en análisis de falla por cuña	112
Figura 34.	Observación de la erosión que compromete la estabilidad del talud.....	131
Figura 35.	Vista al este donde se observa el tipo de falla circular.....	132
Figura 36.	Observación de material desprendido del talud acumulado en la cuneta.	133
Figura 37.	Vista del deterioro de la cuneta	134



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Descripción del grado meteorización.....	51
Tabla 2. Clasificación de macizos rocosos por número de familias	57
Tabla 3. Clasificación de la calidad del macizo rocoso según el índice RQD.....	60
Tabla 4. Clasificación geomecánica RMR desarrollada por Bieniawski en 1989.	61
Tabla 5. Corrección por la orientación de las discontinuidades	62
Tabla 6. Características geotécnicas	62
Tabla 7. Calidad de macizos rocosos en relación al índice RMR.....	63
Tabla 8. Nombres típicos de los materiales en el sistema de clasificación SUCS.	65
Tabla 9. Correlación de tipos de suelos AASHTO – SUCS.	66
Tabla 10. Valores de seguridad a considerar en el análisis de estabilidad de taludes..	68
Tabla 11. Coordenadas UTM (WGS 84) de los puntos de muestreo de suelos.	77
Tabla 12. Equipos y materiales que se usó en el desarrollo del trabajo de investigación	81
Tabla 13. Ubicación política del área de estudio.	84
Tabla 14. Ubicación geográfica del área de estudio.	84
Tabla 15. Ubicación geográfica del área de estudio.	85
Tabla 16. Coordenadas geográficas de los taludes de macizo rocoso.....	96
Tabla 17. Resumen de la caracterización del macizo rocoso del talud 1.....	98
Tabla 18. Resumen de la caracterización del macizo rocoso del talud 5.....	98
Tabla 19. Datos para el cálculo del J_v del talud 1, tramo I.....	99
Tabla 20. Resultado final del cálculo del RQD de los taludes 1 y 5.....	100
Tabla 21. Datos de los parámetros usados para el cálculo del RMR.....	101
Tabla 22. Resumen del resultado de la clasificación geomecánica RMR.	103



Tabla 23. Clase de estabilidad de RMR.....	103
Tabla 24. Resumen de resultado de la clasificación geomecánica GSI.....	104
Tabla 25. Datos para el análisis del talud 1.....	107
Tabla 26. Datos para el análisis del talud de la estación 5.....	110
Tabla 27. Coordenadas geográficas de los taludes de suelos.....	113
Tabla 28. Resumen de resultados de los ensayos de laboratorio de suelos.....	114
Tabla 29. Resumen del análisis estático de los taludes de suelo.....	121
Tabla 30. Resumen del análisis pseudoestático de los taludes de suelo.	127



ACRÓNIMOS

AASHTO	: American Association Standards Highway Transportation Officials
C	: Cohesión
C.E.	: Conformidad europea
Cm/s²	: Centímetro por segundo al cuadrado
FHWA	: Administración Federal de Carreteras
F.S.	: Factor de seguridad
G	: Gravas (SUCS)
GSI	: Índice de Resistencia Geológica
H %	: Contenido de humedad
Ib	: Índice de tamaño de bloque
INGEMMET	: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
ISRM	: Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas
Jv	: Número de fisuras por metro cúbico
Kg/cm²	: Kilogramo por centímetro cuadrado
Km	: Kilometro
L.L	: Límite liquido
L.P	: Limite plástico
LRFD	: Diseño de Factores de Carga y Resistencia
M	: Limo (SUCS)
m	: Metro
ML	: Magnitud local
mm	: Milímetro
MM	: Mercalli modificada



MPa	: Mega pascal
N	: Norte
NAVFAC	: Comando Ingeniería de las Instalaciones Navales
n.d.	: No date o sin fecha
NW	: Noroeste
P. K	: Progresiva de Kilometraje
RMR	: Rock Mass Rating
RQD	: Rock Quality Designation
S	: Arena (SUCS)
S	: Sur
SE	: Sureste
SUCS	: Sistema Unificado de Clasificación del suelo
U.S.B.R	: United States Bureau of Reclamation
UTM	: Universal Transverse Mercator
ϕ	: Ángulo de fricción



RESUMEN

El lugar de investigación se encuentra en Cerrillos, en el distrito de Santa Lucía, provincia de Lampa, en el departamento de Puno. El propósito es la evaluación geotécnica de los taludes presentes en esta área específica. Abarcando tanto taludes de rocas como de suelo. Basándose en resultados del análisis de las muestras de suelos extraídas de cada calicata. Para evaluar la estabilidad de los taludes rocosos, se llevó a cabo la caracterización y su clasificación geomecánica del macizo rocoso. Se analizó la estabilidad mediante el estudio cinemático de rocas, evaluando tanto fallas planares como cuñas. En cuanto a la evaluación de los taludes de suelo, se utilizaron métodos de equilibrio límite como: Fellenius, Bishop y Janbu. Tras la caracterización del macizo rocoso, se obtuvieron los siguientes resultados: el RQD: 59 y 56, RMR: 50 y 52, y GSI: 45 y 47. Se determinó que el tipo de roca III (roca media). Dentro de las características geológicas, se observó que la litología en el talud es una roca andesítica. Se identificaron tres familias principales de discontinuidades según la orientación. Este análisis permitió evaluar la estabilidad mediante los modos de falla: planar y cuña, utilizando el programa Dips, dio como resultado taludes estables. La investigación realizada en los taludes de suelo revela la presencia de suelos con características arenosas a arcillosas, clasificados por SUCS como SC-CL-CH. Los resultados obtenidos para el factor de seguridad se calcularon utilizando el software Slide, evaluando tanto condiciones estáticas como pseudoestáticas. Según los resultados, el factor de seguridad en condiciones estáticas es de 1.349 (talud 2), 0.943 (talud 3) y 1.105 (talud 4). En condiciones pseudoestáticas, considerando una aceleración de 0.35 cm/s^2 , los valores son de 0.80, 0.547 y 0.706 respectivamente. Estos resultados indican que los taludes de suelos son inestables.

Palabras Clave: Análisis estático, Análisis pseudoestático, Caracterización geomecánica, Estabilidad de talud, Factor de seguridad.



ABSTRACT

The research site is located in Cerrillos, in the district of Santa Lucía, province of Lampa, in the department of Puno. The purpose is the geotechnical evaluation of the slopes present in this specific area. Covering both rock and soil slopes. Based on results of the analysis of soil samples extracted from each pit. To evaluate the stability of the rock slopes, the characterization and geomechanical classification of the rock mass was carried out. Stability was analyzed through the kinematic study of rocks, evaluating both planar faults and wedges. Regarding the evaluation of soil slopes, limit equilibrium methods such as: Fellenius, Bishop and Janbu were used. After the characterization of the rock mass, the following results were obtained: the RQD: 59 and 56, RMR: 50 and 52, and GSI: 45 and 47. Rock type III (medium rock) was determined. Within the geological characteristics, it was observed that the lithology on the slope is an andesitic rock. Three main families of discontinuities were identified according to orientation. This analysis allowed stability to be evaluated through failure modes: planar and wedge, using the Dips program, resulting in stable slopes. The investigation carried out on the soil slopes reveals the presence of soils with sandy to clayey characteristics, classified by SUCS as SC-CL-CH. The results obtained for the safety factor were calculated using the Slide software, evaluating both static and pseudostatic conditions. According to the results, the safety factor in static conditions is 1.349 (slope 2), 0.943 (slope 3) and 1.105 (slope 4). In pseudostatic conditions, considering an acceleration of 0.35 cm/s², the values are 0.80, 0.547 and 0.706 respectively. These results indicate that the slopes are unstable.

Keywords: Static analysis, Pseudostatic analysis, Geomechanical Characterization, Slope stability, Safety factor.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

El análisis de la estabilidad de los taludes es un tema crucial en la ingeniería geotécnica, ya que permite evaluar la seguridad de estructuras en pendiente y prevenir accidentes en áreas propensas a deslizamientos o caídas de rocas.

El análisis estático se centra en el equilibrio de fuerzas actuantes sobre el talud y su masa adyacente, considerando las propiedades geotécnicas del suelo y la geometría del talud. Este enfoque presupone que el talud está en reposo, incluyendo la fuerza de fricción del suelo y la resistencia del material rocoso. En contraste, el análisis pseudoestático considera un movimiento lento del talud, por debajo de la velocidad crítica de deslizamiento. Aquí se tienen en cuenta fuerzas durante el movimiento, como la aceleración, la inercia y la resistencia del suelo y la roca.

Ambos análisis son valiosos para determinar la estabilidad del talud, y su elección depende de las condiciones del terreno y las necesidades del proyecto. La decisión se basa en la magnitud del problema, la complejidad del terreno y la disponibilidad de datos.

La literatura especializada ofrece numerosos estudios y publicaciones sobre estos análisis, con casos de estudio globales y aplicaciones en proyectos civiles. Además, se han desarrollado diversos métodos y herramientas, como el método de Fellenius, el de Bishop y el de equilibrio límite, entre otros.

La esencia y uniformidad de los materiales que componen un talud son fundamentales para plantear y comprender el problema de su estabilidad en todas sus dimensiones. El ingeniero, como es habitual, aborda estos problemas con el objetivo de



obtener conocimientos generales suficientes para construir un modelo matemático que permita analizar la estabilidad de manera teórica, y luego aplicar procedimientos matemáticos específicos o secuencias de cálculos algebraicos.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La inestabilidad de taludes son fenómenos naturales que ocasionan problemas a obras y en ocasiones extremas amenazan vidas, causando pérdidas cuantiosas de vidas y de pérdidas económicas. En el ámbito de trabajos de ingeniería y de la minería es usual encontrar problemas relacionados a la estabilidad de taludes, ya sean estos en suelos o macizos rocosos. Tener conocimiento de los posibles factores que relacionan con la causa de la inestabilidad. La identificación de los modos de fallamiento en un talud en roca o suelo es primordial para realizar un análisis de estabilidad del talud o análisis cinemático.

En el distrito de Santa Lucía, se han registrado deslizamientos menores de suelos y bloques de rocas en los taludes del cerro Cerrillos, a lo largo de la carretera interoceánica Juliaca - Arequipa. Con el paso del tiempo, se han observado caídas esporádicas de rocas y deslizamientos de masas desde las partes superiores hacia la base de los taludes. Estos eventos podrían estar influenciados por factores como la orientación de las discontinuidades en la estructura rocosa, el grado de alteración del material y sismos de baja magnitud. Estas condiciones pueden estar vinculadas a las fallas geológicas presentes en el corredor estructural Cusco-Lagunillas-Laraqueri-Abaroa, que se encuentran en las proximidades del área de estudio.

La infiltración de agua superficial es otro elemento relevante a considerar. Por este motivo, es fundamental analizar la estabilidad del talud para determinar si está en una condición estable o inestable. Los inconvenientes mencionados han ocasionado



obstrucciones en las cunetas de drenaje y pequeños desprendimientos a lo largo de la vía, especialmente durante periodos de lluvias intensas.

Las evidencias que ocurrieron eventos sísmicos dentro de la provincia de Lampa. El día 1 de diciembre del 2016, ocurre un sismo de magnitud moderada (6.0 ML) en la región centro-sur del Perú con epicentro a 60 km al Este de la localidad de Lampa, 45 Km al NW de Santa Lucia y a 25 Km al SE de la localidad de Condorama, todos ubicados en el departamento de Puno.

Este sismo presento su foco a una profundidad de 10 Km y en general, fue percibido en un área de radio del orden de 250 km (intensidad de II, MM), siendo mayor su intensidad entorno a las ciudades y/o localidades de Ocuvi, Santa Lucia, Lampa, Paratía, Vilavila, Cabanillas y Condorama, todos en el departamento de Puno. (Tavera et al., 2016)

El 23 de junio de 2001, Arequipa, ocurrido a las 15:33:14, hora local, en la localidad de Ocoña en la provincia de Camaná, experimentó un devastador terremoto. Con una magnitud de 8.4 en la escala de Richter, el temblor sacudió la región, causando una gran destrucción y pérdida de vidas. El distrito de Santa Lucía, ubicado en Puno, fue uno de los lugares afectados por este desastre natural. Las consecuencias del sismo se sintieron en toda la zona, dejando un impacto duradero en la comunidad local.

Estos problemas de los taludes en el cerro Cerrillos podría ocasionar en un eventual sismo a lo largo del tiempo muchos problemas como: aspecto de seguridad, puede ocasionar accidentes de tránsito y provocar posibles tragedias; aspecto económico, costos de limpieza y mantenimiento de la vía en cada derrumbe o caída que ocurra, posibles costos en gran escala en la estabilización del talud y en lo último en pérdidas de



productos de comercialización en un posible bloqueo total de la vía por problemas mencionados anteriormente.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1. Pregunta General

¿Cuál es el comportamiento geotécnico de los taludes del sector de Cerrillos del distrito de Santa Lucía - Lampa- Puno?

1.3.2. Preguntas Específico

- ¿Cuál es el comportamiento del macizo rocoso y de suelo de los taludes en el sector de Cerrillos en la progresiva Km. 233+000 – 234+000?
- ¿Cuál es el factor de seguridad de los taludes de suelo en un análisis estático en el sector de Cerrillos en la progresiva Km. 233+200 – 234+500?
- ¿Cuál es el factor de seguridad de los taludes de suelo en un análisis pseudoestático en el sector de Cerrillos en la progresiva Km. 233+200 – 234+500?

1.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

En el área correspondiente a Cerrillos, localizada en el distrito de Santa Lucía, se observan sectores de los taludes que presentan condiciones de inestabilidad.

1.5. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo General

Evaluar el comportamiento geotécnico de los taludes del sector de Cerrillos del distrito de Santa Lucía - Lampa- Puno.



1.5.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el comportamiento del macizo rocoso y de suelo de los taludes en el sector de Cerrillos en la progresiva Km. 233+000 – 234+000.
- Evaluar el factor de seguridad de los taludes de suelo en un análisis estático en el sector de Cerrillos en la progresiva Km. 233+200 – 234+500.
- Evaluar el factor de seguridad de los taludes de suelo en un análisis pseudoestático en el sector de Cerrillos en la progresiva Km. 233+200 – 234+500.

1.6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La evaluación de la estabilidad de los taludes frente a la caída de rocas y deslizamientos en el sector de Cerrillos, entre los kilómetros 223+000 y 234+000, es crucial. Utilizando métodos de análisis cinemático y cálculos de equilibrio límite, se ha determinado la estabilidad de los taludes en relación con deslizamientos, considerando la geodinámica externa de las rocas y suelos. Los datos obtenidos son confiables y precisos, proporcionando una visión clara de la estabilidad en las progresivas mencionadas. Además, se ha determinado el factor de seguridad y se han identificado con métodos de estabilización para las zonas críticas de la vía.

El análisis estático permite evaluar la estabilidad de los taludes considerando únicamente la acción de las fuerzas gravitatorias y la resistencia del terreno, sin considerar la dinámica del movimiento. Este tipo de análisis se basa en la teoría de la mecánica de suelos y permite calcular los factores de seguridad del talud para diferentes escenarios de carga y condiciones de suelo.



Por otro lado, el análisis pseudoestático considera la dinámica del movimiento y las fuerzas sísmicas, lo que permite evaluar la estabilidad de los taludes en condiciones sísmicas. Este análisis se basa en la teoría de la dinámica de suelos y permite calcular los factores de seguridad del talud para diferentes escenarios de carga y condiciones de suelo bajo la acción de las fuerzas sísmicas. Este análisis es útil para determinar la estabilidad de los taludes en situaciones dinámicas, como en caso de sismos o vibraciones.

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.

Se conocerá el estado del talud, actuando con el mejoramiento de la zona con medidas de precaución y reducir riesgos de accidentes y no ocasionar posibles pérdidas de vidas humanas. Con los resultados obtenidos nos sirve como una fuente de sugerencia para la comunidad, población y a sectores interesados, la evaluación de los 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 Cerrillos.



CAPITULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes nacionales

En su investigación, Chambi, (2015), se enfocó en el estudio de la estabilidad de los taludes en los macizos rocosos de la carretera Ticaco Candarave, en el tramo comprendido entre las progresivas 124+560 y 129+00 Km. El objetivo principal fue prevenir la inestabilidad de los macizos rocosos, para lo cual se evaluó el comportamiento estructural y el factor de seguridad. Para llevar a cabo este análisis, se utilizaron métodos convencionales de análisis de estabilidad de taludes, así como software especializado.

El proyecto de investigación llevado a cabo por Garcia, (2017), se centró en la estabilidad de taludes y la transitabilidad en la carretera longitudinal de la sierra en la provincia de Chota - Cajamarca en el año 2017. Se realizó un estudio para mejorar la estabilidad de los taludes y la transitabilidad de la carretera. Para ello, se recopiló información topográfica, geológica y geomorfológica que se utilizó para modelar el talud en cuestión con precisión mediante el uso del software Geo Studio 2012.

A través de su investigación, Saenz, (2017), realizó un análisis de estabilidad de taludes en roca utilizando mallas galvanizadas ancladas en la ciudad Nueva Fuerabamba- Apurímac. Para lograr este objetivo, identificó, controló y corrigió los elementos que podrían causar inestabilidad en el talud rocoso. Se



seleccionó un sector del talud que abarcó desde la P.K. 0+000 hasta la P.K. 0+340 y se dividió en tres secciones transversales para su estudio.

Araujo, (2019), llevó a cabo en su investigación un análisis pseudoestático para evaluar la estabilidad del talud en el tramo de la carretera San Juan-Cajamarca, específicamente en el kilómetro 130+250 al 130+450 durante el año 2019. Para ello, recolectó datos en el campo en tres estaciones para depósitos no consolidados y una estación para roca, con el objetivo de determinar la estabilidad del talud y analizar la información obtenida.

2.1.2. Antecedentes locales

Según, Valeriano, (2015), reportó en su investigación como determinar la caracterización geotécnica y los modos de falla estructural presentes en el talud de roca del cerro Espinal, ubicado en Juliaca. El objetivo principal fue identificar los modos de falla controlados por la estructura del talud de roca, para lo cual se utilizó una metodología que involucró trabajo de campo, laboratorio y análisis de gabinete. De esta manera, se logró una caracterización detallada del talud de roca y se identificaron los modos de falla controlados por la estructura.

Cabana, (2016), en su investigación, se enfocó en la evaluación geotécnica para la estabilidad de taludes en la obra de mejoramiento de la carretera tramo I Cara Cara - Lampa, en el tramo comprendido entre las progresivas Km. 09+000 y 18+000. El objetivo principal fue determinar la estabilidad de los taludes de corte en tramos críticos, para lo cual se obtuvieron los parámetros geotécnicos necesarios, como la cohesión, el ángulo de fricción interna y la resistencia del suelo. Se utilizaron diversas técnicas de evaluación geotécnica para obtener esta



información y se llevaron a cabo análisis detallados para evaluar la estabilidad de los taludes en los tramos críticos de la carretera.

Mientras tanto, Valeriano, (2016), en su investigación presentó métodos para el análisis de la estabilidad de taludes en roca y su interacción, enfocándose en la aplicación práctica de dichos métodos en el cerro Espinal de la ciudad de Juliaca. Se utilizaron métodos bien conocidos para el análisis de la estabilidad en taludes en roca, y se aplicaron específicamente en el talud del cerro Espinal para evaluar su estabilidad. El objetivo principal fue presentar una metodología práctica para el análisis de la estabilidad en taludes en roca, utilizando como caso de estudio dicho talud.

Asimismo, Mamani, (2016), en su investigación, llevó a cabo el análisis de la estabilidad de taludes en el macizo rocoso de la carretera Sina Yanahuaya tramo III - sub tramo 02. Para ello, se realizó una caracterización geológica y se evaluó la resistencia a la compresión simple del terreno. El análisis de estabilidad de taludes en el macizo rocoso se llevó a cabo durante el periodo comprendido entre 2015 y 2016. A partir de los resultados obtenidos en este análisis, se pudieron resolver los problemas de inestabilidad específicos en este tramo de la carretera.

Tupa, (2017), en su investigación, llevó a cabo un análisis de la estabilidad de taludes en la carretera Muñani - Saytococho tramo Km. 14+700 al 30+00, utilizando métodos de evaluación geológica-geotécnica para determinar las causas de los deslizamientos de taludes en suelos y macizos rocosos. Su objetivo fue identificar las razones detrás de la inestabilidad de los taludes y demostrarlas de manera efectiva.



Y Ccallo, (2019), en su investigación, informó sobre el análisis de la estabilidad de taludes en el macizo rocoso del tramo III de la carretera Sina Yanahuaya, llevando a cabo una caracterización geológica y un análisis de estabilidad de taludes para abordar los problemas de inestabilidad en este tramo en particular. Este análisis de estabilidad se realizó durante los años 2017 y 2018 y representa un estudio geotécnico para el análisis de estabilidad de taludes.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Definición del talud

Una pendiente o elevación pronunciada en una masa de tierra se conoce como talud o ladera, respectivamente.

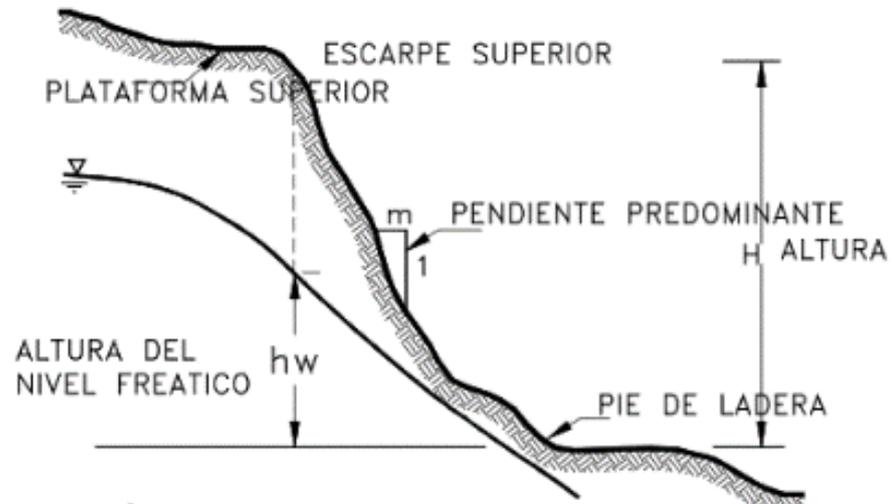
2.2.1.1. Talud natural

Son terrenos naturales, no intervenidos por ninguna acción del ser humano (ver figura 1), su formación actual es origen de un proceso natural, en general se denominan laderas.

En términos generales son entendidas todas las laderas de macizos terrosos, rocosos y mixtos de suelo y roca, originadas por los agentes naturales.(Suarez, 1998)

Figura 1.

Talud Natural



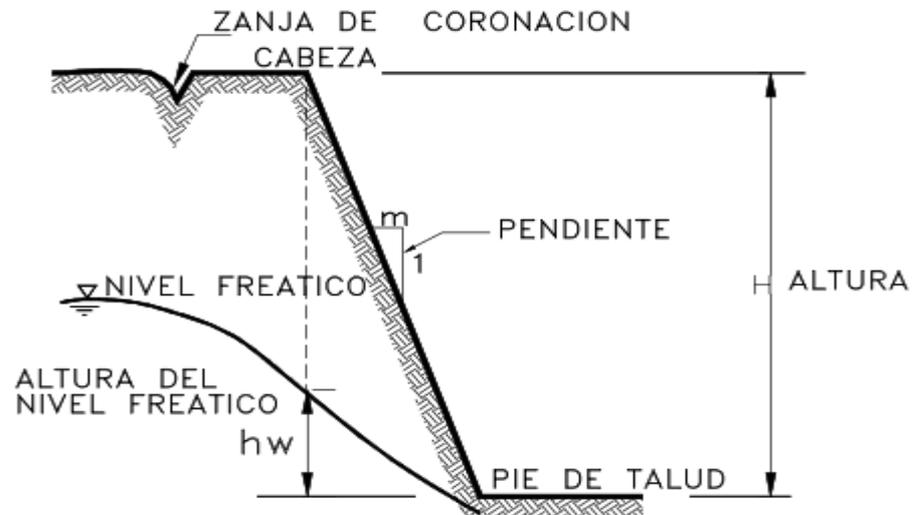
Fuente: Suárez, (1998)

2.2.1.2. Talud artificial

Los taludes que son creados por la mano del hombre en estructuras sólidas se llaman terraplenes y taludes de corte (figura 2) Los terraplenes se construyen utilizando diversos materiales, como suelos arcillosos o limosos, arena, grava, piedras y otros materiales. (Suarez, 1998)

Figura 2.

Talud Artificial



Fuente: Suarez, (1998)

2.2.2. Metodología de estudio de estabilidades de taludes

Los estudios de taludes, tanto geológicos como geotécnicos, se centran en diseñar pendientes estables de acuerdo con los requisitos específicos, como el plazo de tiempo previsto, la relación costo-seguridad, el nivel de riesgo aceptable, entre otros factores. Estos estudios también buscan estabilizar taludes que presentan inestabilidad. Para llevar a cabo este proceso, se emplea una metodología que se basa en el conocimiento previo de la geología, hidrogeología y geomecánica de la masa rocosa o del suelo. (Gonzalez De Vallejo, 2002)

Los estudios de estabilidad facilitan la planificación de los taludes, a través de la evaluación de su factor de seguridad, así como la determinación de las medidas correctivas o estabilizadoras pertinentes en casos de rupturas actuales o potenciales. Este proceso requiere un profundo entendimiento de la geología y la geomecánica de los materiales constituyentes del talud, así como de los posibles

modelos o mecanismos de falla que podrían ocurrir, junto con los factores que afectan, condicionan y desencadenan las situaciones de inestabilidad.

2.2.3. Procesos geodinámicos externos

2.2.3.1. Movimientos de ladera

Los estudios de taludes se enfocan al diseño de excavaciones estables y a la corrección o estabilización de las roturas, que generalmente son superficiales y afectan a áreas relativamente pequeñas. En contraste, los deslizamientos en laderas naturales pueden ser profundos y desplazar millones de metros cúbicos de material.

Según Gonzalez De Vallejo, (2002), menciona que las inestabilidades en laderas naturales como en taludes excavados, se originan por la falta de equilibrio entre las fuerzas internas y externas que inciden en el terreno. En otras palabras, las fuerzas que provocan la inestabilidad superan a las fuerzas que estabilizan o resisten. Este desequilibrio puede surgir a raíz de alteraciones en las fuerzas preexistentes o debido a la aplicación de nuevas fuerzas externas, ya sean estáticas o dinámicas.

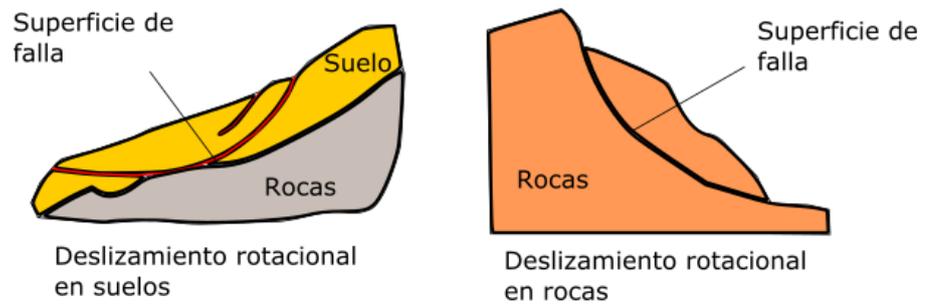
2.2.3.2. Tipos de movimientos

1. **Deslizamientos rotacionales.** Los deslizamientos rotacionales son comunes en suelos cohesivos uniformes. La ruptura, ya sea superficial o profunda, ocurre a lo largo de superficies curvas o con forma de cuchara (figura 3). Una vez que se inicia la inestabilidad, la masa comienza a rotar, dividiéndose en varios bloques que se deslizan entre

sí, formando escalones con la superficie inclinada hacia la pendiente y generando grietas de tracción estriadas. (Maldonado, 2020a)

Figura 3.

Deslizamientos rotacionales en rocas y en suelos

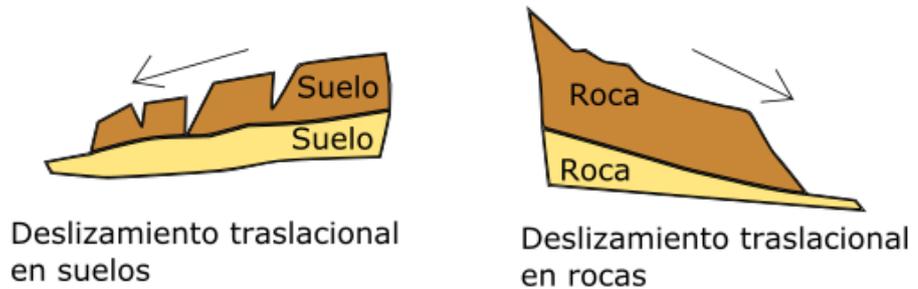


Fuente: Maldonado, (2020)

2. **Deslizamientos traslacionales.** Los deslizamientos traslacionales se caracterizan por que la ruptura ocurre a lo largo de superficies planas de debilidad preexistentes, como estratificación, el contacto entre distintos tipos de materiales o estructuras superficiales (figura 4). En ocasiones, el plano de ruptura puede ser una capa delgada de material arcilloso ubicada entre estratos más competentes. Estos deslizamientos generalmente no son muy profundos, pero sí abarcan distancias extensas, pudiendo desarrollarse tanto en suelos como en rocas. (Gonzalez De Vallejo, 2002)

Figura 4.

Deslizamientos traslacionales en suelos y rocas



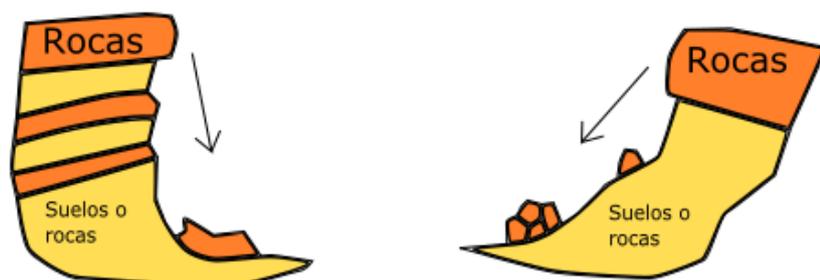
Fuente: Maldonado, (2020)

- 3. Desprendimiento de rocas.** Los desprendimientos son caídas libres muy rápidas de bloques o masas rocosas independizadas por planos de discontinuidad preexistentes (ver figura 5).

Se encuentran comúnmente en pendientes de áreas montañosas empinadas, acantilados y en general, en paredes rocosas. Las roturas suelen adoptar la forma de cuñas en bloques que se forman a partir de varias familias de discontinuidades. Los factores desencadenantes incluyen la erosión y la pérdida de soporte, así como el descalce de los bloques. (Gonzalez De Vallejo, 2002)

Figura 5.

Desprendimiento de rocas

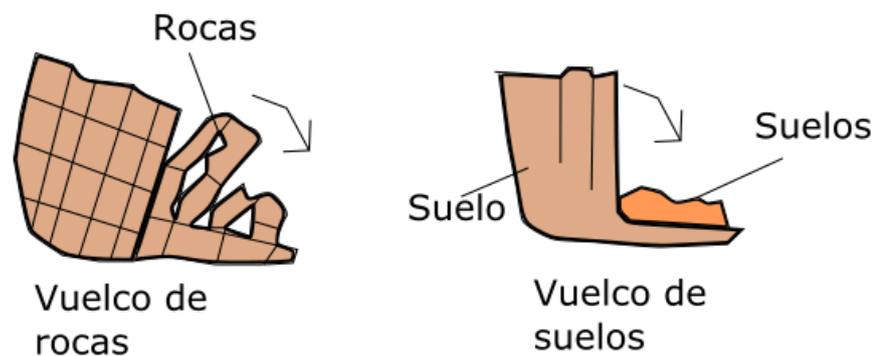


Fuente: Maldonado, (2020)

4. **Vuelco de rocas y suelos.** Los vuelcos de rocas y suelos ocurren cuando los frentes de rocas presentan estratos verticalizados que se encuentran buzando en sentido contrario a la ladera. (ver figura 6)

Figura 6.

Vuelco o desprendimiento de rocas y suelos



Fuente: Maldonado, (2020)

2.2.4. Caracterización hídrica

Resultan esenciales para comprender el desarrollo de la erosión del suelo, discernir los elementos que la afectan, las manifestaciones físicas que presenta y los enfoques contemporáneos empleados para anticipar las tasas de degradación del suelo.

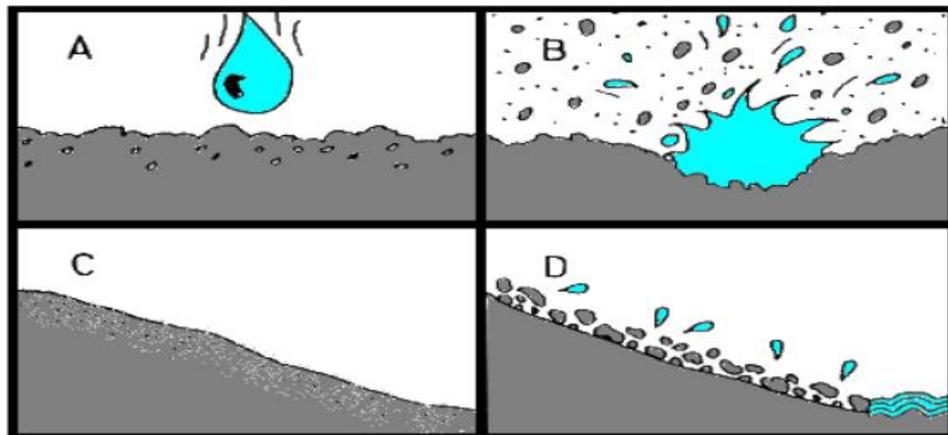
“La erosión hídrica es causada específicamente por la acción de la energía cinética de las gotas de lluvia al impactar en una superficie de terreno desnudo, o no debidamente protegida por la vegetación” (Hernandez, 2011)

Como se ilustra en la figura 7, el proceso de erosión comienza con el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo desnudo (A), desintegrando sus

agregados en partículas diminutas (B), las cuales obstruyen los poros y forman una costra superficial (C). Esto provoca el escurrimiento del agua de lluvia en la superficie. El agua, cargada con partículas de suelo, deposita estas partículas en áreas más bajas (D).

Figura 7.

Etapas de la erosión hídrica.



Fuente: Hernandez, (2011)

2.2.5. Procesos geodinámicos internos

2.2.5.1. Sismicidad

Según el Instituto Geofísico del Perú, (n.d.), define al sismo como un proceso de generación y liberación de energía para posteriormente propagarse en forma de ondas por el interior de la tierra. Al llegar a la superficie, estas ondas son registradas por las estaciones sísmicas y el sacudimiento del suelo por ellas producidas, es percibido por la población.

2.2.5.2. Sismicidad en la región de puno



Según Quispe & Nuñez, (2019), los sismos no son comunes en la región de Puno, aunque este fenómeno natural no es desconocido. Por lo tanto, los riesgos asociados a los procesos geodinámicos internos y externos, eventos capaces de causar daños a personas, propiedades o al medio ambiente, representan una considerable amenaza geológica. Entre estos eventos se incluyen los terremotos, la actividad volcánica, los deslizamientos de tierra, los movimientos en masa, entre otros.

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. 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 8.

Mapa de Zonificación de acuerdo a la Norma E-030



Fuente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, (2018)

2.2.6. Métodos de estabilidad de taludes

2.2.6.1. Método de cálculo en deformaciones

En este método, se toman en cuenta tanto las deformaciones del terreno como las leyes de la estática para los cálculos. Su aplicación práctica es sumamente compleja, por lo que es necesario estudiar el problema utilizando el método de los elementos finitos u otros métodos numéricos.

2.2.6.2. Método de equilibrio límite

Los métodos exactos son aplicables a materiales homogéneos, donde las leyes de la estática proporcionan una solución exacta para la estabilidad del talud debido a su geometría simple, como la rotura planar



o de cuña. En contraste, al abordar métodos no exactos, se hace necesario recurrir a simplificaciones o suposiciones iniciales, ya que las ecuaciones estáticas resultan insuficientes. Dentro de los métodos no exactos, se pueden distinguir entre los métodos de estabilidad global, que consideran la rotura del suelo como un conjunto, y los métodos de dovelas. (Curipoma, 2017).

Según la clasificación son:

a) *Métodos exactos*

La aplicación de los principios de la estática proporciona una solución precisa al problema, aunque incluye simplificaciones comunes a los métodos de equilibrio límite, como la ausencia de deformación y un factor de seguridad constante en todas las superficies. Sin embargo, esta aproximación solo es viable para pendientes con formas simples, como rupturas planas o por cuña.

b) *Métodos no exactos*

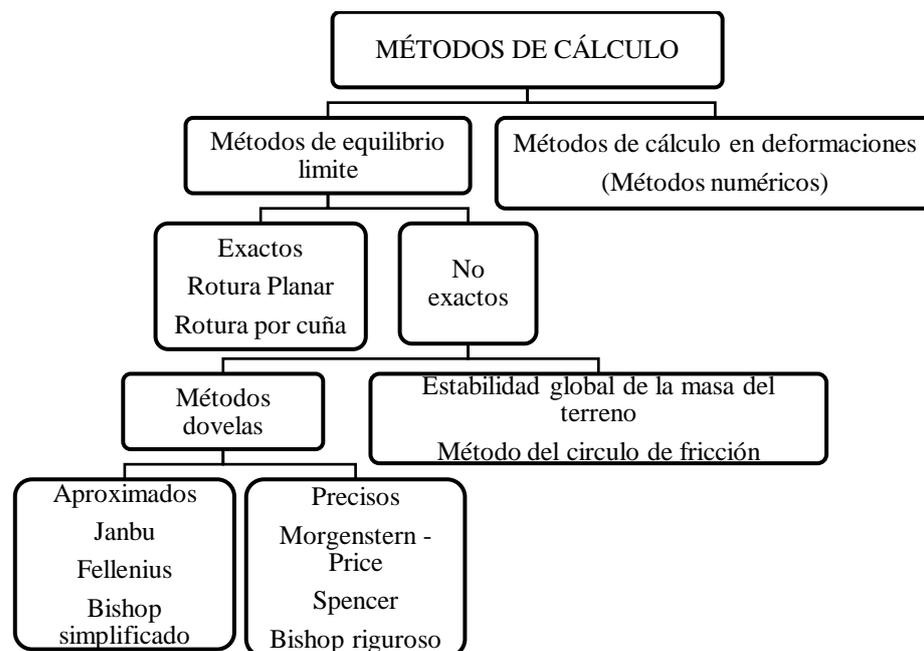
En la mayoría de los casos, la geometría de la superficie de falla impide una solución precisa usando solo los principios de la estática. Por lo tanto, es necesario considerar enfoques que evalúen el equilibrio global de la masa deslizante, así como métodos de cuña o corte que dividen la masa deslizante en 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 se observa de mejor manera en la figura 9.
- **Métodos precisos o completos:** cumplen todas las ecuaciones de la estática. Los más conocidos son los de Morgenstern-Price, Spencer y Bishop riguroso.

Figura 9.

Clasificación de métodos de cálculo de estabilidad de taludes



Fuente : Curipoma, (2017)

Método Janbú

La metodología desarrollada por Janbú consiste en un conjunto de ábacos que se fundamenta en la existencia de una base firme o estrato resistente a lo largo de la cual se genera una falla de tipo circular. Para el cálculo del factor de seguridad (FS), Janbú incorpora correcciones por



efectos del movimiento de agua, grietas de tensión y sobrecargas. (Suarez, 1998)

Método de Fellenius

Este enfoque es también conocido como el método Sueco de las Dovelas o método U.S.B.R. Aquellos que consideran superficies de falla en forma circular subdividen el área de la falla en secciones verticales, determinando así las fuerzas actuantes y resultantes para cada sección. Luego, al sumar estas fuerzas, se obtiene el Factor de Seguridad, esta se resume en la ecuación 1. (Curipoma, 2017)

$$F.S. = \frac{\sum [C' b \sec \alpha + (W \cos \alpha - u b \sec \alpha) \cdot \tan \theta]}{\sum w s \sec \alpha} \dots\dots\dots \text{ecuación (1)}$$

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

b = Ancho de la tajada

C', θ = Parámetros de resistencia del suelo.

Método Bishop simplificado

Bishop propuso este método en 1955 para examinar superficies de falla circulares. En su formulación, se tiene en cuenta el equilibrio de momentos, el impacto de las fuerzas horizontales entre las dovelas y se



supone que las fuerzas cortantes son iguales a cero. Este método posibilita el análisis de taludes que presentan un nivel freático, y a pesar de que su planteamiento es implícito, la convergencia es rápida, lo que permite examinar distintos círculos de falla hasta encontrar el factor de seguridad mínimo, como se muestra en la ecuación 2. (Curipoma, 2017)

$$F.S. = \frac{C + \sigma \cdot \tan \theta}{W} \dots\dots\dots \text{ecuación (2)}$$

C = Cohesión efectiva del suelo,

σ = Tensión normal efectiva en la superficie de falla,

θ = Ángulo de fricción efectivo del suelo, y

W = Suma de las componentes de peso del bloque de suelo que actúan paralelas y perpendiculares a la superficie de falla.

2.2.6.3. Método de análisis cinemático

Los análisis de estabilidad permiten diseñar los taludes, mediante el cálculo de su factor de seguridad, y definir el tipo de medidas correctoras o estabilizadores que deben ser aplicadas en caso de roturas reales o potenciales. (Gonzalez De Vallejo, 2002)

La metodología seguida en los estudios de estabilidad de taludes parte del conocimiento geológico, hidrogeológico y geomecánica del macizo rocoso o suelo, que, junto con el análisis de los factores extremos que actúan sobre el terreno, definen el comportamiento de los materiales y sus modelos y mecanismos de deformación y rotura.

a) *Modos de inestabilidad*



El término más comúnmente usado para designar los movimientos producidos en los taludes es el de deslizamiento. Dicho término implica movimientos de masas formadas por diferentes tipos de materiales: rocas, suelos, rellenos artificiales o también combinaciones de los mismos, a través de una superficie determinada denominada de rotura. La velocidad con que se desarrollan las roturas de los taludes es variable, dependiendo de la clase de material involucrado en los mismos y del tipo de deslizamiento. El movimiento puede ser progresivo, produciéndose inicialmente una rotura local, que va progresando hasta convertirse en una rotura generalizada. (Ramirez & Alejano, 2004)

Los diferentes modos de falla en taludes están asociados con diferentes estructuras geológicas y este es importante para el diseñador que podrá reconocer potenciales problemas de estabilidad durante la realización de las fases del proyecto. Algunas pueden ser identificadas mediante la representación y ploteo de polos en estereogramas. (Wyllie & Mah, 2004)

Dentro de este encuadre general, los modos de rotura que se producen de manera más frecuente en el ámbito de las ingenierías civil y minera son la rotura plana, la rotura en cuña, la rotura por vuelco, la rotura circular y la rotura siguiendo discontinuidades paralelas al talud. (Ramirez & Alejano, 2004)

b) Fallas con control estructural

Falla planar



Las fallas planas, controladas por una sola discontinuidad, se desarrollan a lo largo de una superficie casi plana y se estudian como un problema bidimensional. Aunque pueden existir otras discontinuidades que delinee los límites laterales del movimiento, solo se considera el efecto de la discontinuidad principal.

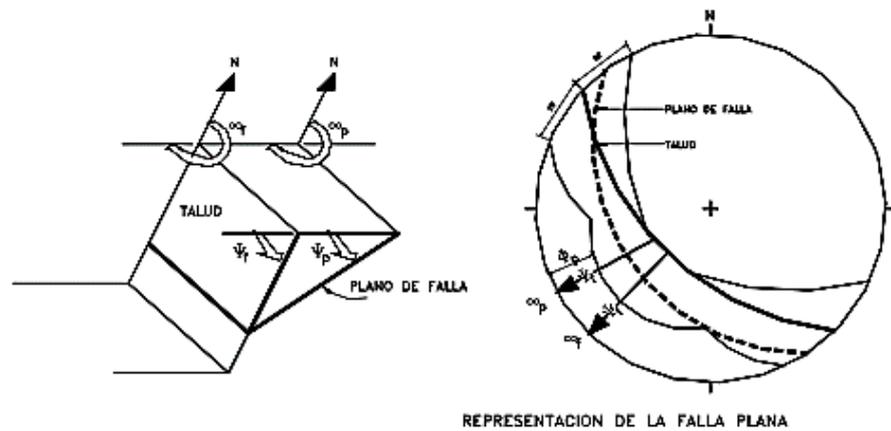
El análisis cinemático tiene en cuenta cuatro condiciones estructurales así:

- La dirección de la discontinuidad debe estar a menos de 20 grados de la dirección de la superficie del talud.
- El buzamiento de la discontinuidad debe ser menor que el buzamiento de la superficie del talud.
- El buzamiento de la discontinuidad debe ser mayor que su ángulo de fricción.
- La extensión lateral de la masa potencial de falla debe ser definida por superficies laterales que no contribuyen a la estabilidad. Si las condiciones anteriores se cumplen la estabilidad puede evaluarse por el método del equilibrio límite. El análisis de estabilidad requiere la solución de fuerzas perpendiculares y paralelas a la superficie de falla potencial.

En la figura 10, muestra el modelo de una falla planar, al costado se muestra una representación estereográfica de la representación de dicha falla.

Figura 10.

Representación estereográfica de falla planar



Fuente : Suarez, (1998)

Falla por cuña

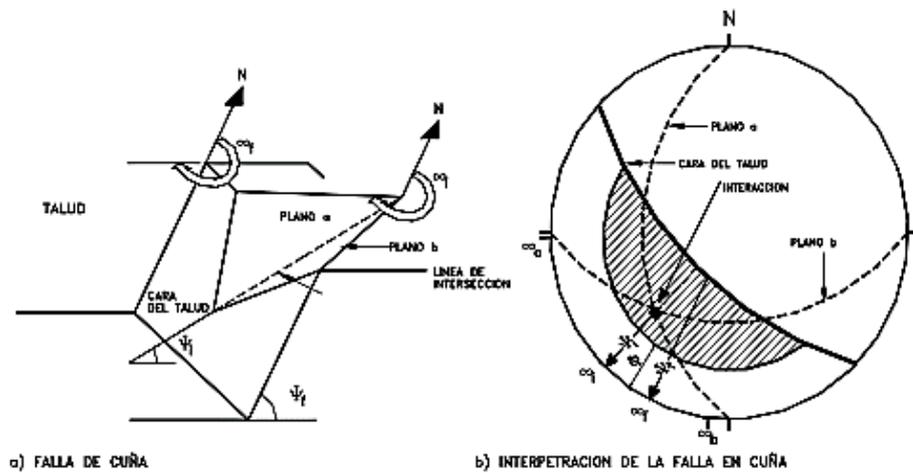
Controlada por dos discontinuidades. El análisis cinemático de una falla en cuña es controlado por la orientación de la línea de intersección de los dos planos. En la figura 11, de igual manera se aprecia el modelo y la representación estereográfica de falla por cuña.

Las condiciones estructurales que se deben cumplir son las siguientes:

- La dirección de la línea de intersección debe ser aproximadamente cercana a la del buzamiento de la superficie del talud.
- El buzamiento de la línea de intersección debe ser menor que el de la superficie del talud.
- El buzamiento de la línea de intersección debe ser mayor que el ángulo de fricción promedio de las dos superficies.

Figura 11.

Representación estereográfica de falla tipo cuña



Fuente : Suarez, (1998)

Falla por vuelvo

Involucra columnas de roca definidas por discontinuidades de buzamiento de gran magnitud. Las fallas al volteo ocurren en masas de roca que están subdivididas en una serie de columnas de gran buzamiento y con rumbo aproximadamente paralelo a la superficie del talud.

El análisis cinemático requiere para que ocurra volteo, que se presenten las siguientes condiciones:

- El rumbo de las capas debe ser aproximadamente paralelo a la superficie del talud. En ningún caso la diferencia debe ser superior a 20 grados.
- El buzamiento debe cumplir la siguiente condición:

$$(90^\circ - \psi_p) \leq (\psi_t - \phi_P)$$

Donde:

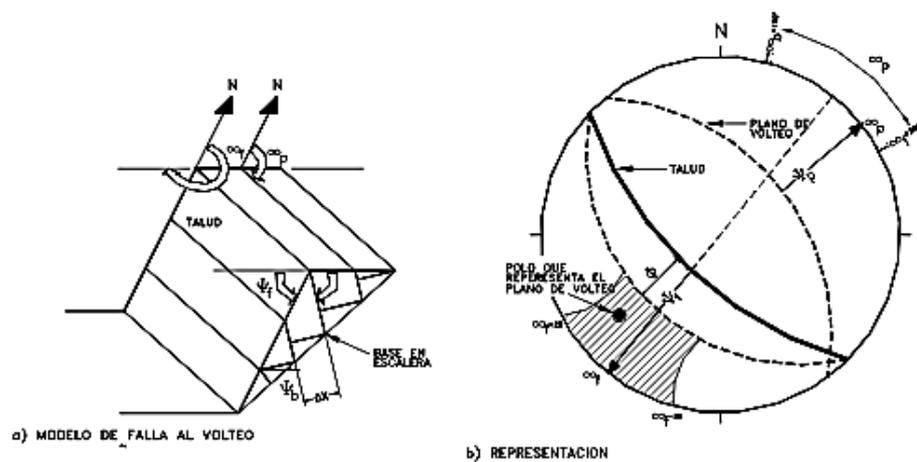
Ψ_p = Buzamiento de las capas

Ψ_f = Buzamiento de la superficie del talud

ϕ_p = Angulo de fricción a lo largo de los planos.

Figura 12.

Representación estereográfica de falla por vuelvo



Fuente : Suarez, (1998)

c) *Falla sin control estructural*

Caídas de rocas

Es el tipo de falla más simple, y sucede cuando una roca suelta, o varias, se movilizan producto de una pequeña perturbación que hace cambiar su estado desde reposo a movimiento, rodando por el talud hasta quedar detenida. Su predicción es muy difícil y por tanto se recurre comúnmente a métodos de contención de rocas en la caída más que al modelamiento de la falla misma, por lo tanto, modelos de simulación de



caída relativas de rocas sueltas son capaces de producir razonablemente exactas predicciones de trayectorias de caída de rocas. (Ramirez & Alejano, 2004)

Falla circular

Ocurren en masas rocosas que están muy fracturadas o compuestas de material con muy baja resistencia al cortante. Los taludes en suelos rompen generalmente a favor de superficies curvas, con forma diversa condicionada por la morfología y estratigrafía del talud. (Gonzalez De Vallejo, 2002)

- Puede ser aproximadamente circular (la más frecuente), con su extremo inferior en el pie del talud, (deslizamiento de pie), cuando éste está formado por terreno homogéneo o por varios estratos de propiedades geotécnicas homogéneas.
- Puede ser casi circular, pero pasando por debajo del pie del talud (deslizamiento profundo;).

2.2.6.4. Métodos probabilísticos

Estos métodos pueden ser clasificados en tres grupos:

- **Probabilísticos puros**, que asumen un conocimiento previo de las distribuciones de probabilidad de las tensiones y la resistencia al corte dentro del macizo.
- **Semi - probabilísticos**, donde, al desconocerse parcialmente las distribuciones de probabilidad de las tensiones y resistencias, se

emplean valores extremos de distribuciones estimadas para las variables aleatorias involucradas en el análisis.

- **Métodos híbridos**, donde la probabilidad de falla se equipará a la frecuencia relativa de los casos en que el factor de seguridad es inferior a uno. Para esto, se utilizan fórmulas de cálculo determinísticas del F.S., teniendo en cuenta la variabilidad e incertidumbre de los diferentes datos de entrada.

2.2.6.5. Métodos empíricos

Los métodos empíricos son basados en la experiencia, apreciación de la geología local y características de la roca en entendimiento de las ventajas y limitaciones. La clasificación geomecánica del macizo rocoso es uno de los métodos empíricos más utilizados en proyectos de ingeniería principalmente túneles y taludes en minería. (Carnero et al., n.d.)

2.2.6.6. Método de Retro análisis (Back – Análisis)

El método de retro análisis implica examinar un talud que ha experimentado un fallo y, a partir de esta situación, determinar los parámetros de resistencia. Se considera la condición de que la relación entre la sumatoria de momentos resistentes y la sumatoria de momentos actuantes es igual a 1. Bajo esta premisa, se obtienen los parámetros de resistencia, como la cohesión y el ángulo de fricción del material. (Carnero et al., n.d.)

Para ello, es necesario realizar un levantamiento de campo de los siguientes parámetros:



- Geometría de las rupturas
- Inclinación y altura del talud
- Posición del nivel freático
- Grietas de tracción
- Profundidad de las grietas de tracción

2.2.6.7. Métodos de los ábacos de Hoek Y Bray

Los ábacos de Hoek y Bray proporcionan una estimación conservadora del factor de seguridad, asumiendo que las tensiones normales en la superficie de deslizamiento se concentran en un punto singular. (Carnero et al., n.d.)

Se han realizado ábacos para casos de talud totalmente seco, tres casos con diferentes posiciones de nivel freático y totalmente saturado. Los parámetros de entrada para calcular el factor de seguridad son:

- Altura del talud
- Cohesión y ángulo de fricción
- Peso específico
- Angulo del talud

2.3. GEOTECNIA

2.3.1. Caracterización geológica

La composición del material de un talud está asociada al tipo de inestabilidad que podría experimentar, ya que diferentes litologías muestran diversos niveles de susceptibilidad ante deslizamientos o roturas. Las propiedades



físicas y de resistencia, junto con la presencia de agua, influyen en su comportamiento y estabilidad en términos de deformación bajo tensión.

En Geología, se analizan las propiedades y características tanto del suelo como de la roca. La composición geológica influye en la resistencia y firmeza de los materiales, y la presencia de discontinuidades puede propiciar movimientos en planos de debilidad específicos. Los elementos geológicos clave a tener en cuenta en estos estudios abarcan la formación geológica, la estructura y las discontinuidades, junto con el proceso de meteorización. Los mapas geológicos suministran información sobre los parámetros geotécnicos fundamentales, mientras que los mapas topográficos facilitan la identificación de la pendiente, los accidentes geográficos, las variaciones en la inclinación, los sistemas de drenaje y la geomorfología. (Suarez, 1998)

2.3.2. Caracterización hidrogeológica

En la mayoría de los casos, la conductividad hidráulica de los macizos rocosos se determina principalmente por la presencia de estructuras, que definen lo que comúnmente se conoce como "permeabilidad secundaria". Esta permeabilidad secundaria suele ser órdenes de magnitud mayor que la "permeabilidad primaria", que está asociada al flujo a través de la propia roca. Como resultado, la conductividad hidráulica de los macizos tiende a ser altamente anisotrópica, siendo significativamente mayor en la dirección de las estructuras que permiten el flujo de agua que en la dirección perpendicular a ellas. (Ramirez & Alejano, 2004)

La presencia de aguas subterráneas puede influir en las excavaciones a cielo abierto, alterando la tensión efectiva de la masa rocosa excavada y



aumentando el riesgo de fallas en los taludes. Esto puede requerir medidas correctivas adicionales para contrarrestar la disminución de la estabilidad del macizo rocoso.

2.3.3. Caracterización geomecánica

Es esencial llevar a cabo la descripción y caracterización de los macizos rocosos en superficie en todos los estudios de ingeniería geológica que busquen comprender las propiedades y características geotécnicas de los materiales rocosos. Estas tareas se llevan a cabo en las fases iniciales de las investigaciones en el lugar mencionado por Gonzalez De Vallejo, (2002)

2.3.3.1. Caracterización de la matriz rocosa

Los aspectos que deben describirse en campo son:

- **Identificación.** La identificación de visual de una roca se establece a partir de su composición y de su textura o relaciones geométricas de sus minerales.
- **Meteorización o alteración.** El grado de meteorización de la roca es una observación importante en cuanto que condiciona de forma definitiva sus propiedades mecánicas. En la tabla 1 se detalla claramente la descripción sobre este aspecto.

Tabla 1.

Descripción del grado meteorización

Termino	Descripción
Fresca	No se observan signos de meteorización en la matriz rocosa.



Decolorada	Se observan cambios en el color original de la matriz rocosa. Es conveniente el grado de cambio. Si se observa que el cambio de color se restringe a uno o algunos minerales se debe mencionar.
Desintegrada	La roca se ha alterado al estado de un suelo, manteniéndose la fábrica original. La roca es friable, pero los granos minerales no están descompuestos.
Descompuesto	La roca se ha alterado al estado de un suelo, alguno o todos los minerales están descompuestos.

Fuente : Gonzalez De Vallejo, (2002)

- **Resistencia a compresión simple.** La resistencia de la matriz rocosa puede ser estimada en el afloramiento mediante índices de campo o a partir de correlaciones con datos proporcionados por sencillos ensayos de campo, como el ensayo de carga puntual o el martillo Schmidt.

2.3.3.2. Descripción de las discontinuidades

Las propiedades y comportamientos de los macizos rocosos se ven significativamente influenciados por la presencia de discontinuidades, lo que afecta la resistencia, deformación e hidráulica. En macizos rocosos duros fracturados, la resistencia al corte de estas discontinuidades es crucial y afecta la resistencia global del macizo. Para evaluar esta resistencia, es crucial definir con precisión las características y propiedades de los planos de discontinuidad, esta mencionada por Gonzalez De Vallejo, (2002)

La descripción y medida de estos parámetros para cada familia debe ser realizada en campo:

- **Orientación.** Las discontinuidades sistemáticas se presentan en conjuntos con orientación y características bastante consistentes. En



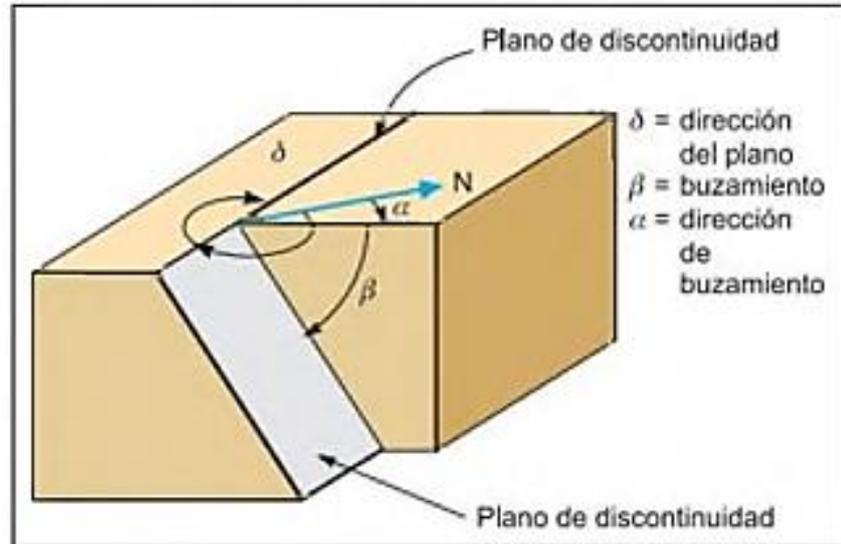
la figura 13, se observa que datos se debe tomar en consideración en un plano de discontinuidad. La disposición y separación de las diferentes familias dentro de un macizo rocoso definen la disposición de los bloques que conforman dicho macizo. La relación entre la orientación de estas discontinuidades y las estructuras o proyectos de ingeniería afecta la inclinación hacia la presencia de inestabilidades y fracturas.(Gonzales De Vallejo, 2002)

La representación gráfica de la orientación de las diferentes familias de discontinuidades puede realizarse mediante:

- **Proyección estereográfica**, representando los polos o planos con valores medios de las diferentes familias.
- **Diagramas de rosetas**, que permiten representar un gran número de medidas de orientación de forma cuantitativa.
- **Bloques diagrama**, permitiendo una visión general de las familias y sus orientaciones respectivas.

Figura 13.

Medida de la orientación de discontinuidades

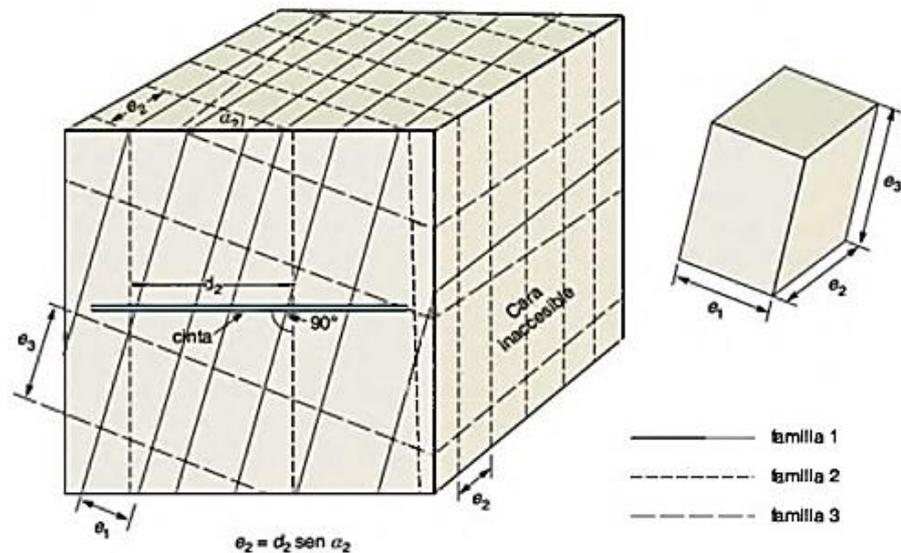


Fuente : Gonzalez De Vallejo, (2002)

- **Espaciado.** El espaciado entre los planos de discontinuidad condiciona el tamaño de los bloques de matriz rocosa y, por tanto, define el papel que ésta tendrá en el comportamiento mecánico del macizo rocoso, y su importancia con respecto a la influencia de las discontinuidades. Dentro de la figura 14, se muestra la medición de un bloque o cara de un afloramiento, donde se identifica tres familias de discontinuidades.

Figura 14.

Medida del espaciado en una cara expuesta del afloramiento



Fuente : Gonzalez De Vallejo, (2002)

- **Continuidad o persistencia.** La continuidad o persistencia de un plano de discontinuidad es su extensión superficial, medida por la longitud según la dirección del plano y según su buzamiento, como se muestra en la figura 15.
- **Rugosidad.** El propósito principal de describir y medir la rugosidad es evaluar la resistencia al corte de los planos. Para discontinuidades sin cohesión, esta resistencia puede estimarse utilizando datos de campo y fórmulas empíricas. Esta observación se ve en la figura 15.
- **Resistencia de las paredes.** La resistencia al corte y la deformabilidad de una discontinuidad están influenciadas por la resistencia de su pared (figura 15). Esta resistencia depende del tipo de roca, el grado de alteración y la presencia de material de relleno.



- **Abertura.** La distancia perpendicular que separa las paredes de una discontinuidad, denominada abertura, varía en función de la profundidad. En ausencia de relleno, esta abertura puede ser considerablemente mayor en la superficie, disminuyendo progresivamente con la profundidad hasta llegar a cerrarse.
- **Relleno.** Las discontinuidades pueden contener material diferente al de la roca de las paredes. La presencia de este relleno afecta significativamente el comportamiento de la discontinuidad. Por ello, es crucial identificar y describir todas las características relacionadas con sus propiedades y su estado, esta se muestra en la figura 15.
- **Filtraciones.** El agua dentro de un macizo rocoso generalmente proviene del flujo que circula por las discontinuidades (permeabilidad secundaria). Sin embargo, en algunas rocas permeables, las filtraciones a través de la matriz rocosa (permeabilidad primaria) también pueden ser significativas.

Figura 15.

Representación esquemática de las características de las discontinuidades



Fuente : Gonzalez De Vallejo, (2002)

2.3.3.3. Parámetros del macizo rocoso

- **Número y orientación de las familias de discontinuidades.** El comportamiento mecánico del macizo rocoso, así como su modelo de deformación y los mecanismos de rotura, se encuentran influenciados por la presencia de múltiples familias de discontinuidades. La orientación de estas familias en relación con una obra o instalación en la superficie del terreno también puede ser determinante para su estabilidad.

Tabla 2.

Clasificación de macizos rocosos por número de familias

Tipo de macizo rocoso	Número de familias
-----------------------	--------------------



I	Masivo, discontinuidades ocasionales.
II	Una familia de discontinuidades.
III	Una familia de discontinuidades más otras ocasionales.
IV	Dos familias de discontinuidades.
V	Dos familias de discontinuidades más otras ocasionales.
VI	Tres familias de discontinuidades.
VII	Tres familias de discontinuidades más otras ocasionales.
VIII	Cuatro o más familias de discontinuidades.
IX	Brechaficado

Fuente : Gonzalez De Vallejo, (2002)

- **Tamaño de bloque e intensidad de fracturación.** Según Gonzalez De Vallejo, (2002), menciona que las propiedades resistentes y deformaciones, así como el comportamiento general del macizo rocoso, quedan significativamente influenciados por las dimensiones de los bloques que lo conforman. Estas dimensiones, junto con la forma de los bloques, están determinadas por factores como el número de familias de discontinuidades, su orientación, el espacio entre ellas y su continuidad. La descripción del tamaño de bloque se puede realizar de las siguientes formas:

Mediante el índice de tamaño de bloque I_b , que representa las dimensiones medias de los bloques tipo medidos en el afloramiento. Por ejemplo, en el caso de una roca sedimentaria con planos de estratificación y con dos familias de discontinuidades perpendiculares entre sí, el índice I_b vendría definido por la siguiente ecuación:



$$I_b = (e_1 + e_2 + e_3) / 3 \dots \dots \dots \text{ecuación (3)}$$

Siendo e1, e2 y e3 los valores medios del espaciado de las tres familias de discontinuidades.

Mediante el parámetro Jv, que representa el número total de discontinuidades que interceptan una unidad de volumen (1 m3) del macizo rocoso. La ecuación 4 muestra el cálculo del Jv.

$$Jv = \frac{\sum n \text{ de discontinuidades}}{\text{longitud de la medida}} \dots \dots \dots \text{ecuación (4)}$$

Por ejemplo, para un macizo con tres familias de discontinuidades se realiza una sumaria de las tres familias, como se muestra en la ecuación 5.

$$Jv = (n.^o J_1 / L_1) + (n.^o J_2 / L_2) + (n.^o J_3 / L_3) \dots \dots \dots \text{ecuación (5)}$$

Cálculo del RQD

La fracturación del macizo rocoso está definida por el número, espaciado y condiciones de las discontinuidades, cualquiera que sea su origen y clase. El grado de fracturación se expresa habitualmente por el valor del índice RQD, en la tabla 4 se muestra como es la clasificación según este valor.

El índice RQD puede estimarse en afloramientos a partir de correlaciones empíricas como la de Palmstrom, 1975 (en ISRM, 1981). Se muestra en la ecuación 6 y 7 para distintos casos.

$$RQD = 115 - 3.3 Jv \quad \text{para } Jv > 4.5 \dots \dots \dots \text{ecuación (6)}$$

$$RQD = 100 \quad \text{para } Jv \leq 4.5 \dots \dots \dots \text{ecuación (7)}$$

Tabla 3.

Clasificación de la calidad del macizo rocoso según el índice RQD

RQD (%)	Calidad
< 25	Muy mala
25 - 50	Mala
50 - 75	Media
75 - 90	Buena
90 - 100	Muy buena

Fuente : Gonzalez De Vallejo, (2002)

2.3.4. Clasificación Geomecánica RMR

Creado por Bieniawski en 1973 y posteriormente actualizado en 1979 y 1989, este sistema proporciona una clasificación de la calidad de formaciones rocosas, lo que facilita la conexión entre los índices de calidad y los parámetros geotécnicos relevantes para la excavación y el soporte de túneles, citado por Gonzalez De Vallejo, (2002). Esta clasificación tiene en cuenta los siguientes parámetros geomecánicos:

- Resistencia uniaxial de la matriz rocosa.
- Grado de fracturación en términos del RQD.
- Espaciado de las discontinuidades.
- Condiciones de las discontinuidades.
- Condiciones hidrogeológicas.

La influencia de estos factores en el comportamiento geotécnico de una formación rocosa se representa mediante el índice de evaluación RMR, cuyo

rango va de 0 a 100. Los valores específicos se detallan en la tabla 4 y el cálculo es la ecuación .8.

$$RMR=Rc+Rs+Rq+Rd+Rw \dots\dots\dots\text{ecuación (8)}$$

Rc: Valor asignado a la resistencia a la compresión uniaxial de la roca.

Rs: Valor asignado al RQD.

Rq: Valor asignado al espaciamiento de las discontinuidades.

Rd: Valor asignado a la condición de las discontinuidades

Rw: Valor asignado a la presencia de agua en la masa rocosa.

Tabla 4.

Clasificación geomecánica RMR desarrollada por Bieniawski en 1989.

Parámetros de clasificación							
Resistencia de la matriz rocosa (MPa)							
	Ensayo de carga puntual	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple (MPa)	
1	Compresión simple	> 250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1 <1
	Puntuación	15	12	7	4	2	1 0
	RQD %	90 %-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	< 25%	
2	Puntuación	20	17	13	6	3	
	Separación de diaclasas	> 2m	0.6-2 m	0.2-0.6 m	0.06-0.2 m	< 0.06 m	
3	Puntuación	20	15	10	8	5	
Estado de discontinuidades							
	Longitud	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m	
4	Puntuación	6	4	2	1	0	
	Abertura	Nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5 mm	



Puntuación	6	5	3	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Liger. rugosa	Ondulada	Suave
Puntuación	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	< 5 mm (duro)	> 5 mm (duro)	< 5 mm (blando)	> 5 mm (blando)
Puntuación	6	4	2	2	0
Alteración	Inalterada	Liger. alterada	Moder. alterada	Muy alterada	Descompuesta
Puntuación	6	5	3	1	0
Agua Freática					
Caudal por 10 m de túnel	Nulo	< 10 litros/min	10-25 litros/min	25-125 litros/min	> 125 litros/min
5 Presión de agua/ Tensión principal	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	> 0.5
Estado general	Seco	Liger. húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo
Puntuación	15	10	7	4	0

Fuente : Gonzalez De Vallejo, (2002)

Tabla 5.

Corrección por la orientación de las discontinuidades

Dirección y buzamiento	Muy favorables	Favorables	Medias	Desfavorables	Muy desfavorables
Túneles	0	-2	-5	-10	-12
Puntuación Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Fuente : Gonzalez De Vallejo, (2002)

Tabla 6.

Características geotécnicas

Clase	I	II	III	IV	V
-------	---	----	-----	----	---

Calidad	Muy Buena	Buena	Media	Mala	Muy Mala
Tiempo de mantenimiento	10 años con 15 m de vano	6 meses con 8 m de vano	1 semana con 5 de vano	10 horas con 2.5 m vano	30 minutos con 1 m de vano
Cohesión	> 4 Kp/cm ²	3-4 Kp/cm ²	2-3 Kp/cm ²	1-2 Kp/cm ²	< 1 Kp/cm ²
Angulo de rozamiento	> 45°	35°- 45°	25°- 35°	15°- 25°	< 15°

Fuente : Gonzalez De Vallejo, (2002)

Tabla 7.

Calidad de macizos rocosos en relación al índice RMR

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Angulo de rozamiento
I	Muy buena	100 – 81	> 4 Kg/cm ²	> 45°
II	Buena	80 – 61	3 – 4 Kg/cm ²	35°- 45°
III	Media	60 – 41	2 - 3 Kg/cm ²	25°- 35°
IV	Mala	40 – 21	1 – 2 Kg/cm ²	15°- 25°
V	Muy mala	< 20	<1 Kg/cm ²	< 15°

Fuente : Gonzalez De Vallejo, (2002)

2.3.5. Clasificación GSI

Hoek & Brown, (1997), cita una correlación entre la clasificación GSI con la clasificación RMR de Bieniawski, donde RMR_{89} tiene la calificación de agua subterránea establecida con el valor asignado a 15 y el ajuste para orientación conjunta establecida en cero. Esta correlación se da en la siguiente ecuación:

$$GSI = RMR - 5 \dots \dots \dots \text{ecuación (9)}$$

2.3.6. Clasificación de suelos

Hay dos sistemas de clasificación de suelos de uso común para propósitos de ingeniería. El Sistema Unificado de Clasificación del suelo (SUCS o USCS) que se utiliza para casi todos los trabajos de ingeniería geotécnica. El sistema de clasificación AASHTO que se usa por la construcción de carreteras y terraplenes.

2.3.6.1. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS.

La clasificación SUCS, que significa Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (por sus siglas en inglés, Unified Soil Classification System), es un sistema estándar utilizado para clasificar y describir los diferentes tipos de suelos con base en sus características físicas y de ingeniería (ver tabla 8).

El sistema SUCS clasifica los suelos en función de tres criterios principales, citado por Duque, (2003):

- **Tamaño de las partículas:** Se considera el tamaño de las partículas del suelo, dividiéndolas en cuatro grupos principales: gravas, arenas, limos y arcillas.
- **Propiedades de la plasticidad:** Se evalúa la capacidad del suelo para cambiar su forma y deformarse sin romperse.
- **Grado de plasticidad:** Se cuantifica la plasticidad de los suelos mediante el índice de plasticidad (IP), que se calcula restando el límite líquido (LL) del límite de plasticidad (LP).



Tabla 8.

Nombres típicos de los materiales en el sistema de clasificación SUCS.

Grupo	Nombres típicos del material
GW	Grava bien gradada, mezclas gravosas, poco o ningún fino.
GP	Grava mal gradada, mezclas grava – arena, poco o ningún fino.
GM	Grava limosa, mezclas grava, arena, limo.
GC	Grava arcillosa, mezclas gravo – arenas arcillosas.
SW	Arena bien gradada.
SP	Arena mal gradada, arenas gravosas, poco o ningún fino.
SM	Arenas limosas, mezclas arena – limo.
SC	Arenas arcillosas, mezclas arena – arcilla.
ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, limo arcilloso, poco plástico, arenas finas limosas, arenas finas arcillosas.
CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras (pulpa)
OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos (ambiente marino, naturaleza orgánica silíceo), suelos elásticos.
CH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos.
OH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas gruesas.
Pt	Turba (carbón en formación) y otros suelos altamente orgánicos.

Fuente: Duque, (2003)

2.3.6.2.Sistema de clasificación AASHTO

Este es el sistema del Departamento de Caminos de U.S.A., introducido en 1.929 y adoptado por la “American Association of State Highway Officials” entre otras. Es de uso especial para la construcción de

vías, en especial para manejo de subrasantes y terraplenes. En la tabla 9 se muestra una correlación entre la clasificación de suelos SUCS y AASHTO.

Tabla 9.

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: Ministerio de transportes y comunicaciones, (2013)

2.3.6.3. Criterio de rotura de Mohr Coulomb

Este criterio expresa la resistencia al corte a lo largo de un plano en un estado triaxial de tensiones, obteniéndose la relación entre los esfuerzos normal y tangencial actuantes en el momento de la rotura mediante la ecuación 10:(Gonzalez De Vallejo, 2002)

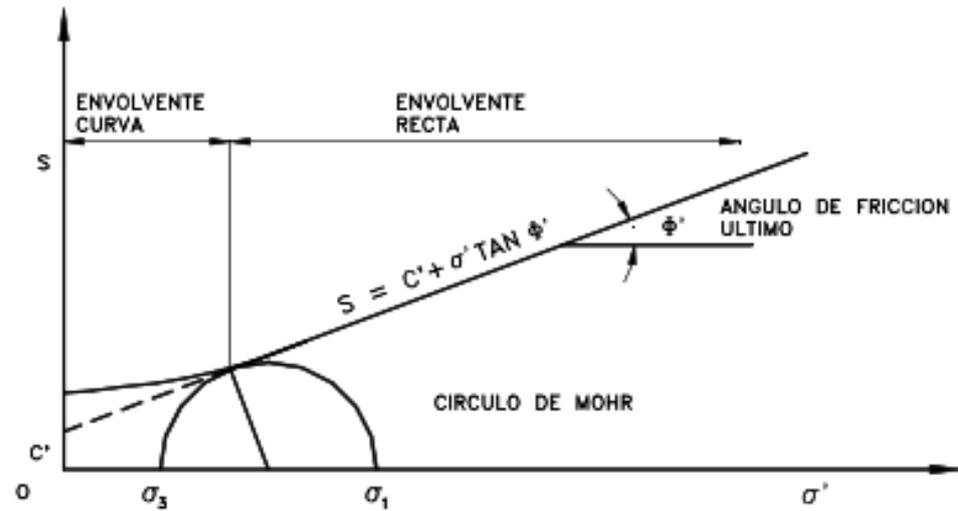
$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi \dots \dots \dots \text{ecuación (10)}$$

τ y σ_n son las tensiones tangencial y normal sobre el plano de rotura

C y ϕ son la cohesión y ángulo de rozamiento de la matriz rocosa.

Figura 16.

Gráfico de la envolvente de falla y círculo de Mohr Coulomb



Fuente : Suarez, (1998)

En la figura 18, se muestra el ángulo de inclinación (ϕ) viene a ser el ángulo de fricción del suelo; mientras que, el punto de intersección entre la línea inclinada y el eje vertical es la cohesión (C). (Suarez, 1998)

2.3.6.4. Corte directo

El ensayo más común para obtener la resistencia de los suelos en los estudios de deslizamientos es el ensayo de Corte Directo, el cual es simple y económico de realizar, pero presenta los inconvenientes del poco control que se tiene sobre las condiciones de drenaje, la dificultad para medir presiones de poro y algunos problemas inherentes a los mecanismos de las máquinas que realizan los ensayos. (Suarez, 1998)

2.3.7. Factor de seguridad

El Factor de Seguridad representa la probabilidad de que un talud falle bajo las condiciones más desfavorables para las cuales ha sido diseñado. Fellenius (1927) definió el factor de seguridad como la relación entre la resistencia al corte real del material del talud, calculada, y los esfuerzos de corte críticos que podrían causar una falla a lo largo de una superficie hipotética de falla, esta definición fue citada por Suarez, (1998).

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

Aquí están las interpretaciones comunes del FS:

FS > 1: El talud es considerado estable.

FS = 1: El talud está en un estado de equilibrio crítico.

FS < 1: El talud se considera inestable y susceptible a la falla.

En la actualidad, Perú dispone de diversas regulaciones nacionales e internacionales ampliamente aceptadas que rigen los factores de seguridad utilizados. Al seleccionar los coeficientes mencionados, es crucial considerar la temporalidad de la estructura (temporal o definitiva) y la condición de cálculo (estática o sísmica).

Tabla 10.

Valores de seguridad a considerar 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	1.25 - 1.3	1.15 - 1.2	1.5	1.15 - 1.2
FHWA-NHI-11-032		1.1		1.1
CE.020			1.5	1.25
N. E50			1.5	1.25

Fuente: Valiente et al., (2015)

2.4. MEDIDAS ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN

2.4.1. Modificación de la geometría del talud

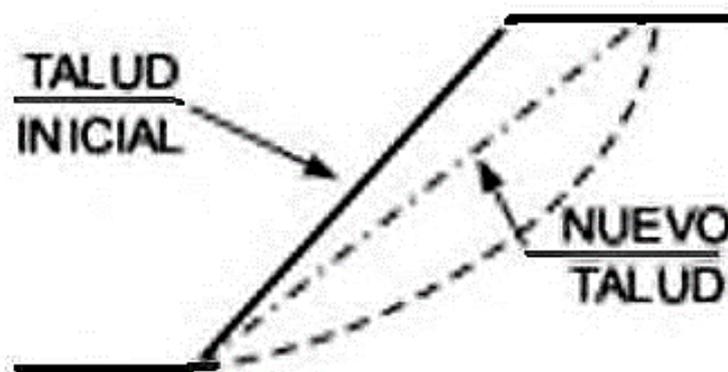
Con la modificación de la geometría del talud se logra redistribuir las fuerzas relacionadas al peso de los materiales y se obtiene una nueva configuración más estable. (Maldonado, 2020)

Hay diferentes formas de realizar la modificación geométrica de los taludes:

- Se puede disminuir la inclinación del talud

Figura 17.

Disminución del ángulo del talud

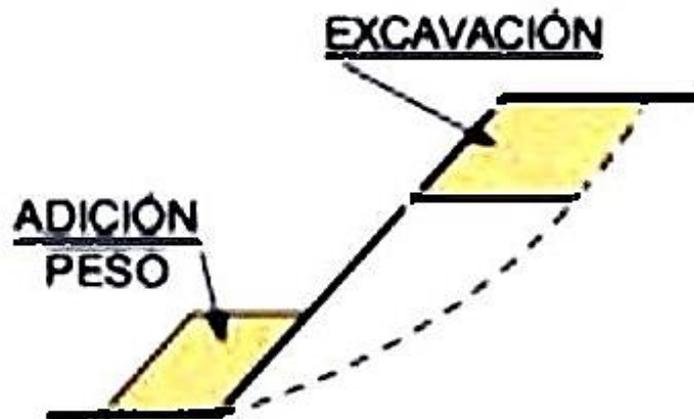


Fuente: Maldonado, (2020)

- Se elimina el peso de la cabecera del talud (descabezamiento)
- Se puede incrementar el peso al pie del talud (tacones, rellenos, escolleras)

Figura 18.

Eliminación de peso en la cabecera y adición de peso en el pie talud

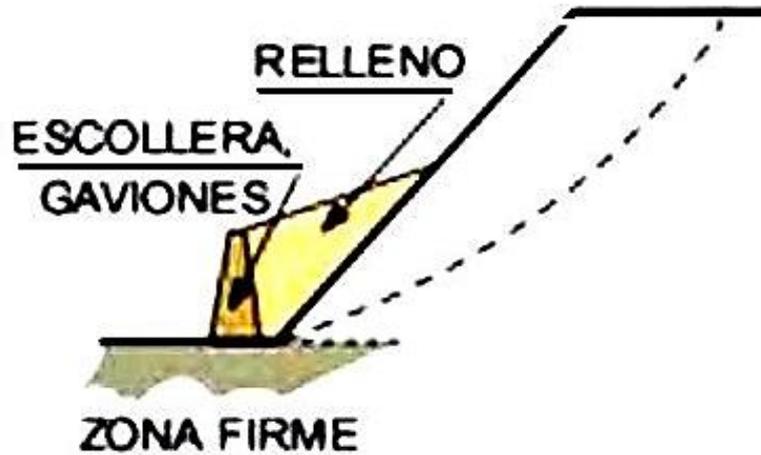


Fuente: Maldonado, (2020)

- Otra opción es construir bancos y bermas (escalonar el talud)

Figura 19.

Refuerzo y peso en el pie del talud



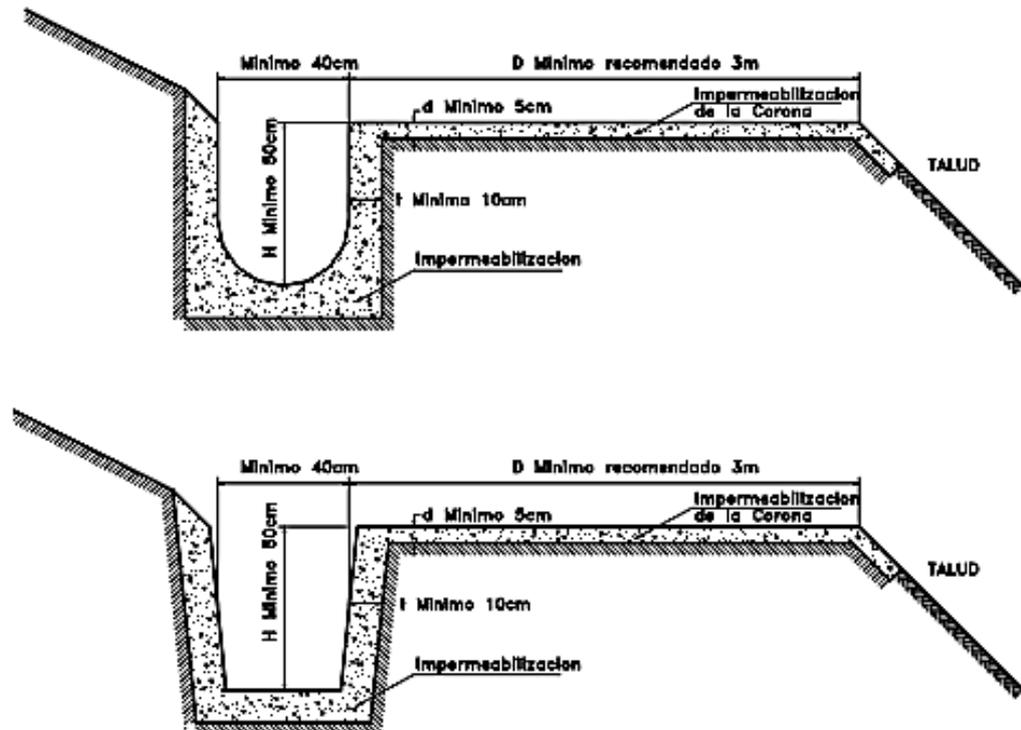
Fuente: Maldonado, (2020)

2.4.2. Canales o zanjias de corona

Las zanjias ubicadas en la cima o parte superior de un talud se emplean para interceptar y dirigir de manera efectiva las aguas pluviales, impidiendo su paso a través del talud. Es importante evitar construir la zanja de coronación muy cerca del borde superior del talud, ya que esto podría desencadenar el inicio y la orientación de un deslizamiento en cortes recientes o una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos previos. Asimismo, se previene el riesgo de colapso de la corona del talud o el escarpe. (Suarez, 1998)

Figura 20.

Detalle de zanjas de coronación para el control de aguas superficiales



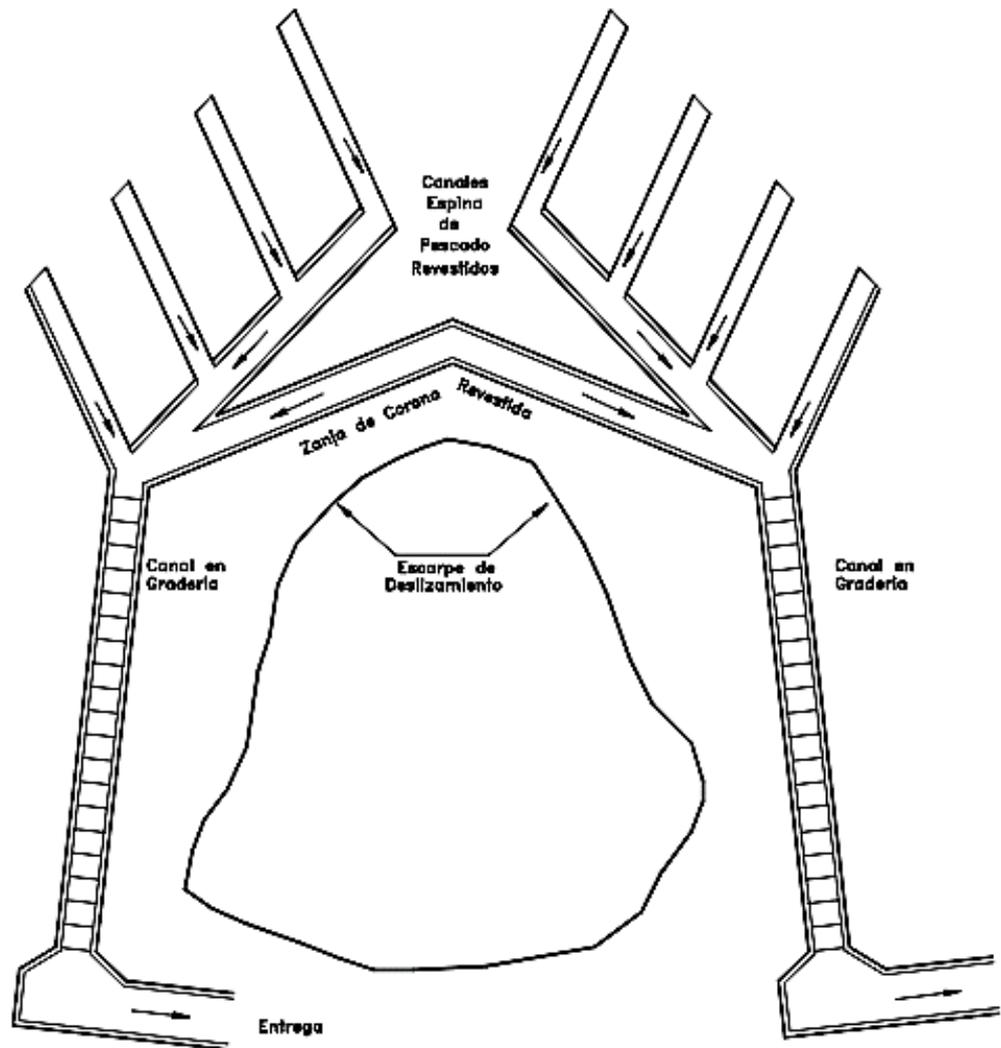
Fuente: Suarez Diaz, (1998)

2.4.3. Canales colectores en espina de pescado

Para reducir la infiltración de agua en las zonas ubicadas en la parte superior del talud, es común construir canales colectores en forma de espina de pescado. Estos canales dirigen de manera eficiente las aguas recogidas hacia fuera de las áreas vulnerables del talud, canalizándolas típicamente hacia sistemas de drenaje en escalones. (Suarez, 1998)

Figura 21.

Esquema en planta de canales colectores espina de pescado



Fuente: Suarez Diaz, (1998)

2.4.4. Canales interceptores a mitad de talud

Para suelos propensos a la erosión, se aconseja la edificación de canales de drenaje que atraviesen el talud a nivel intermedio. Se sugiere la construcción de canales interceptores en cada una de las bermas intermedias del talud. Estos canales deben contar con un revestimiento adecuado para guiar eficientemente el flujo de agua hacia estructuras escalonadas diseñadas para disipar la energía.



Los canales a mitad de talud deben tener una pendiente tal que impida la sedimentación de materiales. Es muy común que estos canales se construyan con pendientes muy bajas y al taponarse produzcan cárcavas de erosión localizadas.

Las bermas deben ser lo suficientemente anchas para que exista un sobreebanco de protección para los canales, en el caso de producirse derrumbes de las coronas de los taludes resultantes. (Suarez, 1998)



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque de esta investigación por la cual se opta es cuantitativo, debido a que se ha reunido una data considerable para diferentes evaluaciones. Estos datos se basan en mediciones numéricas acompañadas de análisis estadísticos con el fin de determinar el comportamiento del lugar evaluado.

3.2. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

Para este estudio de investigación, se opta por adoptar un enfoque descriptivo, ya que este enfoque se centra en definir las propiedades y detalles específicos que son de importancia en cualquier caso de estudio. Además, nos permite describir detalladamente las características del área de investigación para determinar si la zona es estable o no.

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Este trabajo de investigación presenta un diseño no experimental, debido a que se observó de manera natural las características geomecánicas del material rocoso y suelo en el área de estudio.

Es importante señalar que este estudio se clasifica como una investigación no experimental de tipo transversal, ya que los datos recopilados se obtuvieron en un único momento, sin seguimiento a lo largo del tiempo para un mismo fenómeno.



3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. Unidades de muestreo

En nuestro estudio, nos enfocaremos en los materiales geológicos que serán objeto de evaluación, seleccionando áreas específicas y críticas para recolectar datos de muestreo.

3.4.2. Población

En este estudio, la población o universo se refiere a toda la extensión de la superficie del terreno que va desde el Km. 233+000 hasta el Km. 234+000 de la carretera Juliaca - Arequipa, dividida en 5 estaciones de evaluación.

3.4.3. Muestra

Con el fin de realizar la evaluación de las características geomecánicas de los suelos en el área de estudio, se llevaron a cabo investigaciones mediante la excavación de 3 calicatas o pozos exploratorios, con una profundidad de 1.00 m. Estas calicatas se ubicaron en zonas críticas donde se sospecha la presencia de inestabilidad.

El muestreo se dio en el tramo Km 233+300 a Km 233+400, considerado como el primer punto (M – 001), fue tomado al pie del talud. Posteriormente se ha muestreado el punto 2 (M – 002), ubicado en el tramo Km 233+200 a Km 233+300, en el cual fue tomado al pie del talud. El punto 3 (M- 003), ubicado en el tramo Km 233+400 a Km 233+540, fue tomado al pie del talud. El punto 4 (M- 004) se encuentra en la misma sección que el punto 1, pero fue tomado en la parte del talud. El muestreo del punto 5 (M- 005), ubicado dentro de la misma sección del punto 2, fue tomado en la parte superior del talud. Y el último punto de

muestreo (M- 006), ubicado dentro de la misma sección del punto 3, fue tomado en la parte superior del talud.

En la tabla 11 se presentan las coordenadas de todos los puntos de muestreo de los taludes de suelos. Además, para una mejor visualización, el anexo 1 incluye la ubicación de estos puntos en una imagen satelital.

Tabla 11.

Coordenadas UTM (WGS 84) de los puntos de muestreo de suelos.

Punto de muestreo	Zona de muestreo	Coordenadas norte	Coordenadas este
M - 001	Pie del talud	8264803	324776
M - 002	Pie del talud	8264800	324669
M - 003	Pie del talud	8264800	324946
M - 004	Cresta del talud	8264778	324665
M - 005	Cresta del talud	8264771	324457
M - 006	Cresta del talud	8264780	324918

3.5. MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Con el fin de lograr los objetivos establecidos en la investigación, se diseñó una estrategia que facilitará la obtención de la información requerida. Esta estrategia comprende diversas etapas y actividades que buscan satisfacer las interrogantes planteadas en la investigación, las cuales son:

3.5.1. Recopilación de información existente

Se comprende de recopilación, clasificación y revisión de toda la información bibliográfica disponible que esté relacionada estrechamente con la investigación. Además de esta información, se incorpora la adquisición de planos



topográficos, mapas geológicos, viales y políticos, así como imágenes satelitales o fotografías aéreas relevantes para el área de estudio de este trabajo de investigación, así, por ejemplo:

- Mapas geológicos y boletines del cuadrángulo de Lagunillas 32-u.

3.5.2. Realización de trabajos de campo

Incluye la realización de varias actividades que se llevaron a cabo en el terreno mismo, estas actividades comenzaron con el reconocimiento del área de estudio para establecer un plan de exploración e investigación de campo que nos permitiera identificar los tipos de suelos presentes en dicho terreno. Esta exploración se lleva a cabo a lo largo de todas las vías donde se realizarán trabajos posteriores.

Durante la actividad de reconocimiento en el campo, se logró identificar tanto los cortes naturales como los artificiales en el terreno, lo que también permitió detectar posibles áreas que podrían plantear problemas en cuanto a la estabilidad del terreno.

La ejecución de pozos exploratorios o calicatas forma parte de la fase de investigación y exploración en el terreno, y sus dimensiones se determinan específicamente según las características del suelo a excavar.

Se extrajeron muestras representativas en términos de cantidad y peso del estrato de suelo de las calicatas realizadas. La selección del tipo y la cantidad de muestra se basó en los ensayos que se llevaron a cabo en el laboratorio.

Al principio de las actividades de campo, se inició la elaboración de un mapa geológico con el propósito de recorrer, identificar y registrar las



características geomecánicas de los taludes expuestos, con el fin de comprender y determinar las condiciones geológicas en esa área. La creación de un mapa de pendientes y geomorfología es crucial para detectar las posibles zonas de riesgo e inestabilidad en los taludes expuestos. Finalmente, se completó con un mapa geotécnico que refleja la información recopilada y procesada con el objetivo de identificar las zonas inestables en el área de estudio.

3.5.3. Realización de trabajos en laboratorio

Las muestras que se tomaron a partir de la realización de calicatas, se enviaron y sometieron a diversos ensayos de mecánica de suelos en el laboratorio INGEOPLESCA E.I.R.L., así como:

- Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422, MTC E107
- Contenido de humedad ASTM D-2216, MTC E108
- Límite líquido ASTM D-43118. MTC E110
- Límite plástico ASTM D-4318, MTC E111
- Clasificación AASHTO M-145
- Clasificación SUCS ASTM D-2487
- Corte directo ASTM D3080

3.5.4. Realización de trabajos en gabinete

A partir de la información recolectada en el campo y los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio, se identificaron tres tipos diferentes de suelos revelados por las calicatas realizadas en el área de estudio: arcillas arenosas de baja plasticidad (CL), arenas arcillosas (SC), arcillas inorgánicas de alta plasticidad (CH) y gravas con limos (GW-GM). Después de clasificar los suelos



de acuerdo con los sistemas SUCS y AASHTO, se procesaron los resultados junto con los obtenidos del ensayo de corte directo en el programa Slide para calcular el factor de seguridad. Además, se realizó la clasificación geomecánica del RQD y RMR con el fin de determinar la calidad del macizo rocoso, y se evaluó la estabilidad en el software Dips para detectar posibles fallas. Finalmente, se elaboró un mapa geotécnico que registra los resultados obtenidos en toda la investigación.

Los resultados derivados de los trabajos previamente mencionados fueron analizados minuciosamente debido a su gran relevancia en la investigación del terreno. Esta información también nos brindó la oportunidad de anticipar posibles problemas geotécnicos que podrían surgir en el futuro.

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.6.1. Técnicas

Son normas y métodos con las cuales el investigador accede a guardar una relación el objeto o sujeto de la investigación.

Las técnicas utilizadas en el desarrollo de nuestra investigación se centran principalmente en la observación, el registro de datos y la realización de pruebas o ensayos de mecánica de suelos en el laboratorio.

3.6.2. Instrumentos

Con el fin de registrar de manera precisa toda la información necesaria para nuestro proyecto de investigación, incluyendo detalles sobre las propiedades y características del terreno evaluado, se diseñaron registros y formatos



específicos para recopilar datos en el campo y los resultados de los ensayos de mecánica de suelos en el laboratorio.

- Formato y registro de toma de discontinuidades.
- Formato y registro de caracterización del macizo rocoso por RQD.
- Formatos de clasificación geomecánica RMR.
- Formatos de ensayos de laboratorio entregados por INGEOPLESCA E.R.I.L.

3.7. HERRAMIENTAS, EQUIPOS Y MATERIALES

En el presente trabajo de investigación se utilizaron los siguientes materiales y equipos, tanto en campo y gabinete que se muestra a detalle en la siguiente tabla.

Tabla 12.

Equipos y materiales que se usó en el desarrollo del trabajo de investigación

Recursos	Descripción
Infraestructura	<ul style="list-style-type: none">• Laboratorio de suelos• Oficina de procesamiento de datos
Equipos	<ul style="list-style-type: none">• Brújula tipo Brunton• GPS Garmin modelo Etrex 10• Equipos de laboratorio de suelos, como tamices, balanzas, copa de Casa Grande, horno de secado.• Laptop• Impresora
Materiales	<ul style="list-style-type: none">• Picota geológica• Lupa iwamoto• Equipos de protección personal (EPP)• Cinta métrica de 30 m• Cinta de embalaje• Etiqueta de muestreo• Marcador de tinta indeleble, tablero y libreta de campo• Plano de ubicación e imagen satelital de la zona de estudio con las estaciones de muestreo.



3.9. SOFTWARES UTILIZADOS

Los programas que se utilizó para el presente trabajo de investigación en el procesamiento de información se contaron con diferentes programas como:

- **ArcGIS Desktop:** Es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir informaciones geográficas. Se utiliza para administras los proyectos y flujos de trabajo de SIG, así como para crear datos, para la elaboración de mapas, modelos y aplicaciones.
- **SAS Planet:** Es un programa gratuito (freeware con licencia GNU) diseñado para ver y descargar imágenes de satélite de alta resolución y mapas convencionales de servidores como: Google Earth, Google Maps, Nokia, Here, Yahoo, Yandex, OpenStreetMap, ESRI, Navteq, etc.
- **Global Mapper:** Es una aplicación de mapeo y Sistema de Información Geográfica (SIG) diseñada por Blue Marble Geographics. Ofrece una variedad de herramientas destinadas a la visualización, análisis y procesamiento de datos geoespaciales, lo que lo convierte en una herramienta valiosa para una amplia gama de aplicaciones, como cartografía, geología, agricultura, gestión de recursos naturales, topografía, entre otras.
- **Google Earth:** Es un programa informático desarrollado por Google que permite a los usuarios explorar virtualmente el mundo a través de imágenes satelitales, fotografías aéreas y modelos tridimensionales.
- **Dips:** Es un programa informático utilizado en geomecánica para el análisis de estabilidad de taludes y estructuras rocosas. Este software se basa en el método de elementos distintos (DEM, por sus siglas en inglés) para modelar y analizar la interacción entre bloques individuales en un macizo rocoso.



- **Slide:** Es un software de análisis de estabilidad de taludes desarrollado por Rocscience. Se utiliza en geotecnia y geomecánica para evaluar la estabilidad de taludes en diferentes condiciones y bajo diversas cargas. Slide se enfoca específicamente en el análisis de deslizamientos de suelos y rocas en taludes y estructuras geotécnicas.

CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1.1. Ubicación política

La presente investigación del estudio evaluación de taludes en el sector de cerrillos en la carretera Juliaca – Arequipa está ubicado dentro del departamento de Puno, se sitúa en la carretera antes mencionada en la provincia de Lampa, perteneciendo al distrito de Santa Lucia. (ver anexo 1.1.)

Tabla 13.

Ubicación política del área de estudio.

Región	Provincia	Distrito
Puno	Lampa	Santa Lucia

4.1.2. Ubicación geográfica

Tabla 14.

Ubicación geográfica del área de estudio.

Detalles	Datos
Coordenadas centrales del área de estudio	N: 8264807
	E: 324791
Altitud promedio	4085 m.
Zona geográfica	19L
Datum	WGS 84

4.2. ACCESIBILIDAD AL ÁREA DE ESTUDIO

Para llegar al distrito de Santa Lucía en donde se ubica nuestra área de estudio, se puede realizar el siguiente recorrido.

Tabla 15.

Ubicación geográfica del área de estudio.

Tramo	Transporte	Distancia (km)	Tiempo promedio	Condición vial
Lima - Juliaca	Aéreo	841.56	1h y 30 min.	-----
Lima - Juliaca	Terrestre	1 266	20 h y 32 min.	Asfaltada
Juliaca – Santa Lucía	Terrestre	63	1 h	Asfaltada
Santa Lucía – Cerrillos	Terrestre	4.9	10 min	Asfaltada

4.3. ASPECTOS CLIMÁTICOS

En Santa Lucía, los veranos son cortos, frescos y nublados; los inviernos son cortos, muy frío y mayormente despejados y está seco durante todo el año.

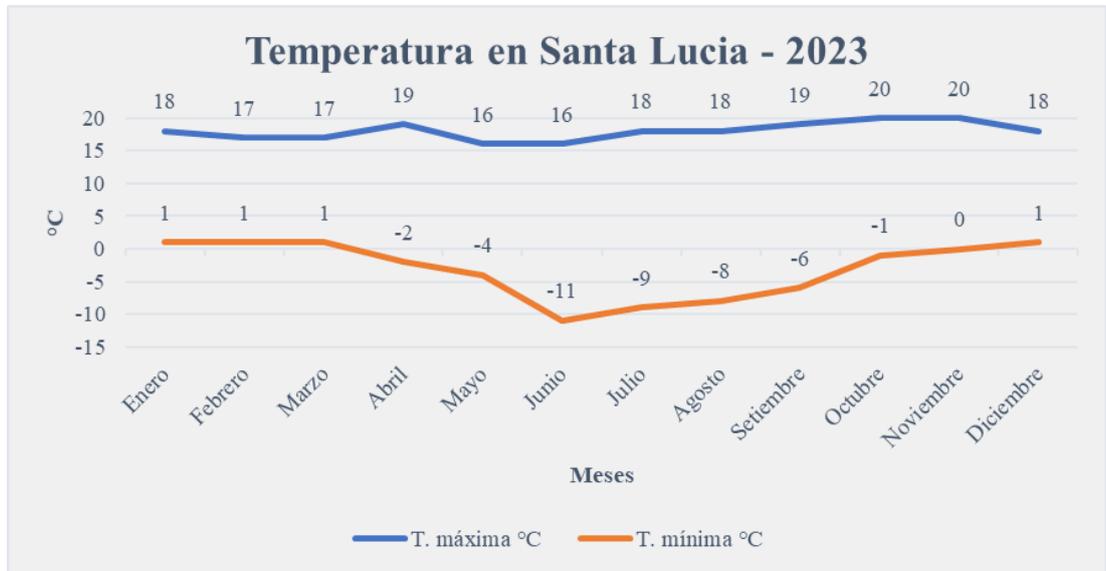
4.3.1. Temperatura

Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ y rara vez baja a menos de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ o sube a más de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

En la figura 29, se presenta la temperatura máxima y mínima registrada durante los meses del año 2023, donde se observa claramente que los meses de noviembre a marzo tienen temperaturas cálidas, mientras que de abril a octubre se experimentan temperaturas más bajas.

Figura 22.

Temperatura en Santa Lucia - año 2023



Fuente: SENAMHI, (2023)

4.3.2. Precipitación

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Santa Lucía varía considerablemente durante el año.

La figura 30 se muestra el cambio de la precipitación durante los meses del año 2023. Se observa que los meses de octubre a marzo presentan precipitaciones, siendo febrero el mes con la mayor cantidad. En contraste, de abril a septiembre no se registra precipitación alguna

Figura 23.

Precipitación en Santa Lucia - año 2023



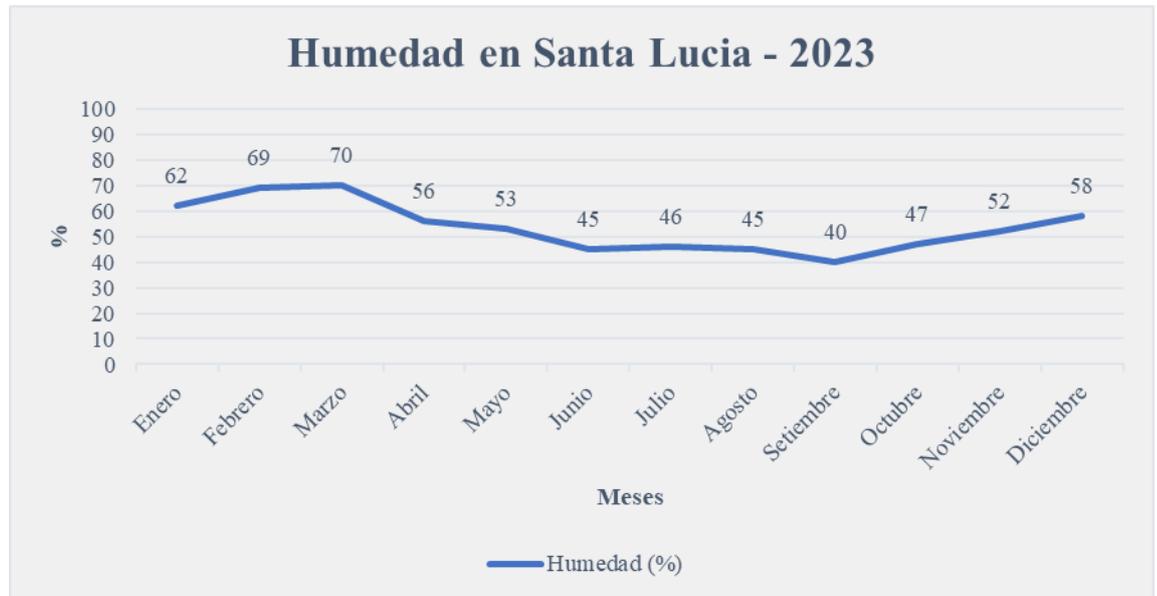
Fuente: SENAMHI, (2023)

4.3.3. Humedad

La humedad promedio varía significativamente a lo largo del año. En la figura 31, se observa que los meses con mayor humedad suelen ser los de la temporada de lluvias, de noviembre a marzo, cuando las condiciones climáticas son más húmedas. En cambio, los meses de abril a octubre presentan una humedad relativa más baja debido a la disminución de precipitaciones.

Figura 24.

Humedad en Santa Lucia - año 2023



Fuente: SENAMHI, (2023)

4.4. ASPECTOS GEOLOGICOS

4.4.1. Geología regional

La secuencia estratigráfica en el área de Lagunillas comienza con rocas del Paleozoico, Silúrico-Devónico hasta depósitos del Cuaternario reciente los cuales en su mayor parte se encuentran en los bordes de los ríos formando pequeñas terrazas fluvioaluviales. Según el estudio realizado por INGEMMET (2003).

4.4.1.1. Mesozoico

a) Grupo Lagunillas

Litológicamente está compuesta en la parte inferior por calizas grises intercaladas con calcarenitas amarillentas en la parte central por lutitas negras, y hacia el techo se encuentran areniscas cuarzosas y



cuarcitas. Afloran en el cerro Compuerta, Antacahua, lagunas Calzada Lagunillas y Saracocha.

b) Formación Saracocha

Litológicamente es una secuencia grano decreciente, compuesta por conglomerados con clastos subredondeados mayormente de cuarcita (más abundante hacia la base), volcánicos, intrusivos y calizas (más abundante hacia el tope), envueltos en una matriz limoarenosa roja. Aflora en las lagunas Saracocha y Lagunillas y hacienda Añavili.

c) Formación Ayabacas

Litológicamente está compuesta por calizas caóticas envueltas en una matriz limosa roja. En el sector de Limón Verde se puede observar calizas estratificadas plegadas en forma caótica, otro sector donde se puede apreciar los afloramientos es la comunidad de Andamarca y Cayachira

4.4.1.2. Cenozoico

a) Grupo Tacaza

Este grupo está conformado principalmente por rocas volcánicas y volcano-sedimentarias, la relación general de la sucesión de dichas rocas que afloran al noreste del lineamiento Lagunillas es de la siguiente manera:

Sucesión inferior-Volcano-sedimentario 90-350m

Sus afloramientos se encuentran hacia el noroeste de Santa Lucía, en la quebrada Carpasencca, estas secuencias están constituidas



principalmente, por material volcano-sedimentario conformados por niveles de areniscas gris verdosas con leves estructuras internas como estratificación sesgada con abundante contenido de plagioclasas y algo de micas.

Sucesión intermedia-Lavas y brechas 250-450 m

A lo largo del nuevo trazo de la carretera Juliaca Arequipa, entre Santa Lucía y Campamento de Cosapi, afloran niveles de lavas afáníticas gris oscuras intercaladas con flujos de brechas y/o flujos de debris monomícticos y polimícticos.

Sucesión superior-Lavas porfiríticas 30-40 m

Principalmente conformado por lavas andesíticas y algunas dacíticas, estas rocas por lo general son de textura porfirítica con abundante feno de plagioclasas de hasta 2 cm de diámetro, algunas veces presenta cristales de micas, hornblenda y en menor proporción cuarzo con una matriz microcristalina vítrea.

b) Grupo Sillapaca

En el cuadrángulo de lagunillas el complejo volcánico Sillapaca consiste de flujos lávicos de composición andesítica y dacítica; la morfología de la estructura muestra varios niveles de flujos lávicos, algunos de ellos están parcialmente erosionados. En la localidad de Pinaya, el Grupo Sillapaca aflora formando una estructura circular muy similar a la de un cono piroclástico. La textura de la roca es algo tobácea félsica con cuarzo, micas y plagioclasas.



c) Depósitos aluviales

Bajo este nombre se han agrupado a los sedimentos aluviales y fluviales que están dispersos en todos los valles y planicies cubriendo a las formaciones antiguas, litológicamente están constituidos por gravas con clastos de igual composición a las formaciones a las que son erosionadas por los ríos o aluviones, huaycos, etc.

4.4.2. Geología estructural

Las estructuras de tipo plegamiento y fallas que son próximas al área de estudio son producto de la intensa deformación suscitada durante la orogénesis andina, acompañado de uno o varios pulsos de dicho ciclo orogénico. A escala regional se logra determinar que el área de estudio se encuentra influenciado por el lineamiento Ocuwiri y que se encuentra dentro del dominio correspondiente al Altiplano.

En el cuadrángulo de Lagunillas (32-u) se han diferenciado tres dominios estructurales. El Dominio Suroeste caracterizado por presentar pliegues y estructuras volcánicas neógenas. El Dominio Central caracterizado por presentar fallas de dirección noroeste a sureste, y el Dominio Noreste caracterizado por presentar lineamientos de dirección noroeste a sureste.

4.4.3. Geomorfología

Las geoformas en el área de estudio son el resultado de fuerzas tanto internas como externas que actuaron sobre ella, incluyendo movimientos tectónicos y procesos de meteorización, erosión y deposición. Es importante



destacar que todas las rocas expuestas en la superficie son afectadas por fuerzas externas que contribuyen a darles la forma que observamos en la actualidad.

La formación y evolución de las unidades geomorfológicas en el área de estudio son principalmente el resultado de dos procesos principales. Por un lado, están los procesos de pérdida, que principalmente implican la meteorización y erosión de las rocas expuestas y los materiales sueltos. Por otro lado, están los procesos de suministro, que incluyen el transporte, la deposición y la acumulación de diversos tipos de materiales. La configuración actual del relieve se debe principalmente a la interacción de procesos tectónicos y fluviales, que juntos han dado forma a las distintas unidades geomorfológicas presentes.

4.4.3.1. Unidades Geomorfológicas

a) Colinas

Estas elevaciones tienen una forma redondeada que ha sido producto del proceso de erosión. Con pendientes que comúnmente están formadas por una serie de colinas, esta colina en particular está compuesta por lomas de rocas volcánicas. Se observan acumulaciones de suelo en los desniveles, los cuales albergan la mayor parte de la vegetación en el área. Se pueden encontrar depósitos de material rocoso meteorizado, erosionado y transportado a elevaciones más bajas en los alrededores de la zona de estudio.

b) Ladera

Se trata de una superficie inclinada que se encuentra al pie y a los costados de elevaciones como colinas, y generalmente está compuesta por



material coluvial. Este material suelto es depositado allí por la acción de la gravedad, aguas de escorrentía superficial o eventos excepcionales que arrastran sedimentos erosionados de los flancos de las colinas. Además, puede estar formado por caídas de rocas volcánicas.

c) Terraza Aluvial

Este tipo de terraza se ubica en la parte bajas de las colinas en la zona de trabajo, presentando una forma de banqueta hacia los lados de las laderas. Esta área experimenta una variación en el flujo de agua debido a que se encuentra en la cuenca de un río de tercer orden. Durante las temporadas de lluvias, estos ríos aumentan su caudal, lo que conduce a la formación de las terrazas. Por otro lado, en periodos de estiaje o sequía, la escorrentía de agua disminuye significativamente.

4.4.4. Geología Local

En el área de estudio, la geología local, en el distrito de Santa Lucía en el sector de Cerrillos con una altitud de altitud 4050 m s. n. m. los afloramientos se presentan en los taludes en el corte de carretera de Juliaca – Arequipa, son principalmente rocas volcánicas. (Ver anexo 1. Plano 2)

4.4.4.1. Cenozoico

a) Grupo Tacaza

Está conformado principalmente por rocas andesíticas volcánicas y volcano-sedimentarias. En la zona de estudio, está compuesta por flujos andesíticos, areniscas y limolitas gris violáceas. Sus afloramientos se encuentran hacia el noroeste de Santa Lucía, en la quebrada Carpasencca,



estas secuencias están constituidas principalmente, por material volcano-sedimentario conformados por niveles de areniscas gris verdosas con leves estructuras internas como estratificación sesgada con abundante contenido de plagioclasas y algo de micas.

b) Depósitos aluviales

Se componen principalmente de gravas y cantos rodados de varios tipos de roca en una matriz de suelo arenoso y limoso. Se encuentran en terrazas en canales antiguos y nuevos. Se encuentran en las laderas de valles y quebradas. Bajo este nombre se han agrupado a los sedimentos aluviales y fluviales que están dispersos en todos los valles y planicies cubriendo a las formaciones antiguas.

c) Intrusión Menor

Limón Verde (P – and)

Directamente con referencia desde la hacienda Cerrillos hacia exactamente en el corte de la carretera, justo donde se encuentra los taludes expuestos, se observó la roca andesítica de textura afanítica, de color gris con tonalidades negras, está constituido por cuarzo (4%); feldespato potásico (15%) y plagioclasas (57%). Se pueden ver los afloramientos a lo largo del tramo, de formas irregulares.

La intrusión más cerca al distrito de Santa Lucía se encuentra la de Limón Verde, está compuesta por un cuerpo diorítico y andesítico de forma irregular que aflora al NO de Santa Lucía. Está constituido por plagioclasa, cuarzo en menor proporción, ortosa y algunas hornblendas.





CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. COMPORTAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO

En la zona de estudio del sector de Cerrillos y en sus alrededores, se encuentran principalmente rocas volcánicas pertenecientes al Grupo Tacaza. Estas rocas están compuestas principalmente por andesíticas que contienen plagioclasas, con una menor presencia de cuarzo. Tienen una coloración gris con tonalidades oscuras y presentan una textura afanítica.

Los cortes de los taludes a lo largo de la progresión revelan una roca andesítica que está influenciada por conjuntos de diaclasas que muestran orientaciones predominantes hacia el sur y suroeste. Estas características se registran en términos de dirección y ángulo de inclinación. En el perfil de pendiente de esta formación rocosa, se observan ángulos de inclinación que varían entre 50° y 75° . Las fracturas en la andesita están rellenas parcialmente de material suave, y en algunas áreas, se presentan venillas de calcita.

Las discontinuidades se registraron durante el mapeo por estaciones geomecánicas en los tramos divididos, en la cual se analizó 2 taludes de macizo rocoso. Que se encuentran en la progresiva Km. 233+000 a Km. 233+200 y Km 233+500 a Km. 234+000.

Tabla 16.

Coordenadas geográficas de los taludes de macizo rocoso.

Estación	Tipo de Talud	Ángulo del Talud	Coordenadas Este	Coordenadas Norte
----------	---------------	------------------	------------------	-------------------



Talud 1	Rocoso	70	325000	8264803
Talud 5	Rocoso	60	324522	8264812

5.1.1. Litología

- **Roca:** Andesita
- **Color:** Gris oscuro con tonalidades verdosas.
- **Textura y tamaño del grano:** Afanítica
- **Grado de alteración:** Ligeramente alterada a alterada.

El talud ha sido alterado por la meteorización y la erosión de precipitaciones pluviales.

5.1.2. Geomorfología

La morfología está conformada por una colina media, la presencia de escarpas lo que ocasiona la caída de rocas y los deslizamientos. Tiene una pendiente esta entre 60° a 70°.

5.1.3. Caracterización Estructural

Las discontinuidades se registraron durante el mapeo por estaciones geomecánicas registrándose las diaclasas, se considera la orientación (dirección de buzamiento y buzamiento) para efectuar el análisis geo-estructural.

Se realizó, toma de datos estructurales, el mapeo geomecánico por el método de lineal en estructuras mayores y menores. Estos datos almacenados en un formato de toma de datos estructurales y la caracterización del macizo rocoso en el programa de MS. Excel, para luego ser insertadas en programa Dips.

5.1.4. Análisis de estabilidad en rocas

5.1.4.1. Caracterización del macizo rocoso

Para la caracterización se utilizó el formato que se muestra en el anexo 2.3, para este mapeo se realizó cada 3 metros lineales, considerando los siguientes datos: Buzamiento y dirección de buzamiento, resistencia, persistencia, abertura, rugosidad, relleno, alteración, agua, n° de fractura por metro lineal, espaciamiento.

Tabla 17.

Resumen de la caracterización del macizo rocoso del talud 1.

N° de familias	Resist.	Alter.	Abert.	Rugos.	Rell.	Agua
3 familias de discontinuidades	Entre 50 – 80 MPa	Moderada	Moderada (0.1-1mm)	Ligeramente rugosa	Relleno. Blando < 5mm	Húmedo

Tabla 18.

Resumen de la caracterización del macizo rocoso del talud 5

N° de familias	Resist.	Alter.	Abert.	Rugos.	Rell.	Agua
3 familias de discontinuidades	Entre 50 – 80 MPa	Moderada	Moderada (0.1-1mm)	Ligeramente rugosa	Relleno Blando < 5mm	Húmedo

Para el cálculo del RQD se usa la ecuación 6 en el capítulo II, que es la siguiente:

$$RQD = 115 - 3.3 J_v \quad \text{para } J_v > 4.5$$

Para calcular el J_v , es necesario el valor del N° de fracturas por metro lineal, que se encuentra en el anexo 2. Para ilustrar el cálculo,



tomaremos los datos del talud 1, tramo I y utilizaremos las ecuaciones 4 y 5.

$$Jv = \frac{\sum n \cdot \text{de discontinuidades}}{\text{longitud de la medida}} \dots\dots\dots \text{ecuación (4)}$$

Por ejemplo, en este tramo se tiene tres familias de discontinuidades se realiza una sumaria de las tres familias, como se muestra en la ecuación 5.

$$Jv = (n.^{\circ} J_1 / L_1) + (n.^{\circ} J_2 / L_2) + (n.^{\circ} J_3 / L_3) \dots\dots\dots \text{ecuación (5)}$$

En esta ecuación se deben sustituir los valores de la tabla 19. Esta fórmula se utilizó para todos los tramos, y para simplificar el manejo de los datos, se aplicó en Ms. Excel. Todos los datos se muestran en el anexo 2.3. A continuación, se presenta el procedimiento de la ecuación 5, que es el siguiente.

$$\begin{aligned} Jv &= (7/1.00) + (7/1.10) + (6/1.20) \\ Jv &= 7.00 + 6.36 + 5.00 \\ Jv &= 18.38 \\ Jv &= 18 \end{aligned}$$

Tabla 19.

Datos para el cálculo del Jv del talud 1, tramo I

Tramo	Nº de discontinuidad	Distancia	Nº de fracturas/metro lineal
I	1	0+3	7/1.00
	2	0+3	7/1.10
	3	0+3	6/1.20

Con el valor de Jv obtenido a partir de la ecuación anterior, ahora se procede a aplicarlo en la siguiente ecuación mencionada previamente:



$$RQD = 115 - 3.3Jv$$
$$RQD = 115 - 3.3(18)$$
$$RQD = 54$$

Con este base de cálculo se hizo para todos los tramos, tanto para el talud 1 y 5, esto calculado con la ayuda de Ms. Excel, y los resultados se muestra en el anexo 2.3. Ahora en la tabla 20 se muestra el resultado final del RQD, con una comparación del talud 1 y 5.

Tabla 20.

Resultado final del cálculo del RQD de los taludes 1 y 5.

Estación	Tipo de Talud	RQD promedio	Calidad
Talud 1	Roca	59	Media
Talud 5	Roca	56	Media

Según los resultados del cálculo de RQD, los valores obtenidos son 59 y 56. Esto sugiere, de acuerdo con la clasificación correspondiente, que la calidad de la roca es media, lo que indica que el macizo rocoso está fracturado a moderadamente fracturado.

5.1.4.2. Clasificación RMR

La clasificación RMR se evaluaron, las discontinuidades como (longitud, apertura, rugosidad, relleno, meteorización, persistencia de agua, resistencia de la roca), que se obtuvo durante la caracterización del macizo, fue ingresada a las fichas técnicas de clasificaciones geomecánicas. Ver anexo 2.4.

Para calcular la clasificación RMR, se utilizó la tabla 4 del capítulo II para asignar los puntajes de acuerdo con los parámetros requeridos por esta clasificación. Estos puntajes se aplicarán en la ecuación 8.

$$RMR=Rc+Rs+Rq+Rd+Rw$$

Rc: Valor asignado a la resistencia a la compresión uniaxial de la roca.

Rs: Valor asignado al RQD.

Rq: Valor asignado al espaciamiento de las discontinuidades.

Rd: Valor asignado a la condición de las discontinuidades

Rw: Valor asignado a la presencia de agua en la masa rocosa.

Para explicar el cálculo, extraeremos una sección del formato de caracterización del macizo correspondiente al talud 1(anexo 2.3). En la tabla 21 se encuentran los parámetros necesarios para el cálculo de RMR.

Tabla 21.

Datos de los parámetros usados para el cálculo del RMR

Tramo	Distancia	Resis. (Mpa)	RQD	Espac (m).	Long. (m)	Abert. (mm)	Rugos.	Rell.	Alt.	Agua
	Intersección de la discontinuidad	Compresión uniaxial			Longitud de la traza	4. Amplio 1-5mm	4. Rugosa	4. Rell. Blando < 5mm	3. Moderada	3. Húmedo
	0+3	80	54	0.14	10	4	4	4	3	3
I	0+3	80	54	0.16	10	4	4	4	3	3
	0+3	80	54	0.20	10	4	4	4	3	3

Para la asignación, utilizamos la tabla 4 mencionada anteriormente,
donde asignamos los valores y los sustituimos en la ecuación previamente
indicada.

Parámetros de clasificación							
Resistencia de la matriz rocosa (MPa)							
1	Ensayo de carga puntual	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple (MPa)	
	Compresión simple	> 250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1 <1
	Puntuación	15	12	7	4	2	1 0
2	RQD %	90 %-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	< 25%	
	Puntuación	20	17	13	6	3	
3	Separación de diaclasas	> 2m	0.6-2 m	0.2-0.6 m	0.06-0.2 m	< 0.06 m	
	Puntuación	20	15	10	8	5	
Estado de discontinuidades							
4	Longitud	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m	
	Puntuación	6	4	2	1	0	
	Abertura	Nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5 mm	
	Puntuación	6	5	3	1	0	
	Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Liger. rugosa	Ondulada	Suave	
	Puntuación	6	5	3	1	0	
	Relleno	Ninguno	< 5 mm (duro)	> 5 mm (duro)	< 5 mm (blando)	> 5 mm (blando)	
	Puntuación	6	4	2	2	0	
	Alteración	Inalterada	Liger. alterada	Moder. alterada	Muy alterada	Descompuesta	
	Puntuación	6	5	3	1	0	
Agua Freática							
5	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	< 10 litros/min	10-25 litros/min	25-125 litros/min	> 125 litros/min	



Presión de agua/ Tensión principal	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	> 0.5
Estado general	Seco	Liger. húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo
Puntuación	15	10	7	4	0

$$RMR=Rc+Rs+Rq+Rd+Rw$$

$$RMR = 7+13+8+(2+3+5+2+3) +7$$

$$RMR = 50$$

Con este base de cálculo se hizo para todos los tramos, tanto para el talud 1 y 5, esto calculado nuevamente con la ayuda de Ms. Excel, y los resultados se muestra en el anexo 2.4. Ahora en la tabla 22 se muestra el resultado final del RMR, con una comparación del talud 1 y 5.

Tabla 22.

Resumen del resultado de la clasificación geomecánica RMR.

Estación	Tipo de Talud	RMR promedio	Tipo
Talud 1	Roca	50	Media/Regular
Talud 5	Roca	52	Media/Regular

Según los resultados obtenidos en la clasificación, se detectan valores de RMR de 50 y 52. Estos valores sugieren que, según esta clasificación, la calidad de la roca se sitúa en un nivel medio o regular.

Tabla 23.

Clase de estabilidad de RMR

CLASE	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy mala



Puntuación	100-81	80-61	60-41	40-21	<20
Cohesión	>4 Kp/cm ²	3-4 Kp/cm ²	2-3 Kp/cm ²	1-2 Kp/cm ²	<1 Kp/cm ²
Ángulo de fricción	>45°	35°-45°	25°-35°	15°-25°	<15°

Los resultados obtenidos de RMR varían entre 50 y 52, clasificándose como roca de clase III. Esto por causa la fracturación y alteración ocurrida en la roca a lo largo de la progresiva, lo que sugiere una estabilidad parcial.

5.1.4.3. Clasificación 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 con la siguiente ecuación:

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

Tabla 24.

Resumen de resultado de la clasificación geomecánica GSI

Estación	Tipo de Talud	GSI promedio	Tipo
Talud 1	Roca	45	Media/Regular
Talud 5	Roca	47	Media/Regular

5.1.4.4. Análisis cinemático

Para llevar a cabo el análisis cinemático, se empleó el software Dips, el cual requiere los datos de buzamiento y dirección de buzamiento. Estos datos, obtenidos del anexo 2, fueron recopilados inicialmente en Microsoft Excel y luego transferidos al software Dips.

En este programa, se generaron el diagrama de polos (figura 26), el diagrama de frecuencia (figura 27) y el diagrama de planos (figura 28). Posteriormente, se llevó a cabo el análisis cinemático.

a) Estación 1 (Talud 1)

Figura 25.

Macizo rocoso con pequeños bloques en la cuneta de la vía.



La figura 29 muestra la presencia de bloques de tamaño reducido, menores a 0.10 m, los cuales interrumpen el flujo de agua en la cuneta diseñada para la evacuación de aguas superficiales, esta se encuentra en la progresiva Km. 233+540 La causa principal de esta obstrucción se atribuye a la fracturación y erosión del material, agravada por la inclinación del talud, lo que propicia una erosión más rápida.

Figura 26.

Diagrama de Polos del talud 1.

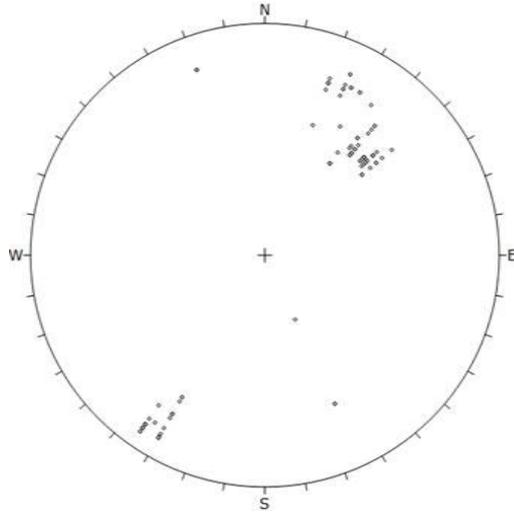


Figura 27.

Diagrama de frecuencia del talud 1.

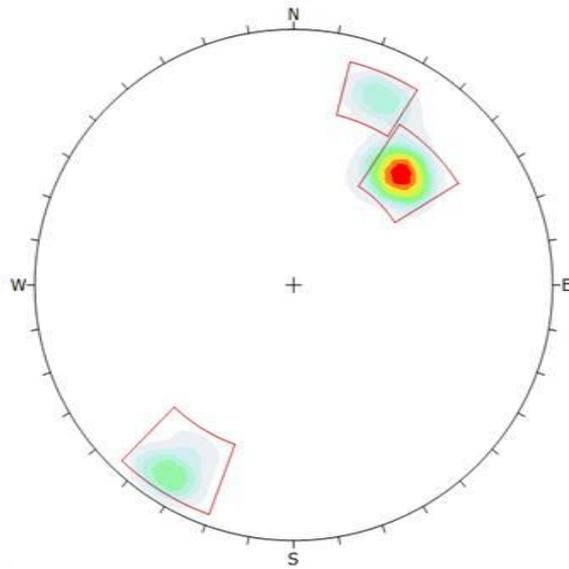


Figura 28.

Diagrama de planos del talud 1.

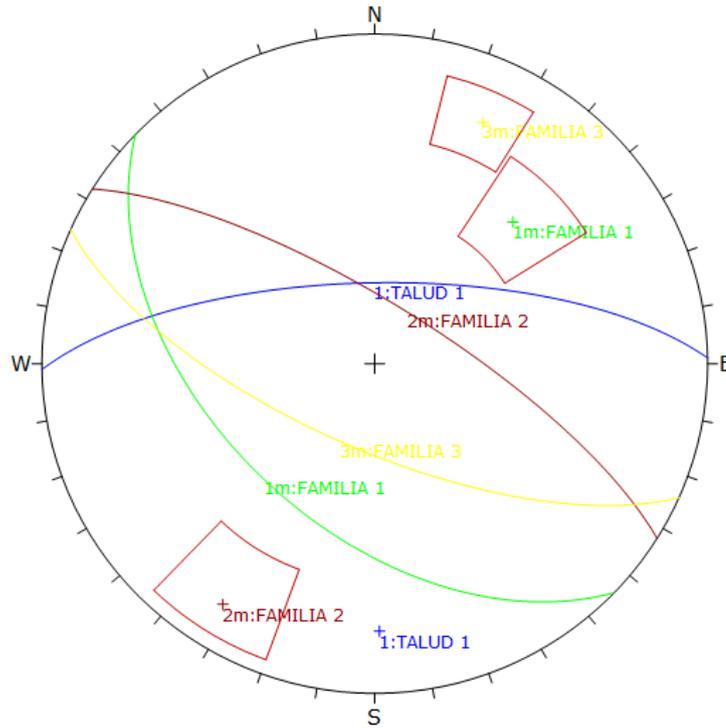


Tabla 25.

Datos para el análisis del talud 1

Datos para el análisis		
	Buzamiento	Dirección de buzamiento
Talud	70	359
Familia de discontinuidad 1	50	224
Familia de discontinuidad 2	75	32
Familia de discontinuidad 3	69	204

Estos datos fueron procesados utilizando el programa Dips, en el cual se introdujeron un total de 100 registros de dirección de buzamiento y ángulo de buzamiento para su análisis. Ver anexo 2.1.

Se calculó el ángulo de fricción mediante una operación de regla de tres simple, utilizando el valor obtenido en la clasificación RMR y la información proporcionada en la tabla 22 correspondiente a esta clasificación.

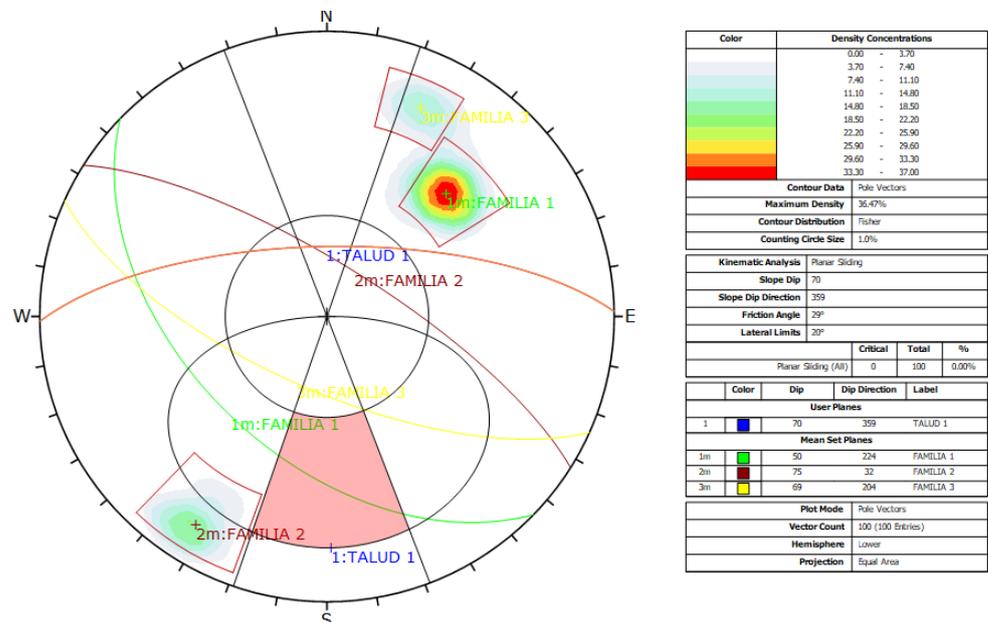
$$\text{RMR} = 60 \quad \text{ángulo de fricción: } 35^\circ$$

$$\text{RMR talud 1} = 50 \quad \text{ángulo de fricción del talud: } X$$

$$\text{Ángulo de fricción del talud} = \frac{50 * 35}{60} = 29.16$$

Figura 29.

Estereograma de las familias de juntas, en análisis por falla planar

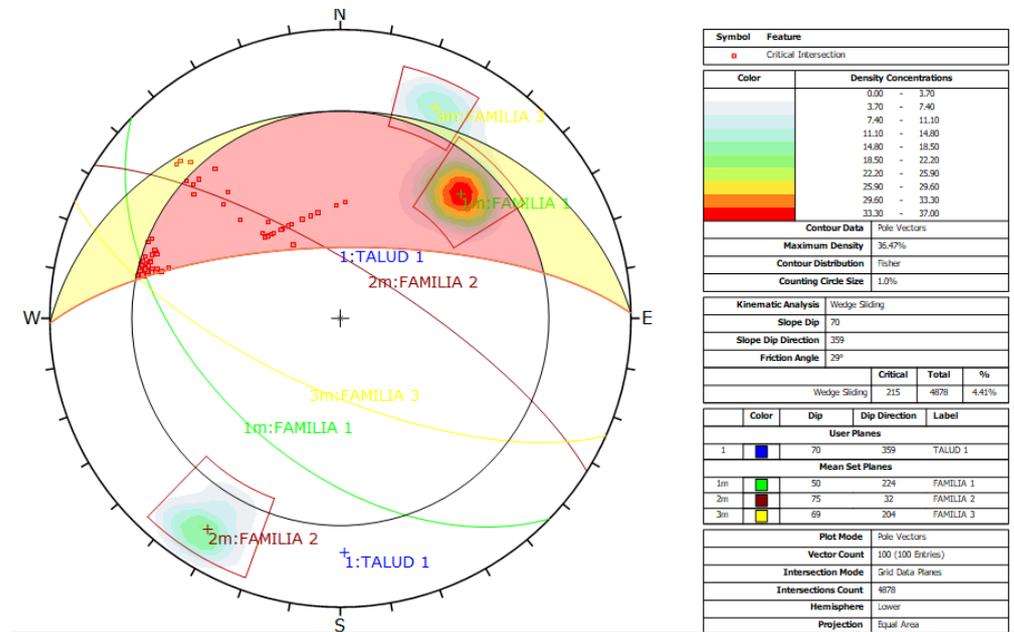


De acuerdo a los datos mostrados en la figura, la probabilidad de que ocurra una falla planar es de 0.00%. La familia 2 (polo rojo) es la más cercana a la posibilidad de una falla, ya que su polo principal está cerca del área crítica. Por otro lado, las familias 1 y 3 (polo verde y polo

amarillo) tienen sus polos fuera de esta área, lo que sugiere que no se esperaría una falla planar en ellas.

Figura 30.

Estereograma de las familias de juntas, en análisis de falla por cuña



En el estudio de posibles fallas por cuñas, se identifica una probabilidad del 4.41% de ocurrencia. Esto se debe a la interacción entre los planos de las familias 1 y 2 (plano verde y rojo), así como entre los planos de la familia 1 y 3 (plano verde y amarillo). Esta interacción podría resultar en la caída de pequeños bloques rocosos, porque el macizo rocoso esta está fracturado y alterado, lo que gradualmente podría llevar a una desestabilización del mismo.

Estación 5 (talud 5)

Figura 31.

Macizo rocoso de la estación 5 (talud 5).



En la figura 31 exhibe la fracturación de la roca, pero evidenciando una menor alteración en comparación con el talud anterior, el cual se da con el valor más alto de RQD y RMR con el anterior talud, esta se encuentra en la progresiva Km. 233+050.

Tabla 26.

Datos para el análisis del talud de la estación 5

Datos para el análisis		
	Buzamiento	Dirección de buzamiento
Talud	60	30
Familia de discontinuidad 1	80	354
Familia de discontinuidad 2	70	163
Familia de discontinuidad 3	74	85

Estos datos fueron procesados utilizando el programa Dips, en el cual se introdujeron un total de 100 registros de dirección de buzamiento y buzamiento para su análisis. Ver anexo 2.2.

Se calculó el ángulo de fricción mediante una operación de regla de tres simple, utilizando el valor obtenido en la clasificación RMR y la información proporcionada en la tabla 22 correspondiente a esta clasificación.

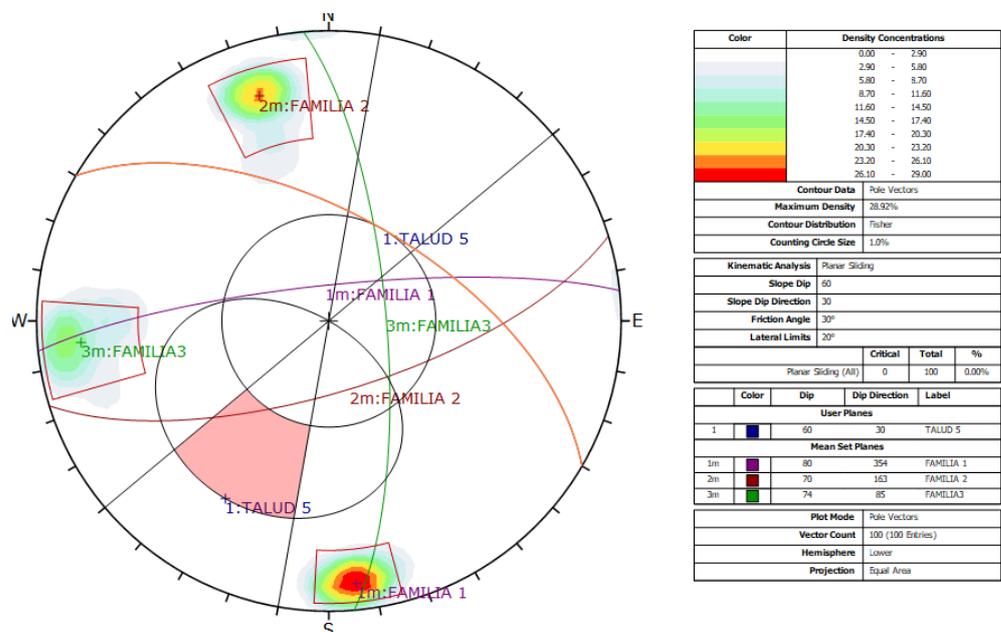
$$\text{RMR} = 60 \quad \text{ángulo de fricción: } 35^\circ$$

$$\text{RMR talud 2} = 52 \quad \text{ángulo de fricción del talud: } X$$

$$\text{Ángulo de fricción del talud} = \frac{52 * 35}{60} = 30.33$$

Figura 32.

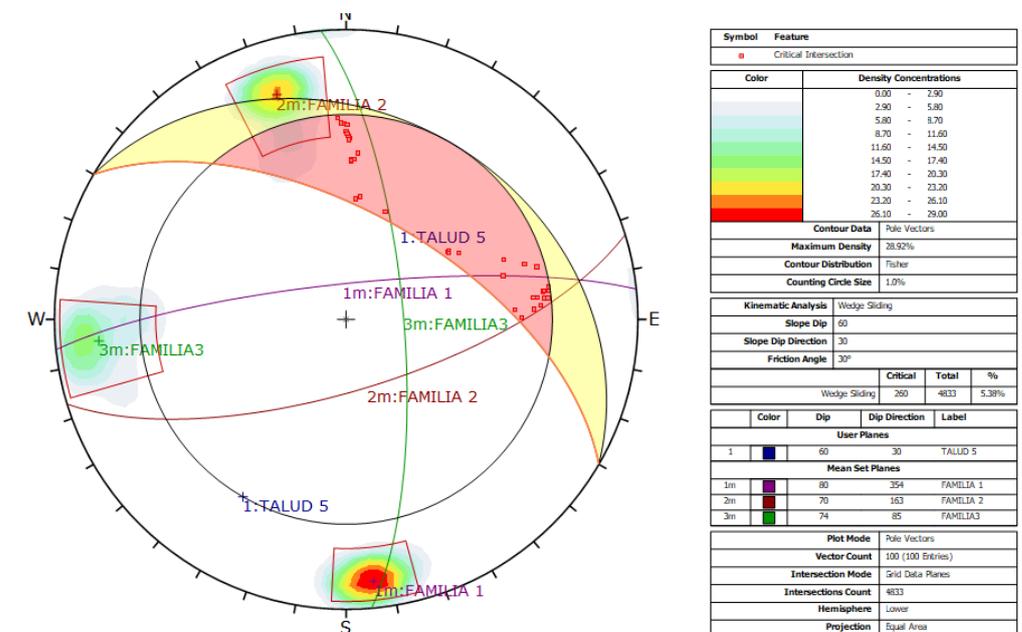
Estereograma de las familias de juntas, en análisis por falla planar.



Basándonos en los datos representados en la figura, la probabilidad de que se produzca una falla planar es del 0.00%. Esto se debe a que ninguna de las familias 1, 2 y 3 (representadas por los polos morados, rojos y verdes) interactúa con el área crítica. Por lo tanto, no se anticipa una falla planar en este talud, ya que para este análisis es crucial observar los polos de los planos.

Figura 33.

Estereograma de las familias de juntas, en análisis de falla por cuña



En el análisis de posibles fallas por cuñas, se detecta una probabilidad del 5.38% de que ocurran. Este riesgo se origina por la interacción entre los planos de las familias 1 y 2 (plano morado y rojo). Esta interacción podría dar lugar a la caída de bloques rocosos de menor tamaño debido a las fracturas presentes en el macizo rocoso.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según el análisis cinemático mostrado en el diagrama, se tiene la siguiente interpretación:

- No existe rotura Planar, porque las direcciones de buzamiento de los polos 1, 2 y 3, no caen en la zona crítica.
- Existe una probabilidad que existe una falla por cuña, pero la probabilidad es menor del 5%, porque las intersecciones de los planos 1 y 2 están cerca de la zona crítica.

Por lo tanto: **EL TALUD 1 y 5 ES PARCIALMENTE ESTABLE.**

5.2. COMPORTAMIENTO GEOMECANICO DE SUELOS

5.2.1. Litología

Las calicatas se realizaron en una formación geológica compuesta predominantemente por andesitas. El objetivo de estas investigaciones es caracterizar los distintos estratos del suelo y roca hasta una profundidad de 1 metro.

Tabla 27.

Coordenadas geográficas de los taludes de suelos.

Estación	Tipo de Talud	Ángulo del Talud	Coordenadas Este	Coordenadas Norte
Talud 2	Suelo	53°	324946	8264800
Talud 3	Suelo	53°	324776	8264803
Talud 4	Suelo	60°	324669	8264800

En los primeros 0.60 m de profundidad, se observó un suelo principalmente compuesto de arcilla, mezclado con arena y limo. Este suelo varía



en color desde tonos marrones oscuros hasta rojizos. La arcilla tiene una textura fina y cohesiva. Entre 0.60 y 1.00 m de profundidad, se hallaron gravas bien graduadas mezcladas con arena y limo, compuestas de roca andesítica y con presencia de óxidos, indicativos de la alteración de la roca.

A partir de 1.00 m de profundidad, se encontró roca andesítica. No obstante, esta roca presenta signos de alteración significativa, evidenciados por su descomposición parcial, la presencia de fracturas y una disminución de su dureza en comparación con la andesita no alterada.

5.2.2. Geomorfología

La morfología está conformada por una colina media, la presencia de escarpas lo que ocasiona la caída de rocas y los deslizamientos. Tiene una pendiente esta entre 50° a 60°.

5.2.3. Clasificación de suelos

Se llevaron a cabo 6 calicatas, cada una con una profundidad de 1.00 m. De estas, tres se realizaron al pie del talud y las otras tres en la cresta del talud. Las muestras obtenidas de estas calicatas se destinaron a los respectivos ensayos de laboratorio. Estas excavaciones se efectuaron en áreas críticas de la carretera, donde los taludes presentan zonas de inestabilidad. Donde se encuentra los datos de laboratorio ver anexo 3

Tabla 28.

Resumen de resultados de los ensayos de laboratorio de suelos

Ensayo	Talud 2	Talud 3	Talud 4
--------	---------	---------	---------

	Pie del Talud	Cresta del Talud	Pie del Talud	Cresta del Talud	Pie del Talud	Cresta del Talud
Análisis granulométrico	G: 0.88%	G: 2.37%	G: 35.56 %	G: 64.47 %	G: 2.76%	G: 35.73%
	S: 47.44%	S: 46.67%	S: 36.93%	S: 27.7%	S: 30.43%	S: 38.27%
	M: 51.68%	M: 50.96%	M: 27.51%	M: 7.38%	M: 66.81%	M: 26.00%
H %	23.16	19.76	20.76	10.43	35.15	21.70
L.L	42.28	41.60	42.77	0.00	50.74	39.00
L.P	20.28	22.50	17.39	0.00	27.50	18.52
AASHTO	A-7-6 (8)	A-7-6 (7)	A-2-7 (2)	A-1-a (0)	A-7-6 (13)	A-2-6 (1)
SUCS	CL	CL	SC	GW - GM	CH	SC
Corte directo	c 0.28Kg/cm^2	0.28Kg/cm^2	0.28Kg/cm^2	0.00Kg/cm^2	0.55Kg/cm^2	0.50Kg/cm^2
	ϕ 15.8°	15.8°	16.0°	28.9°	11.2°	11.8°

5.2.4. Análisis cinemático de suelos

Se realizó con el software Slide V.6, se calculó el factor de seguridad teniendo en cuenta los parámetros geotécnicos de (cohesión y fricción) que se muestra en la tabla 28, para luego analizar las características geométricas del talud.

5.2.4.1. Condiciones del análisis

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

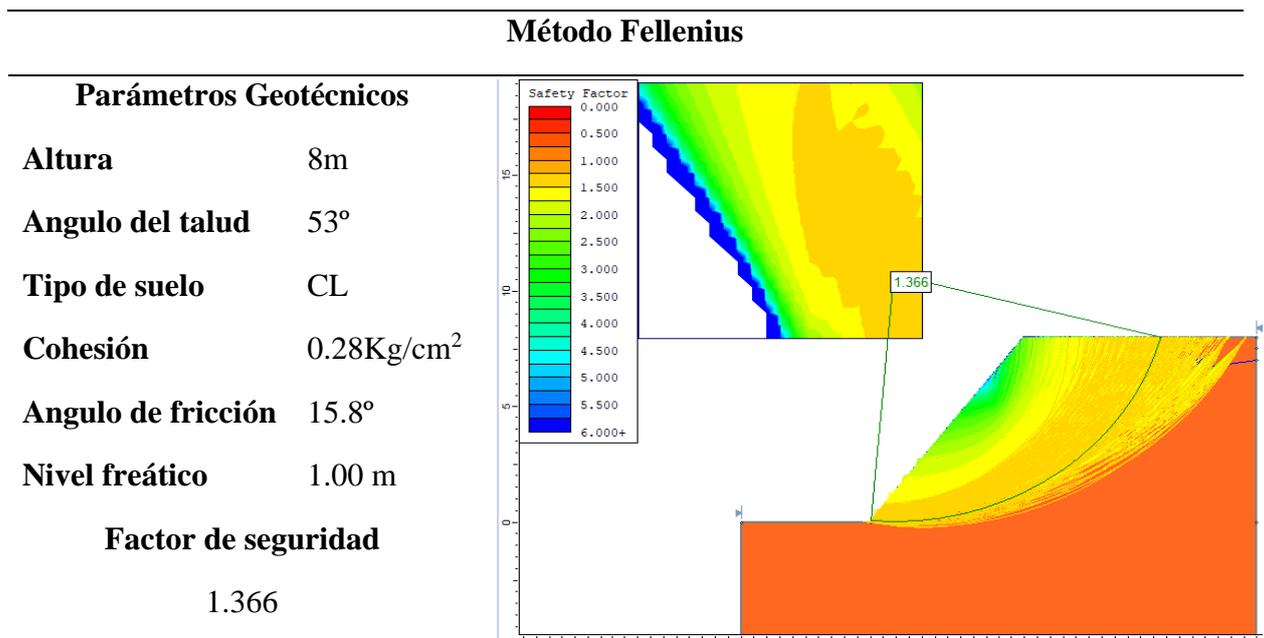
5.2.4.2. Cálculo del factor de seguridad

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

5.2.4.3. 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.

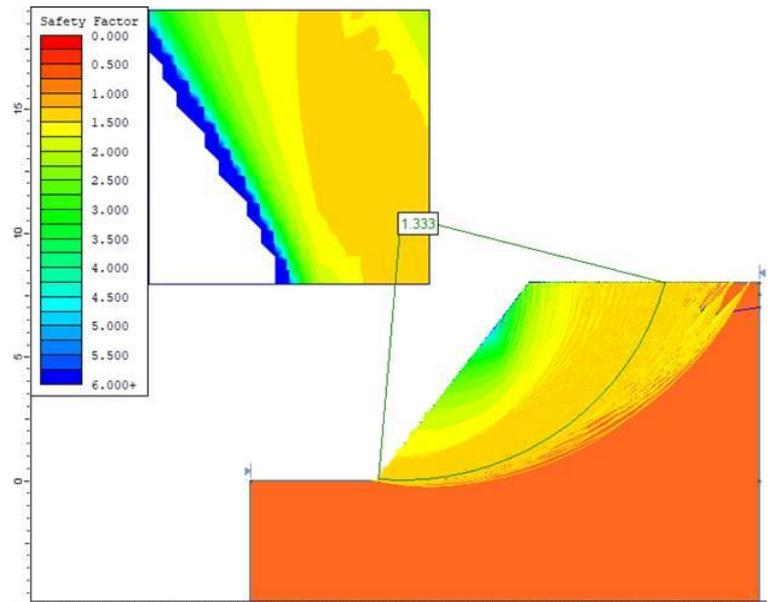
a) Estación 2 (talud 2)



Método Bishop

Parámetros Geotécnicos

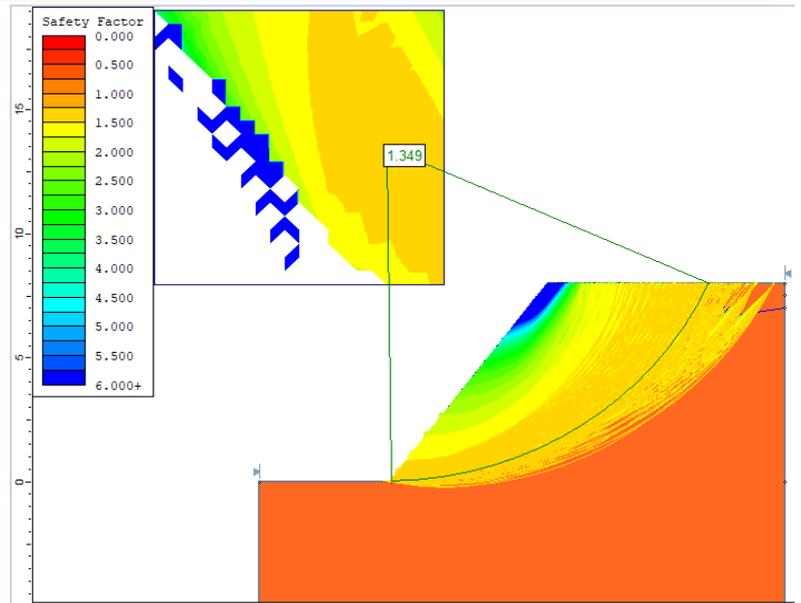
Altura	8m
Angulo del talud	53°
Tipo de suelo	CL
Cohesión	0.28Kg/cm ²
Angulo de fricción	15.8°
Nivel freático	1.00 m
Factor de seguridad	1.333



Método Janbu

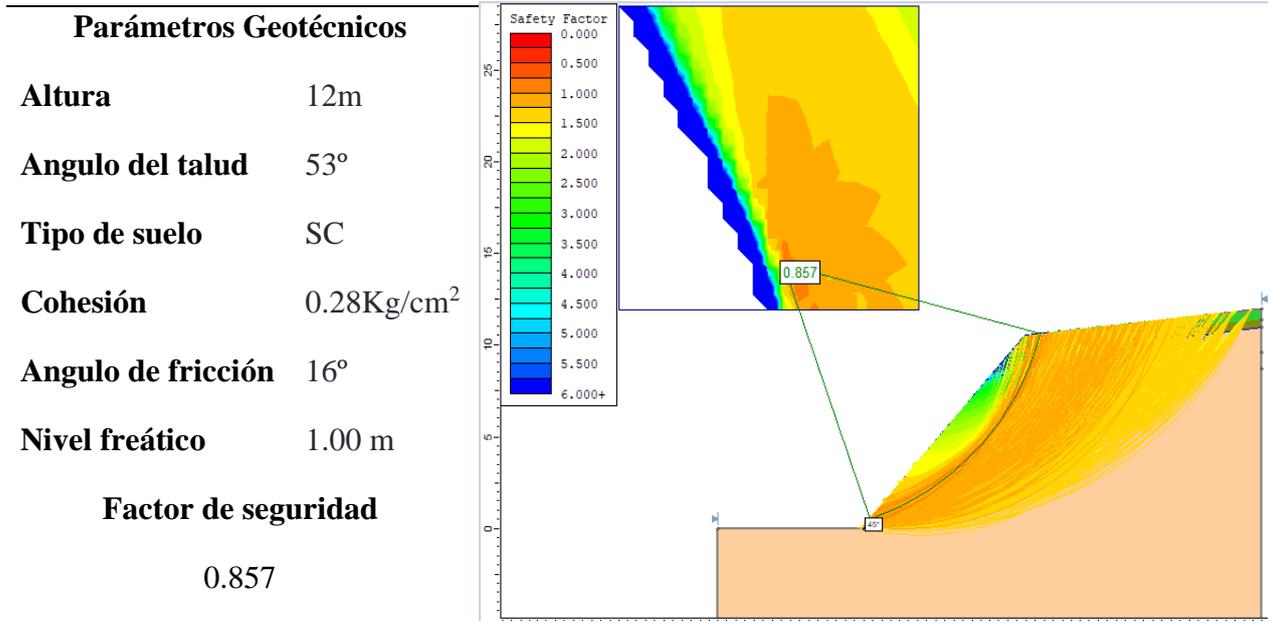
Parámetros Geotécnicos

Altura	8m
Angulo del talud	53°
Tipo de suelo	CL
Cohesión	0.28Kg/cm ²
Angulo de fricción	15.8°
Nivel freático	1.00 m
Factor de seguridad	1.349

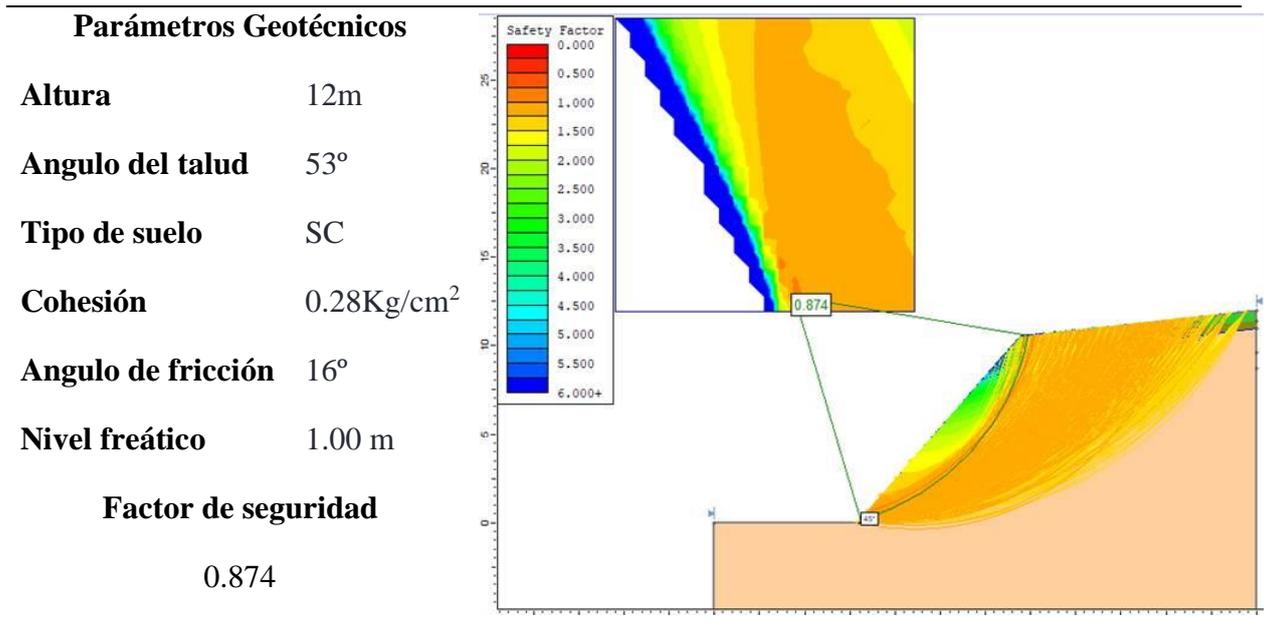


b) Estación 3 (talud 3)

Método Fellenius



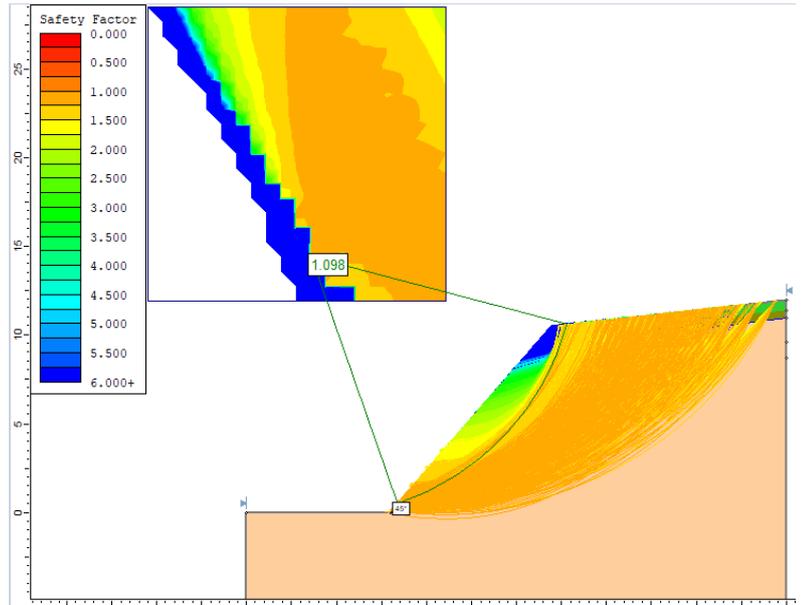
Método Bishop



Método Janbu

Parámetros Geotécnicos

Altura	12m
Angulo del talud	53°
Tipo de suelo	SC
Cohesión	0.28Kg/cm ²
Angulo de fricción	16°
Nivel freático	1.00 m
Factor de seguridad	1.098

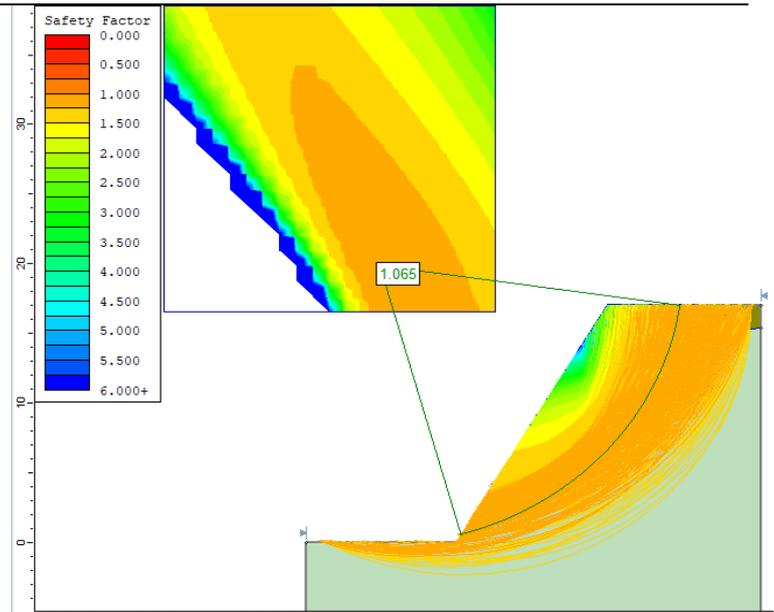


c) Estación 4 (talud 4)

Método Fellenius

Parámetros Geotécnicos

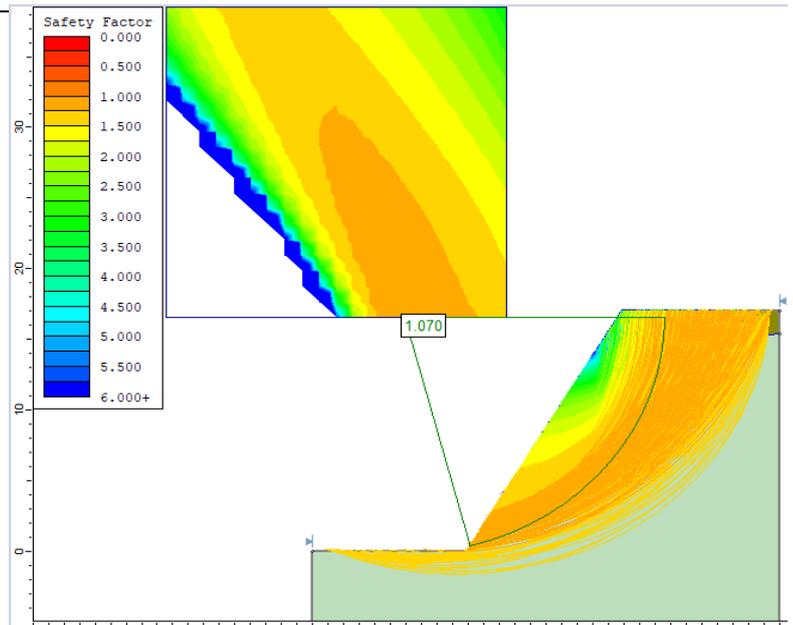
Altura	17m
Angulo del talud	60°
Tipo de suelo	SC
Cohesión	0.55Kg/cm ²
Angulo de fricción	11.2°
Nivel freático	1.00 m
Factor de seguridad	1.065



Método Bishop

Parámetros Geotécnicos

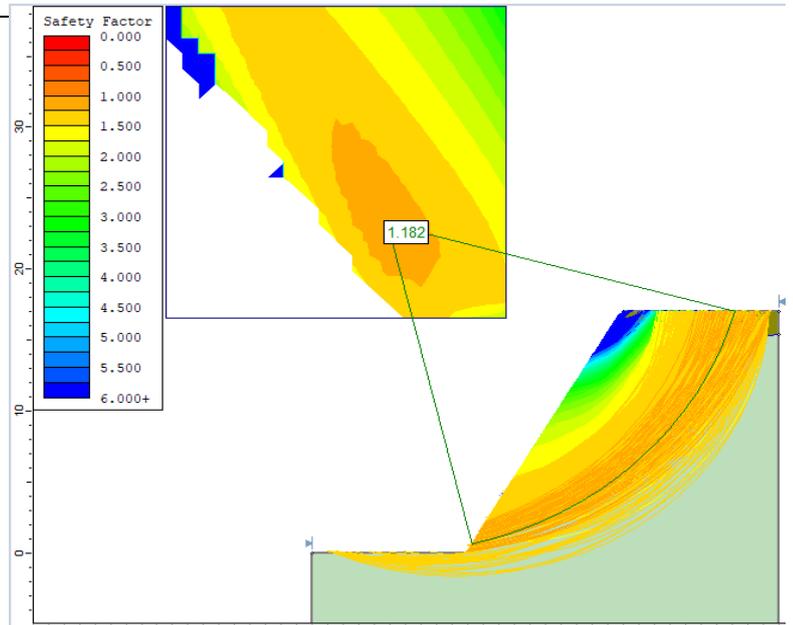
Altura	17m
Angulo del talud	60°
Tipo de suelo	SC
Cohesión	0.55Kg/cm ²
Angulo de fricción	11.2°
Nivel freático	1.00 m
Factor de seguridad	1.070



Método Janbu

Parámetros Geotécnicos

Altura	17m
Angulo del talud	60°
Tipo de suelo	SC
Cohesión	0.55Kg/cm ²
Angulo de fricción	11.2°
Nivel freático	1.00 m
Factor de seguridad	1.182



Discusión de los valores de factor de seguridad

Tabla 29.

Resumen del análisis estático de los taludes de suelo.

Factor de seguridad por los diferentes métodos				
	Talud 2	Talud 3	Talud 4	Estado
Fellenius	F.S = 1.366	F.S = 0.857	F.S = 1.065	No Aceptable
Bishop	F.S = 1.333	F.S = 0.874	F.S = 1.070	No Aceptable
Janbu	F.S = 1.349	F.S = 1.098	F.S = 1.182	No Aceptable

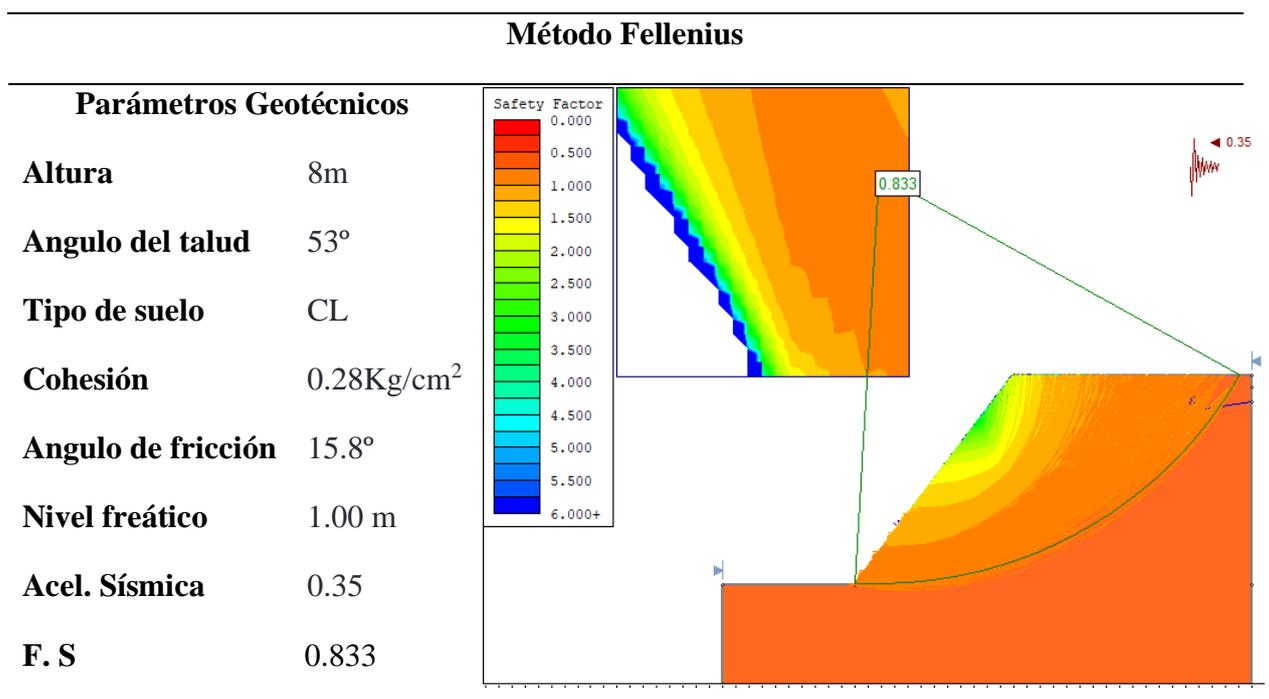
- En el análisis estático de los taludes, se observa que los factores de seguridad de los tres métodos son menores a 1.5, tal como lo establecen las normativas CE.020 y E.050. Este valor representa el mínimo aceptable bajo estas circunstancias, señalando una inestabilidad en los taludes de suelo.
- Sin embargo, según los fundamentos teóricos, se establece que un factor de seguridad superior a 1 indica un talud estable, mientras que un factor inferior a 1 sugiere inestabilidad. Bajo estas condiciones, únicamente el talud 2 se consideraría estable, mientras que los taludes 3 y 4 estarían en un estado crítico de posible falla.

5.2.4.4. Análisis de estabilidad pseudoestáticas

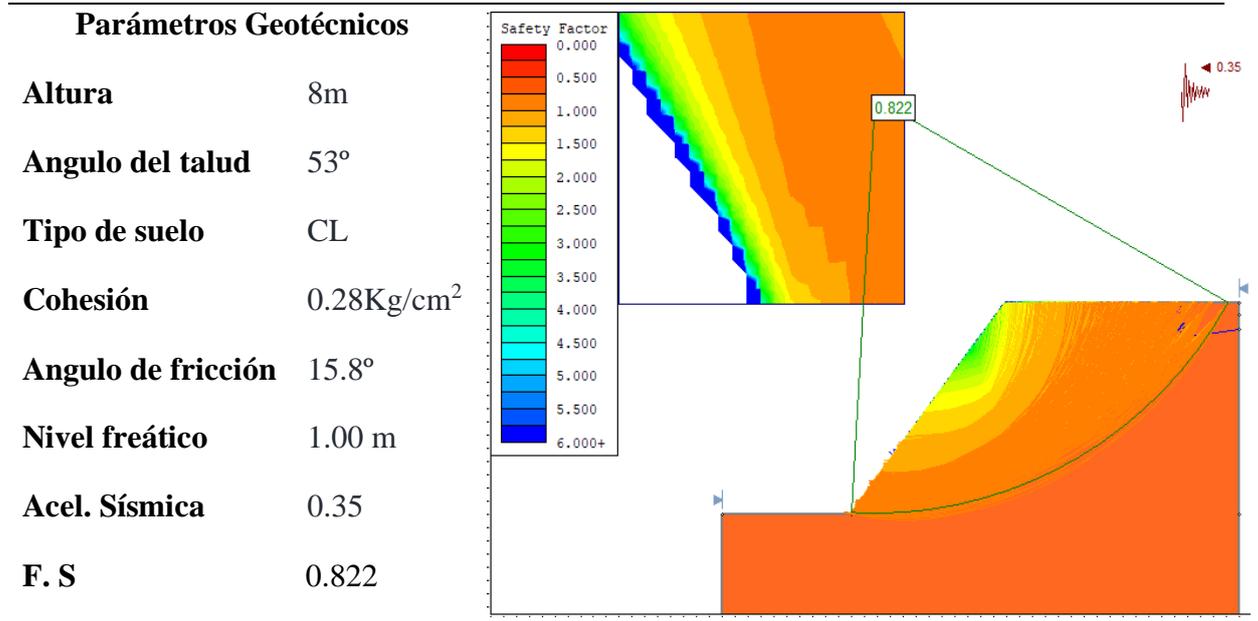
Para el análisis pseudoestático, se consideró como referencia los datos de la aceleración sísmica según la norma E-030, que representa la fuerza sísmica que la estructura experimenta durante un sismo.

En la Zona 2, se observa una aceleración del suelo en el rango de 0.35. Durante el análisis pseudoestático a esta misma aceleración, se registra una disminución en el factor de seguridad, lo que indica que el talud alcanza un nivel crítico de estabilidad al ser evaluado mediante superficies de falla. Para este propósito se emplearon los parámetros geotécnicos y geometría previamente mencionados.

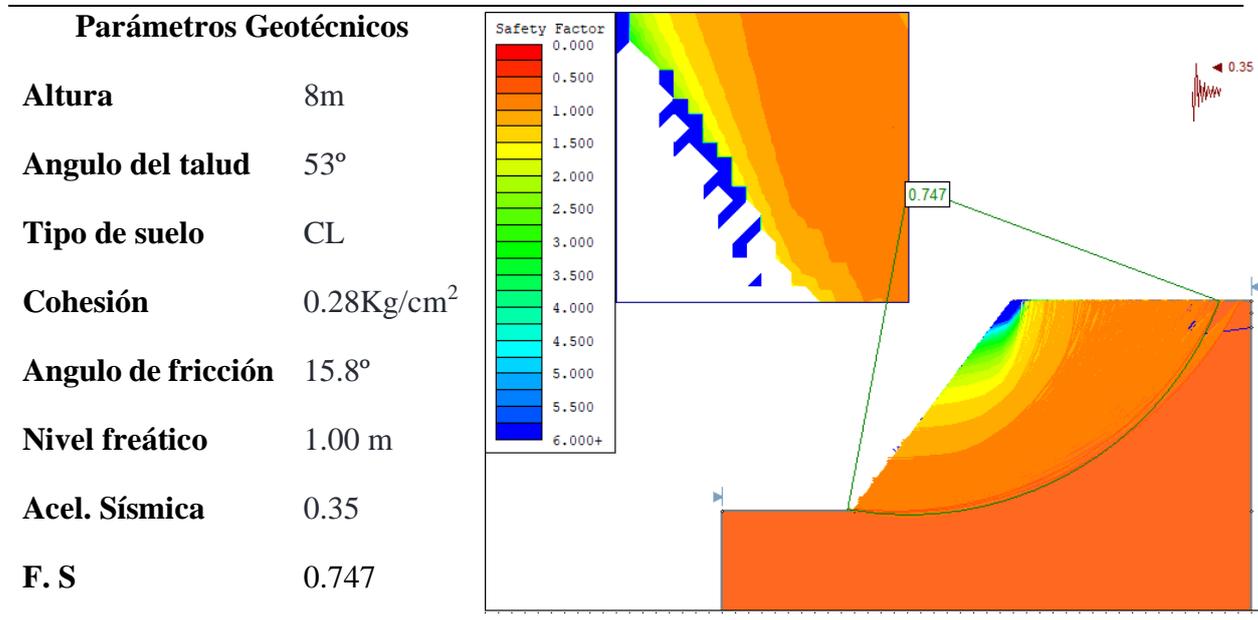
a) Estación 2 (talud 2)



Método Bishop



Método Janbu

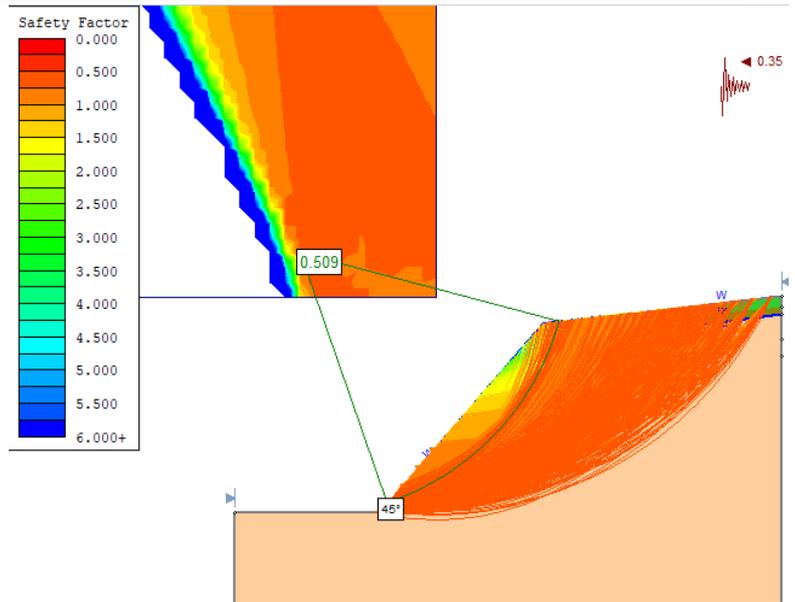


b) Estación 3 (talud 3)

Método Fellenius

Parámetros Geotécnicos

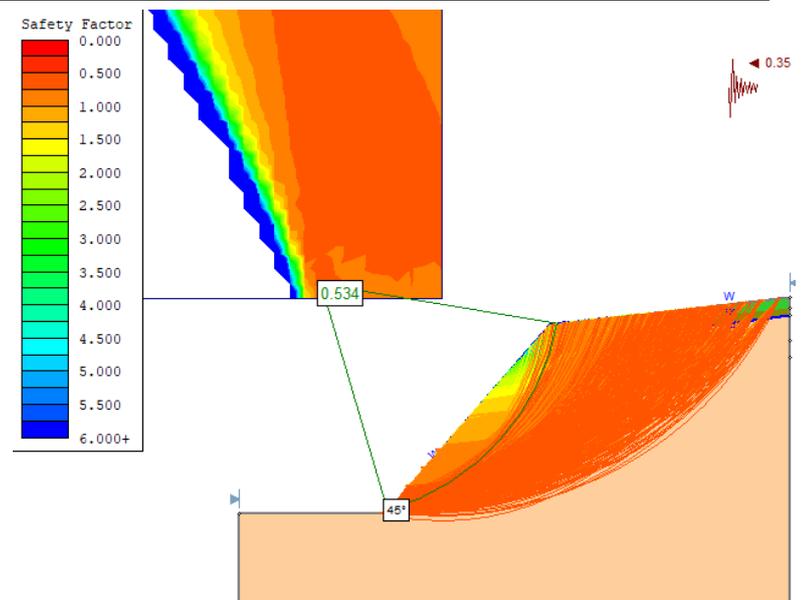
Altura	12m
Angulo del talud	53°
Tipo de suelo	SC
Cohesión	0.28Kg/cm ²
Angulo de fricción	16°
Nivel freático	1.00 m
Acel. Sísmica	0.35
F. S	0.509



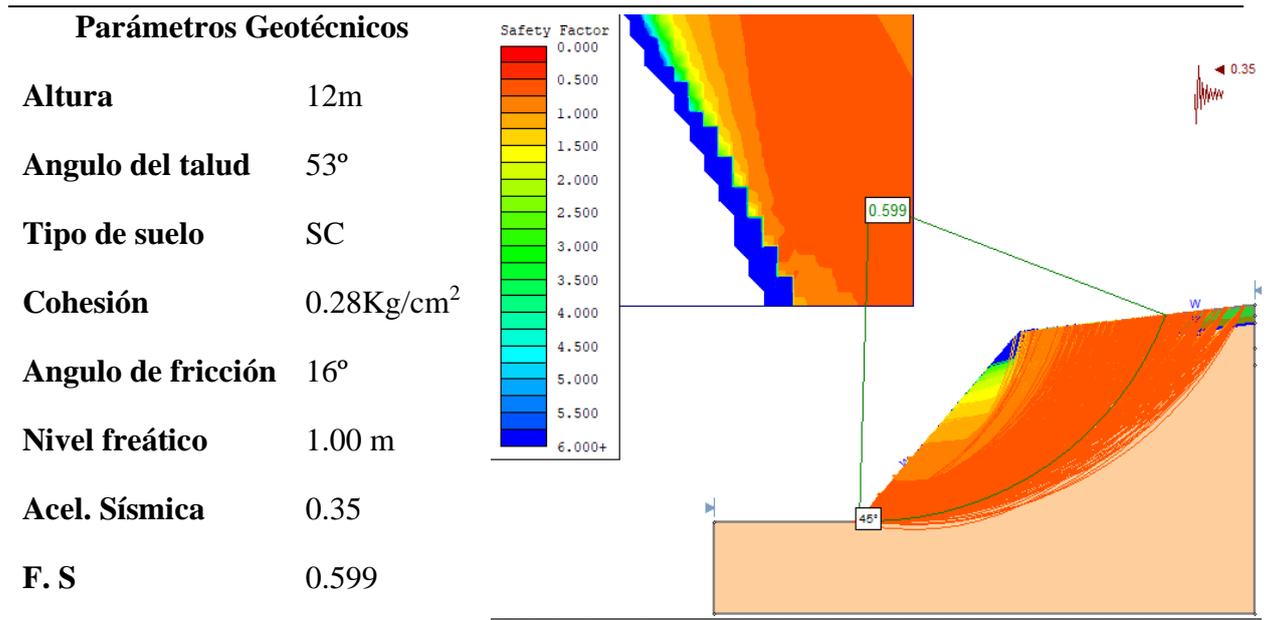
Método Bishop

Parámetros Geotécnicos

Altura	12m
Angulo del talud	53°
Tipo de suelo	SC
Cohesión	0.28Kg/cm ²
Angulo de fricción	16°
Nivel freático	1.00 m
Acel. Sísmica	0.35
F. S	0.534

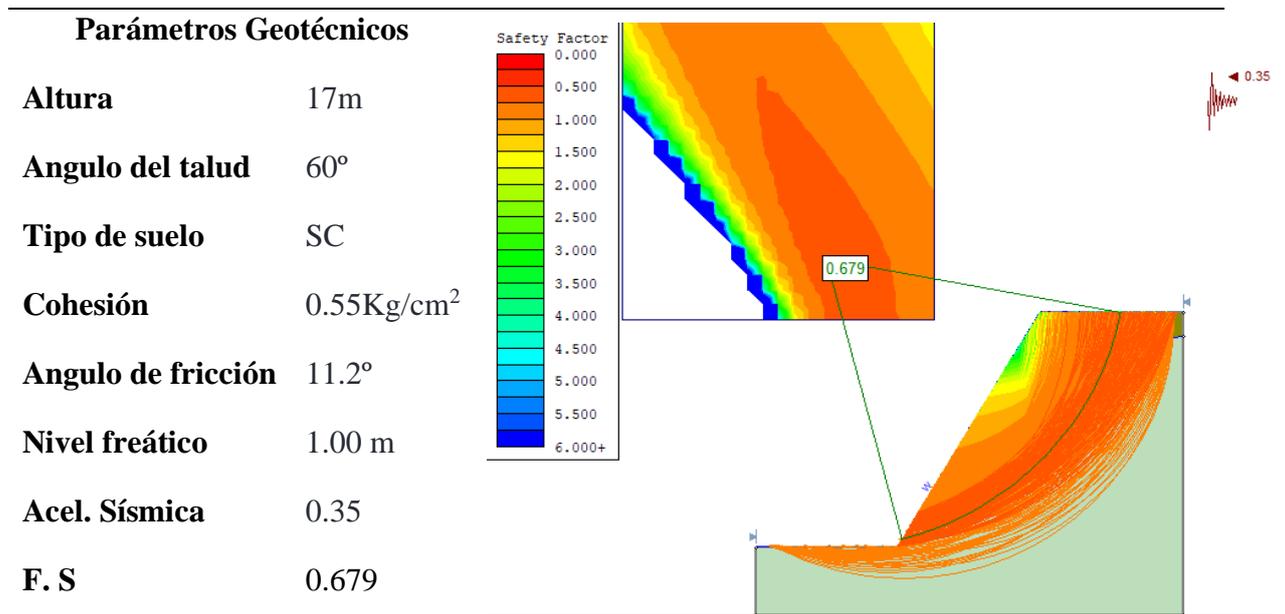


Método Janbu

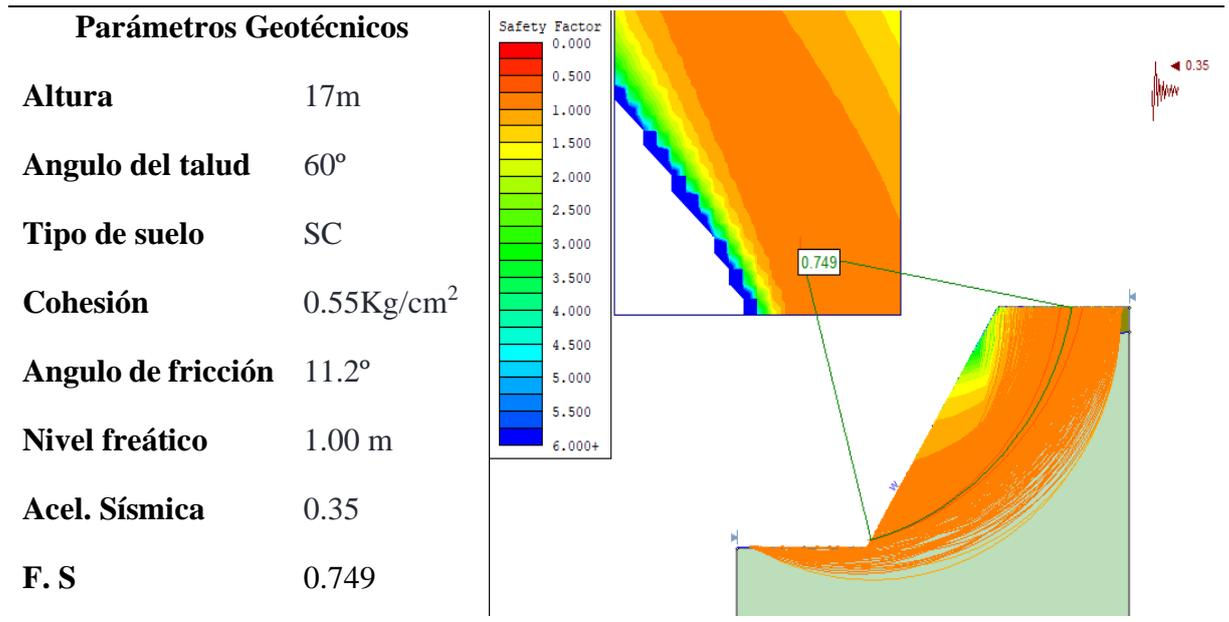


c) Estación 4 (talud 4)

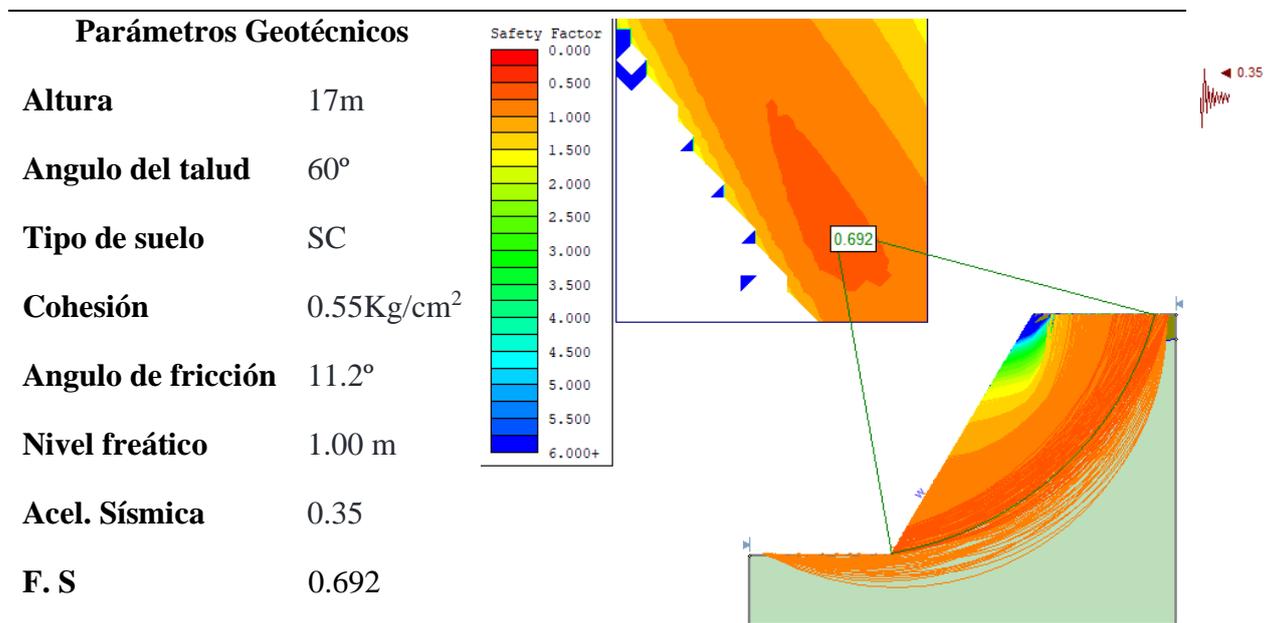
Método Fellenius



Método Bishop



Método Janbu



DISCUSIÓN DE LOS VALORES DE FACTOR DE SEGURIDAD

Tabla 30.

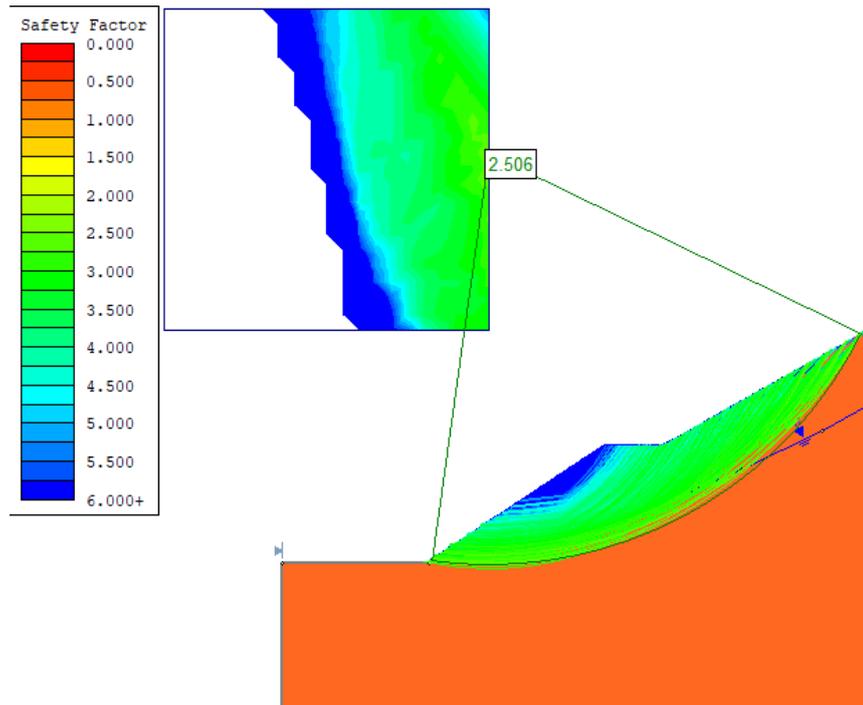
Resumen del análisis pseudoestático de los taludes de suelo.

Factor de seguridad por los diferentes métodos				
	Talud 2	Talud 3	Talud 4	Estado
Fellenius	F.S = 0.833	F.S = 0.509	F.S = 0.679	No Aceptable
Bishop	F.S = 0.822	F.S = 0.534	F.S = 0.749	No Aceptable
Janbu	F.S = 0.747	F.S = 0.599	F.S = 0.692	No Aceptable

- En el análisis pseudoestático de los taludes, se observa que los factores de seguridad de los tres métodos son menores a 1.25, tal como lo establecen las normativas CE.020 y E.050. Esto debido por colocar una aceleración sísmica de valor 0.35. El valor representa el mínimo aceptable bajo estas circunstancias, señalando una inestabilidad en los taludes de suelo.
- Bajo estas condiciones, todos los taludes de suelos son taludes inestables.

5.2.5. Medidas correctivas

Medidas correctivas	
Análisis Estático del Talud 2	
Fellenius	F.S = 2.540
Bishop	F.S = 2.563
Janbu	F. S = 2.506



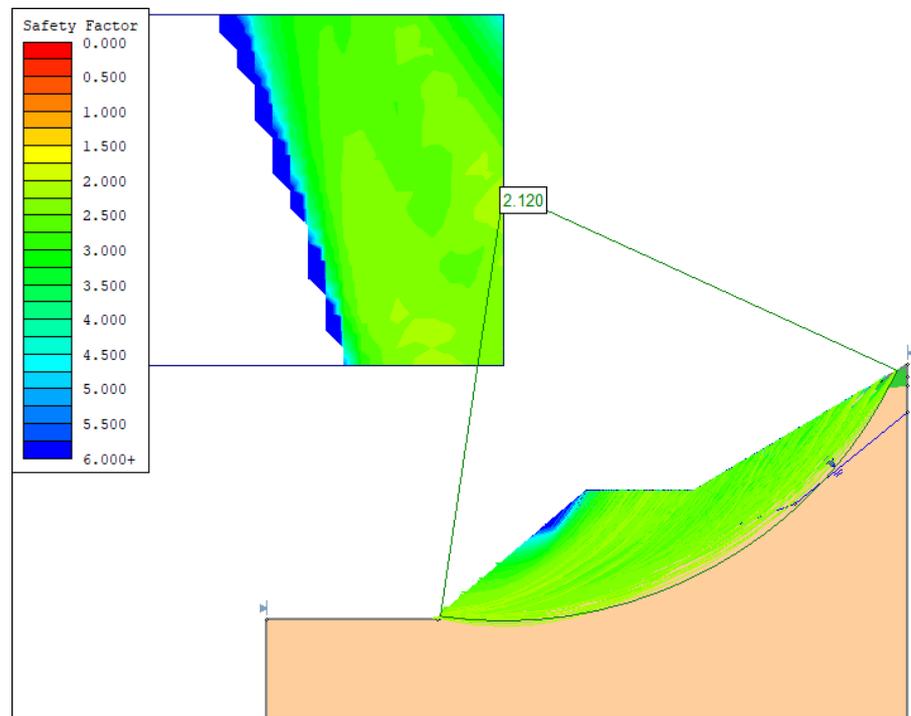
DISCUSIÓN DE MEDIDAS CORRECTIVAS

- Las medidas correctivas han sido analizadas con el programa SLIDE por 3 métodos de equilibrio límite: Fellenius, Bishop simplificado y Janbu.
- La modificación de la geometría del talud para que sea más estable disminuyendo la inclinación y construyendo banquetas de estabilización.
- También en la cabecera del talud la construcción de zanjas de coronación para drenar el agua.
- El factor de seguridad ha superado el umbral de 1.5, que es el mínimo requerido por las normas técnicas para garantizar la estabilidad del talud. Por lo tanto, con estas modificaciones aplicadas, se puede afirmar que el talud en este tramo es ahora estable.

Medidas correctivas

Análisis Estático del Talud 3

Fellenius	F.S = 2.124
Bishop	F.S = 2.195
Janbu	F. S = 2.120



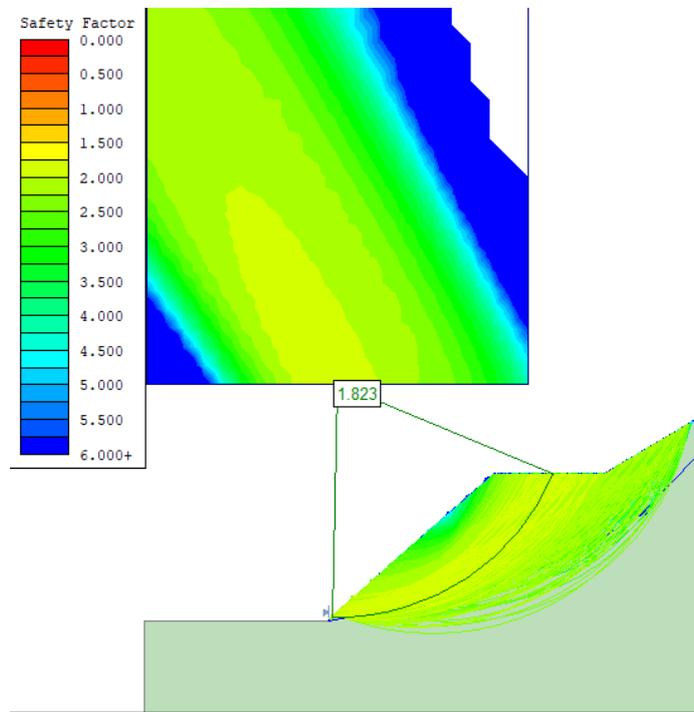
DISCUSIÓN DE MEDIDAS CORRECTIVAS

- Las medidas correctivas han sido analizadas con el programa SLIDE por 3 métodos de equilibrio límite: Fellenius, Bishop simplificado y Janbu.
- La modificación de la geometría del talud para que sea más estable disminuyendo la inclinación y construyendo banquetas de estabilización. También en la cabecera del talud la construcción de zanjias de coronación para drenar el agua.
- El factor de seguridad ha aumentado mayor a 1.5. Por lo tanto, el talud de este tramo con esta modificación seria estable.

Medidas correctivas

Análisis Estático del Talud 4

Fellenius	F.S = 1.844
Bishop	F.S = 1.909
Janbu	F. S = 1.823



DISCUSIÓN DE MEDIDAS CORRECTIVAS

- Las medidas correctivas han sido analizadas con el programa SLIDE por 3 métodos de equilibrio límite: Fellenius, Bishop simplificado y Janbu.
- La modificación de la geometría del talud para que sea más estable disminuyendo la inclinación y construyendo banquetas de estabilización. También en la cabecera del talud la construcción de zanjas de coronación para drenar el agua.
- El factor de seguridad ha aumentado mayor a 1.5. Por lo tanto, el talud de este tramo con esta modificación sería estable.

Figura 34.

Observación de la erosión que compromete la estabilidad del talud.



La figura 34 ilustra el nivel de erosión del talud, lo que conlleva a una situación de inestabilidad, esta se encuentra en la progresiva Km. 233+300.

Figura 35.

Vista al este donde se observa el tipo de falla circular.



La figura 35 exhibe claramente la falla circular previamente mencionada, visible en dos ubicaciones correspondientes a las estaciones 3 y 4, que están en las progresivas Km. 233+200 a Km. 233+400.

Figura 36.

Observación de material desprendido del talud acumulado en la cuneta.



La figura 36 ilustra el impacto de la caída del material, que interrumpe el flujo de agua y causa daños en la cuneta de evacuación, se encuentra en la progresiva Km. 233+600.

Figura 37.

Vista del deterioro de la cuneta



La figura 37 exhibe el nivel de deterioro de la cuneta, lo que repercute en la evacuación y podría aumentar los costos de mantenimiento.

Por lo cual, se tiene como objetivo minimizar los daños que puede ocasionar ya sea frente a eventos geodinámicos externos e internos, se sugiere realizar las siguientes medidas de prevención:



VI. CONCLUSIONES

- La caracterización del macizo rocoso, revela los siguientes resultados: el RQD: 59 y 56, RMR: 50 y 52, y GSI: 45 y 47. Según a estos resultados dio un tipo de roca III (roca media). Dentro de las características geológicas, se observó que la litología en el talud es una roca andesítica, con identificación de tres familias principales de discontinuidades. La evaluación cinemática mediante el programa Dips, analizada para falla planar y cuña, dio como resultado taludes estables.
- La evaluación de la estabilidad de los taludes de suelo revela una variedad de características, desde arenosas hasta arcillosas. En el caso del talud 2, se clasifica como CL, mientras que el talud 3 se clasifica como SC y GW-GM, y el talud 4 como CL-CH, según la clasificación SUCS. Los cálculos del factor de seguridad se realizaron mediante el software Slide, bajo condiciones estáticas, mostrando valores de 1.349 para el talud 2, 0.943 para el talud 3 y 1.105 para el talud 4. Estos resultados, están por debajo del valor mínimo de 1.5 establecido por las normas técnicas, indicando que los taludes son inestables.
- El análisis de la estabilidad de los taludes de suelo, bajo condiciones pseudoestáticas, implicó el uso de una aceleración sísmica con un valor de 0.35 cm/s^2 . Los resultados del factor de seguridad fueron los siguientes: 0.80 para el talud 2, 0.547 para el talud 3 y 0.706 para el talud 4. Resultando que el talud 3 tuvo el valor más bajo, lo que lo hace más susceptible a fallar en estas condiciones. De acuerdo con las normas técnicas establecidas, el valor mínimo es de 1.25 para considerar un talud estable. Por lo tanto, se considera que los taludes en estas condiciones son inestables.



VII. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones específicas en el campo de la hidrología, con el propósito de determinar el grado de saturación de los suelos durante las épocas de lluvia y sequía.
- Conducir estudios adicionales para establecer las dimensiones requeridas de las áreas de drenaje superficial y subterráneo durante las estaciones lluviosas (enero-marzo), con el objetivo de facilitar el adecuado flujo del agua.
- Se requieren investigaciones más exhaustivas sobre los métodos para construir bancos que garanticen la estabilidad del talud en la carretera, dada su alta frecuencia de uso. La prevención de accidentes es crucial, por lo que es fundamental que estos trabajos sean realizados por profesionales especializados.



VIII. REFERENCIAS

- Araujo, L. (2019). *Análisis pseudoestático para determinar la estabilidad del talud ubicado en el km 130 + 250 – km 130 + 450, San Juan- Cajamarca, 2019* [Universidad Privada del Norte].
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23580>
- Cabana, O. (2016). *Evaluación geotécnica para la estabilidad de taludes desde la progresiva km. 09+000 – 18+000 de la obra: mejoramiento de la carretera tramo I Dv. Cara Cara – Lampa*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Carnero, E., Carnero, L., & Carnero, G. (n.d.). *Geotecnia I*.
- Ccallo, H. (2019). *Análisis de la estabilidad de taludes en macizo rocoso de la carretera Sina Yanahuaya tramo III a partir de la caracterización geológica* [Universidad Nacional del Altiplano].
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/5401>
- Chambi, G. (2015). *Estudio de estabilidad de taludes en los macizos rocosos de la carretera Ticaco Candarave en progresivas: 124+560 a 129+00 Km*. Universidad Nacional Jorge basadre Grohmann - Tacna.
- Curipoma, A. (2017). *Análisis comparativo de las metodologías de cálculo de estabilidad de taludes*. 1–77.
[https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/20.500.11962/20787/1/Curipoma Viteri Andrea Esthefanía.pdf](https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/20.500.11962/20787/1/Curipoma_Viteri_Andrea_Esthefanía.pdf)
- Duque, G. (2003). *Geomecánica* (pp. 78–88).
<http://bdigital.unal.edu.co/53252/97/clasificaciondesuelos.pdf>
- García, J. (2017). *La estabilidad de taludes y la transitabilidad en la carretera longitudinal de la sierra, provincia de Chota - Cajamarca 2017* [Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/1443>
- Gonzalez De Vallejo, L. (2002). *Ingeniería Geológica*.
- Hernandez, D. (2011). *Influencia de la pendiente y la precipitación en la erosión de taludes desprotegidos*. 1–131.



http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/2284/1/Hernandez_Herrera_Daniel_Alejandro.pdf

Hoek, E., & Brown, E. T. (1997). Practical estimates of rock mass strength. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 34(8), 1165–1186. [https://doi.org/10.1016/S1365-1609\(97\)80069-X](https://doi.org/10.1016/S1365-1609(97)80069-X)

INGEMMET. (2003). *Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Lagunillas (32-u)*. 1–32.

Instituto Geofísico del Perú. (n.d.). *Glosario*. Retrieved January 17, 2024, from <https://ultimosismo.igp.gob.pe/glosario>

Maldonado, Y. (2020a). *Deslizamientos de tierra y sus tipos*. Geologiaweb. <https://geologiaweb.com/riesgos-naturales/deslizamientos/>

Maldonado, Y. (2020b). *Métodos o medidas de estabilización de taludes*. <https://geologiaweb.com/ingenieria-geologica/metodos-medidas-estabilizacion-taludes/>

Mamani, R. (2016). *Análisis de la estabilidad de taludes en macizo rocoso de la carretera Sina Yanahuaya tramo III - sub tramo 02, a partir de la caracterización geológica y resistencia a la compresión simple* [Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/2976>

Ministerio de transportes y comunicaciones. (2013). *Manual de carreteras. Especificaciones Técnicas generales para construcción EG - 2013*. https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Manual_Suelos_Pavimentos.pdf

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente*.

Quispe, G., & Nuñez, Y. (2019). Plan de contingencias por sismo. *Gobierno Regional Puno*, 37. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/3719>

Ramirez, P., & Alejano, L. (2004). *Mecánica de Rocas : Fundamentos e Ingeniería de Taludes*.

Rocscience Inc. (2002). *Slide*. 196.



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

- Saenz, A. (2017). *Análisis para estabilidad de taludes en roca utilizando mallas galvanizadas ancladas, ciudad Nueva Fuerabamba- Apurimac* [Universidad Nacional del Centro del Peru].
http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/2636/Garcia_Ventocilla-Mamani_Gamarra.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- SENAMHI. (2023). *Datos Hidrometeorológicos en Puno*.
<https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=puno&p=estaciones>
- Suarez, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*.
- Tupa, P. (2017). *Evaluación geológica - geotécnica para la estabilidad de taludes en la carretera Muñani-Saytococha tramo Km. 14+700 Al 30+00* [Universidad Nacional del Altiplano].
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/6633>
- Valeriano, F. (2015). *Caracterización geotécnica y modos de falla estructural en el talud en roca del cerro Espinal Juliaca* [Universidad Nacional del Altiplano].
<http://tesis.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/2297>
- Valeriano, F. (2016). *Métodos para el análisis de estabilidad de taludes en roca y su interacción en el cerro Espinal Juliaca* [Universidad Nacional del Altiplano].
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/2968>
- Valiente, R., Sobrecases, S., & Díaz, A. (2015). Estabilidad de taludes-Conceptos básicos-parámetros de diseño. *Revista CIVILÍZATE 2015*.
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/76781/taludes.pdf>
- Wyllie, D., & Mah, C. (2004). *Rock Slope Engineering*.



ANEXOS

ANEXO 1: Plano de ubicación.

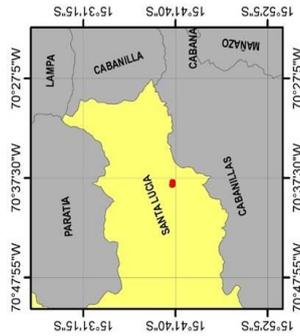
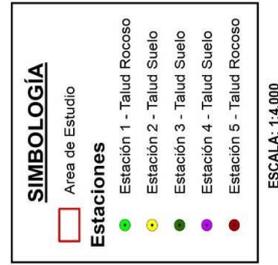
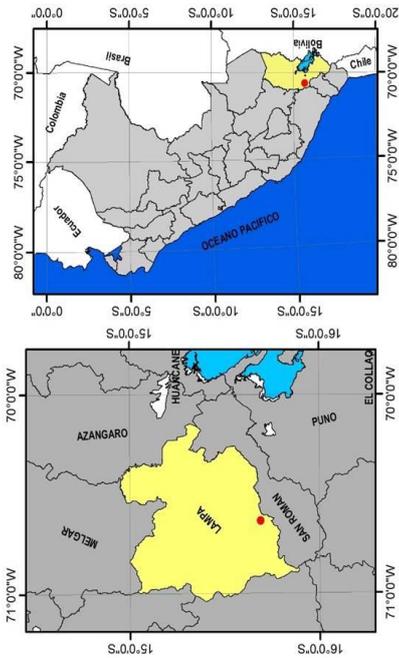
ANEXO 2: Plano de muestreo

ANEXO 3. Plano geológico

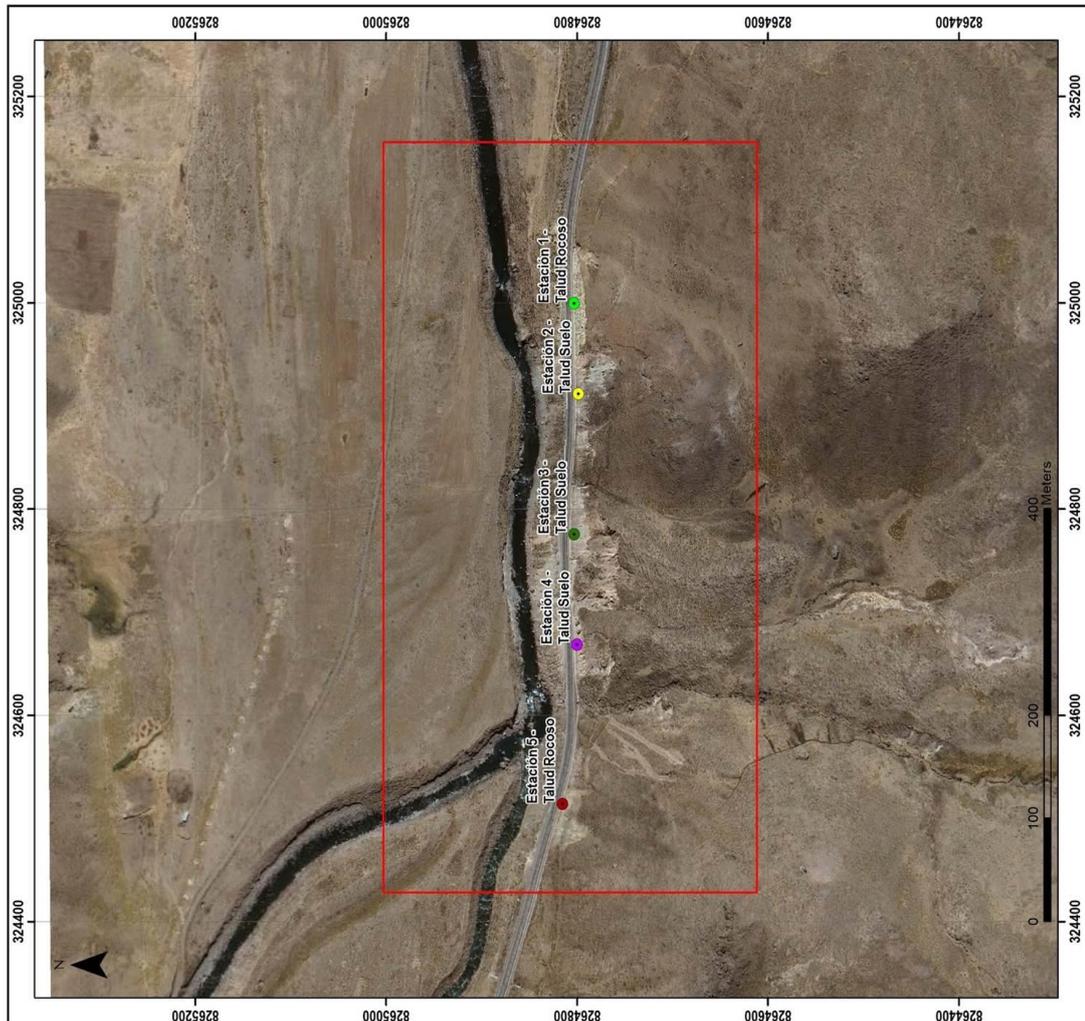
ANEXO 4. Plano de pendientes

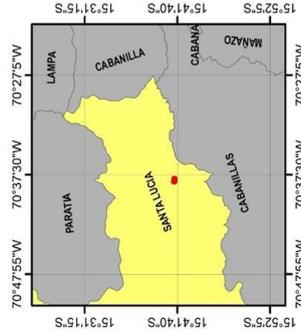
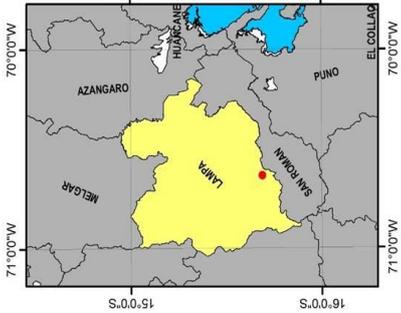
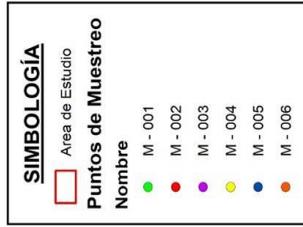
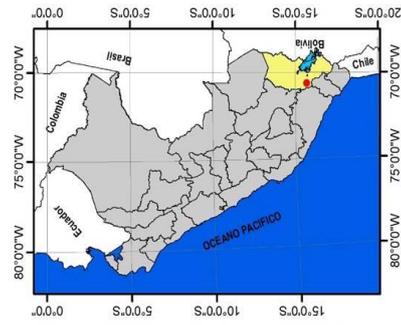
ANEXO 5. Plano Geomorfológico

ANEXO 6. Plano Geotécnico



	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO	
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y METALURGICA	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
PROYECTO: "EVALUACIÓN DE TALUDES EN EL SECTOR DE CERRILLOS DEL DISTRITO DE SANTA LUCIA - LAMPA- PUNO"		
PLANO DE UBICACIÓN		
ELABORADO POR:	UBICACIÓN:	LÁMINA:
BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	SANTA LUCIA, LAMPA, PUNO	01
ASESOR:	PROYECCIÓN:	
M. SC. LEONEL PALOMINO ASCENSIÓ	WGS84 - ZONA 19S	



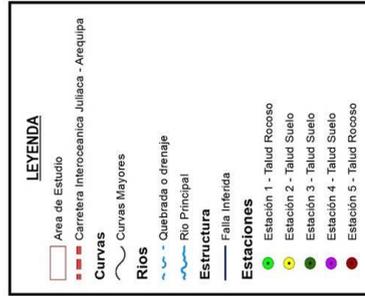


	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO	
	FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLOGICA	
PROYECTO: "EVALUACIÓN DE TALUDES EN EL SECTOR DE CERRILLOS DEL DISTRITO DE SANTA LUCÍA - LAMPA- PUNO"		
PLANO DE MUESTREO		
ELABORADO POR: BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	UBICACIÓN: SANTA LUCÍA, LAMPA, PUNO	LÁMINA: 02
ASESOR: M. SC. LEONEL PALOMINO ASCENSIÓ	PROYECCIÓN: WGS84 - ZONA 19S	

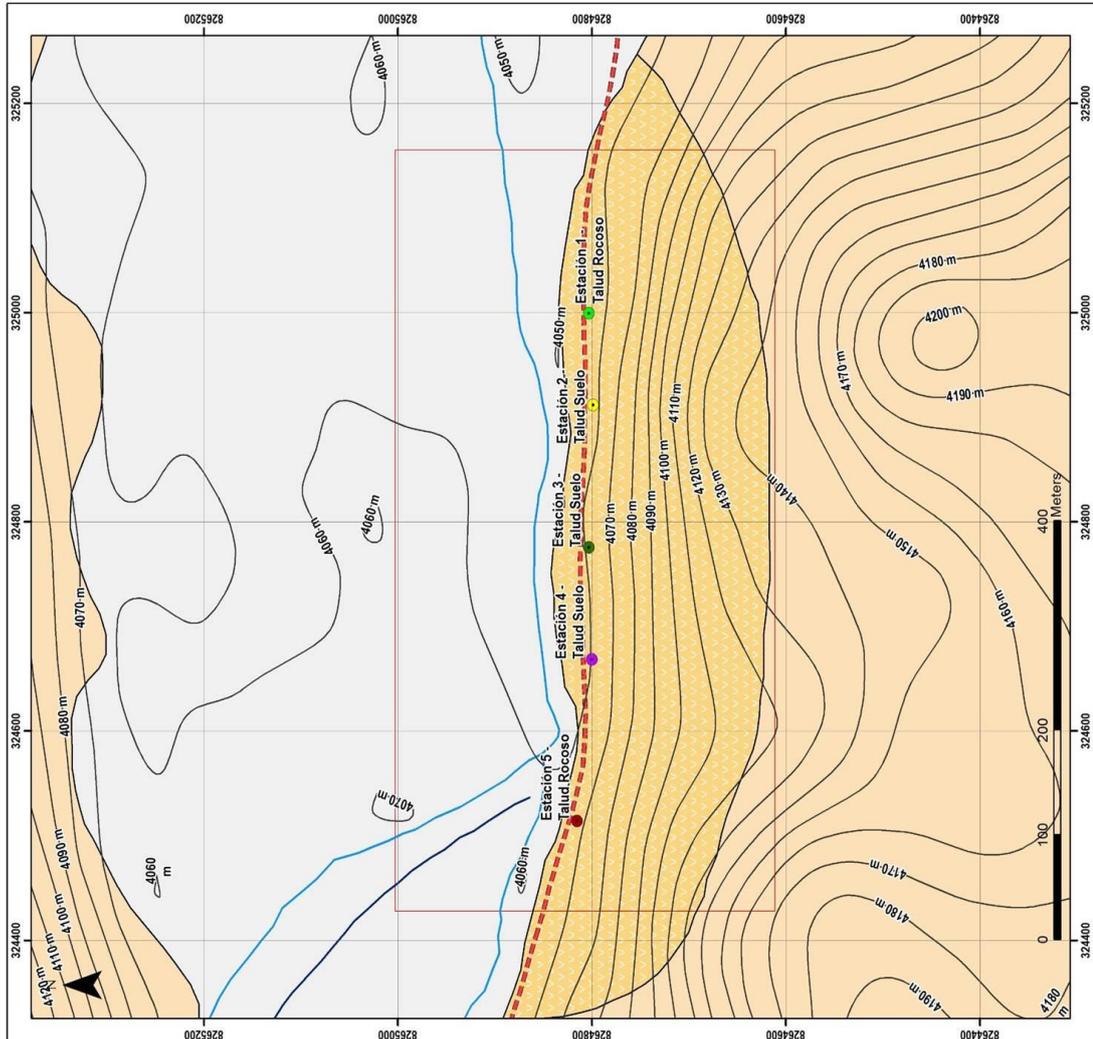


ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOSTRATIGRAFICA	SIMBOLOGIA	DESCRIPCION	ROCAS INTUSIVAS Y SUBVOLCANICAS
CENOZOICO	PALEOGENO	NEOGENO	CUATERNARIO			
	EOCENO	MIOCENO	Globo Tanzani	PN - ta	Andesitas y basaltos estratificados con intercalaciones de conglomerados y material volcánico vetoso.	
			Depósito fluvial	Qh - al	Acumulación de grava, arena, limo y arcilla con cascos subangulosos a angulosos de diferente composición.	
				P - and		Andesita

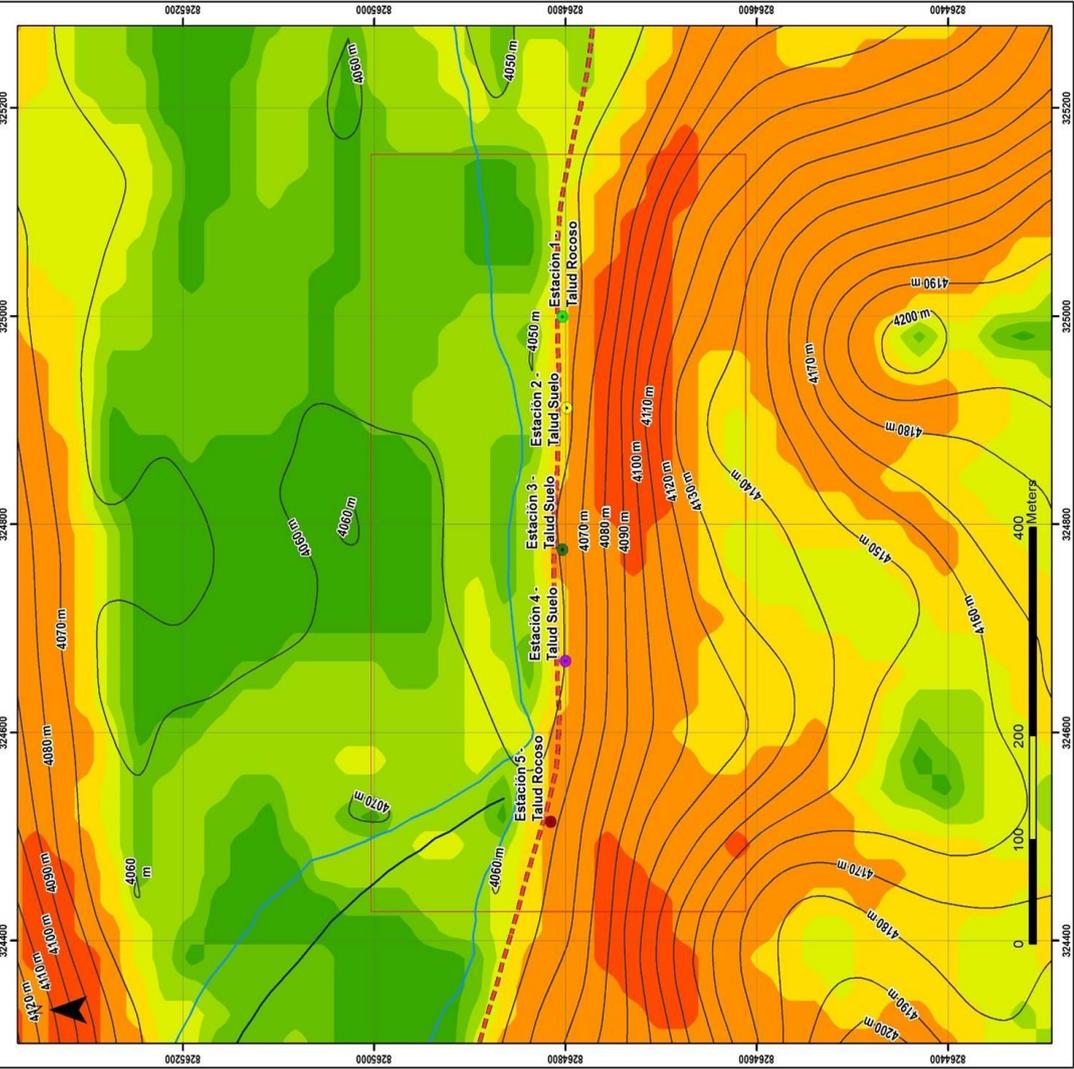
FUENTE: INGENMET, Hoja 32u



ESCALA
1:4.000



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		PROYECTO: "EVALUACION DE TALUDES EN EL SECTOR DE CERRILLOS DEL DISTRITO DE SANTA LUCIA - LAMPA, PUNO"
PLANO GEOLOGICO		
ELABORADO POR: BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	UBICACION: SANTA LUCIA, LAMPA, PUNO	LAMINA: 03
ASESOR: M. SC. LEONEL PALOMINO ASCENSIÓ	PROYECCION: WGS84 - ZONA 19S	

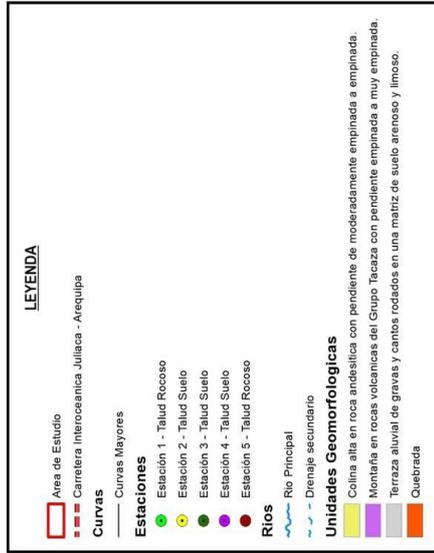


LEYENDA

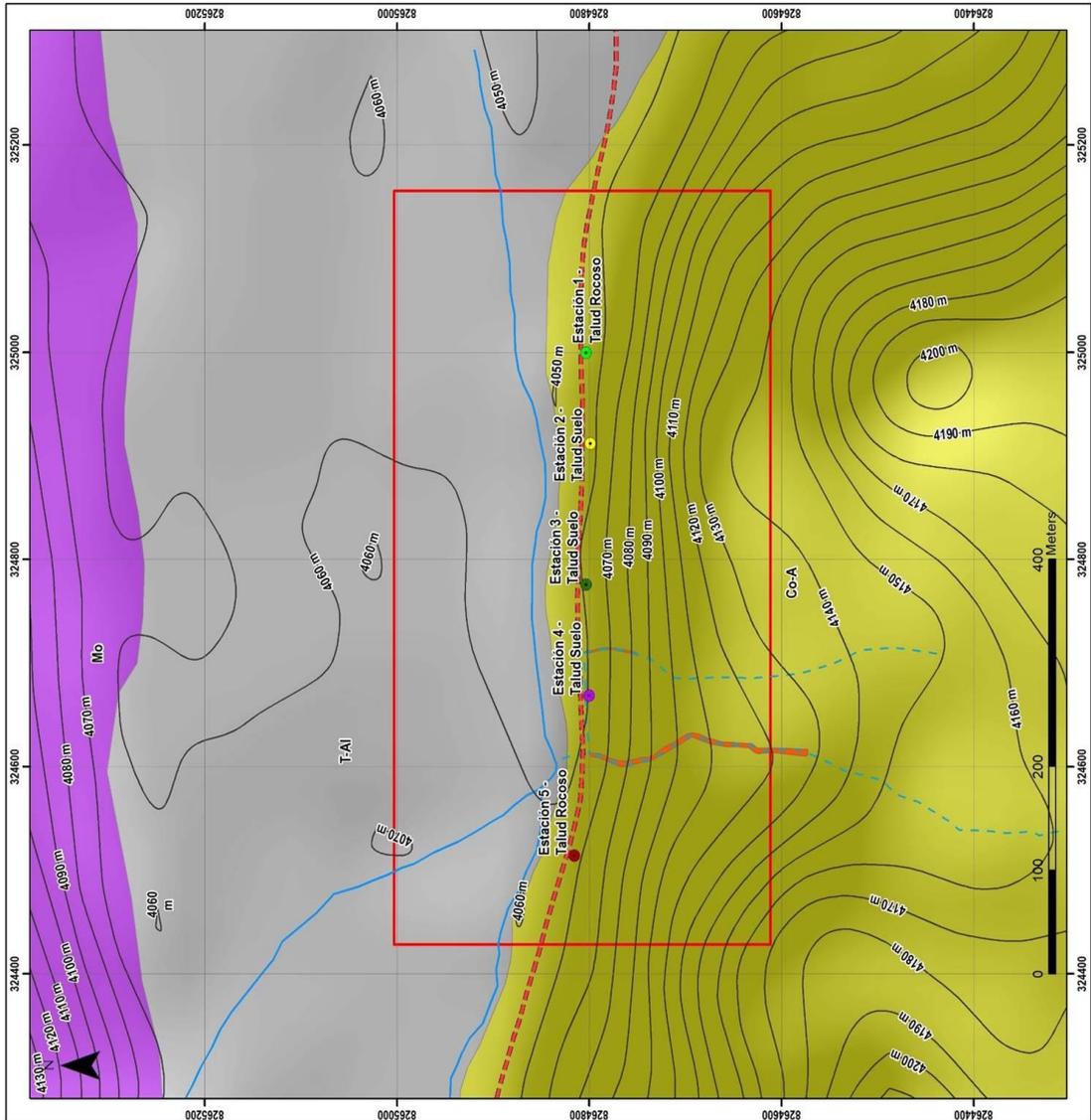
- Area de Estudio
- Carretera Interoceánica Juliaca - Arequipa
- Curvas**
 - Curvas Mayores
- Ríos**
 - Quebrada o drenaje
 - Río Principal
- Estaciones**
 - Estación 1 - Talud Rocoso
 - Estación 2 - Talud Suelo
 - Estación 3 - Talud Suelo
 - Estación 4 - Talud Suelo
 - Estación 5 - Talud Rocoso
- Pendiente en porcentajes**
 - 0 - 2% : Plana
 - 2 - 4% : Ligeramente inclinada
 - 4 - 8% : Moderadamente inclinada
 - 8 - 15% : Fuertemente inclinada
 - 15 - 25% : Moderadamente empinada
 - 25 - 50% : Empinada
 - 50 - 75% : Muy empinada
 - >75% : Extremadamente empinada

ESCALA
1:4,000

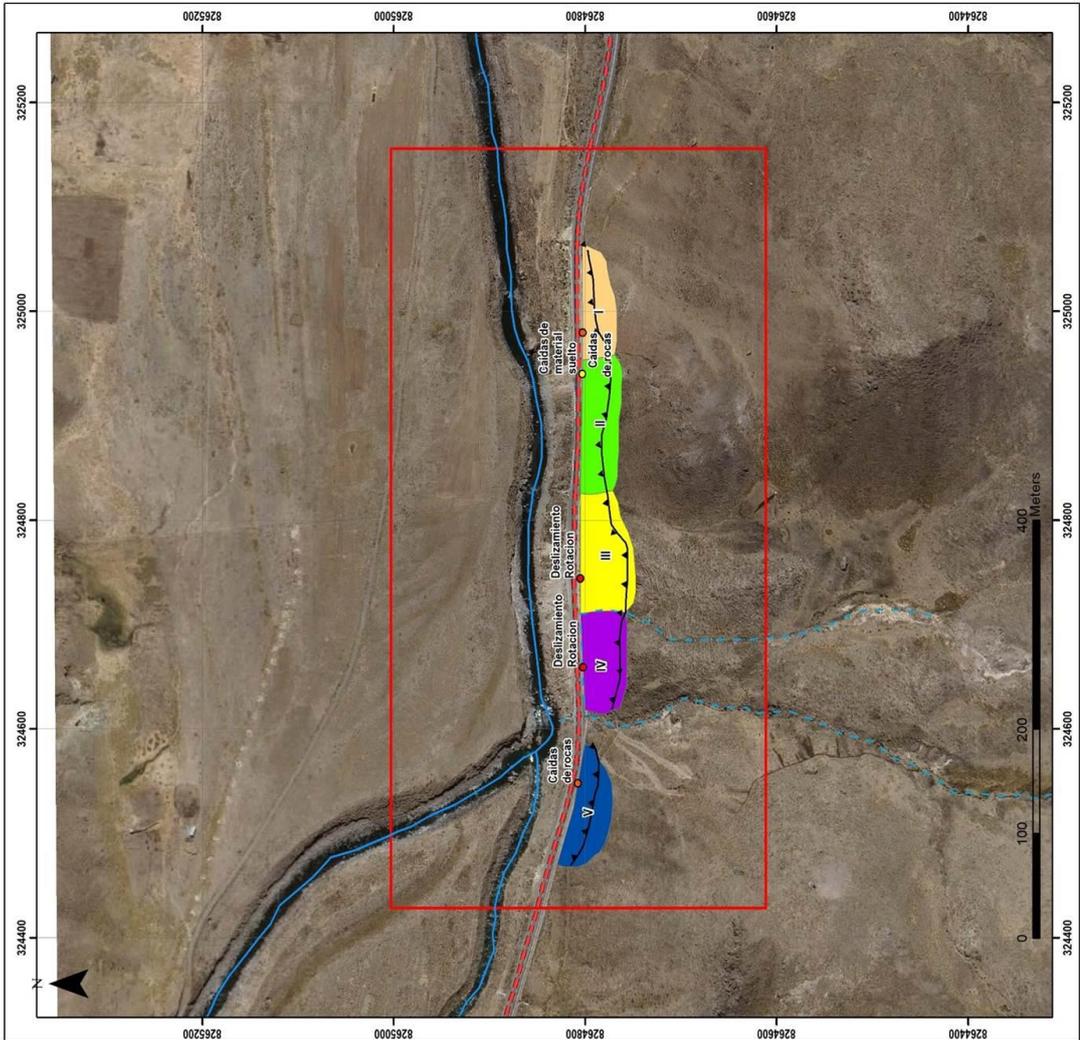
	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO	
	FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA	
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
PROYECTO: "EVALUACIÓN DE TALUDES EN EL SECTOR DE CERRILLOS DEL DISTRITO DE SANTA LUCÍA - LAMPA - PUNO"		
PLANO DE PENDIENTES		
ELABORADO POR: BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	UBICACIÓN: SANTA LUCÍA, LAMPA, PUNO	LÁMINA: 04
ASESOR: M. SC. LEONEL PALOMINO ASCENSIÓN	PROYECCIÓN: WGS84 - ZONIA 19S	



ESCALA
1:4,000



	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO	
	FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLOGICA	
PROYECTO: "EVALUACIÓN DE TALUDES EN EL SECTOR DE CERRILLOS DEL DISTRITO DE SANTA LUCÍA - LAMPA - PUNO" PLANO GEOMORFOLÓGICO		
ELABORADO POR:	UBICACIÓN:	LÁMINA:
BACH. MARCO RAUL CONQUIRA ROSAS	SANTA LUCÍA, LAMPA, PUNO	05
ASESOR:	PROYECCIÓN:	
M. SC. LEONEL PALOMINO ASCENSIÓN	WGS84 - ZONA 19S	



LEYENDA

Area de Estudio
 Carretera Interoceánica Juliaca - Arequipa
 Escarpe del Talud

Tipo

I RMR: 50, Probabilidad por falla tipo cuña de 5%, Estado: Estable
 II FS estático: 1.349, FS pseudoestático: 0.80, Estado: Inestable
 III FS estático: 0.943, FS pseudoestático: 0.547, Estado: Inestable
 IV FS estático: 1.105, FS pseudoestático: 0.706, Estado: Inestable
 V RMR: 52, Probabilidad por falla tipo cuña de 5%, Estado: Estable

Ríos

Río Principal
 Drenaje secundario

Peligros

Caídas de material suelto
 Caídas de rocas
 Deslizamiento Rotacion

ESCALA
1:4,000

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO	
	FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLOGICA	
PROYECTO: "EVALUACIÓN DE TALUDES EN EL SECTOR DE CERRILLOS DEL DISTRITO DE SANTA LUCÍA - LAMPA- PUNO" PLANO GEOTÉCNICO		
ELABORADO POR: BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	UBICACIÓN: SANTA LUCÍA, LAMPA, PUNO	LÁMINA:
ASESOR: M. SC. LEONEL PALOMINO ASCENSIÓN	PROYECCIÓN: WGS84 - ZONA 19S	06



ANEXO 7. Toma de actitudes, caracterización del macizo rocoso y clasificación geomecánica.

Toma de discontinuidades					
Talud Rocoso					
Punto	Buzamiento	Dirección de Buzamiento	Punto	Buzamiento	Dirección de Buzamiento
1	52	230	51	45	230
2	49	227	52	40	215
3	53	227	53	48	220
4	45	230	54	50	200
5	54	218	55	70	30
6	68	30	56	68	35
7	78	35	57	62	30
8	82	35	58	50	225
9	68	200	59	53	227
10	48	220	60	58	220
11	50	225	61	45	215
12	53	227	62	50	225
13	47	220	63	80	35
14	48	225	64	75	33
15	40	215	65	70	210
16	80	30	66	65	205
17	74	160	67	70	207
18	60	335	68	80	35
19	68	205	69	50	218
20	70	207	70	54	210
21	25	335	71	47	227
22	62	220	72	60	30
23	80	35	73	74	160
24	78	35	74	49	218
25	50	226	75	62	220
26	49	225	76	60	30
27	49	230	77	48	227
28	79	30	78	68	200
29	80	35	79	50	220
30	50	225	80	52	230
31	50	220	81	49	227
32	68	215	82	53	227
33	70	205	83	45	230
34	70	210	84	54	218
35	80	30	85	68	30
36	60	220	86	78	35
37	78	30	87	82	35
38	75	205	88	68	200
39	50	227	89	48	220
40	75	30	90	50	225
41	78	35	91	53	227
42	68	30	92	47	220
43	65	200	93	48	225
44	75	205	94	40	215
45	55	230	95	80	30
46	75	35	96	74	160
47	52	220	97	60	335
48	70	200	98	68	205
49	40	215	99	70	207
50	55	227	100	60	230



Toma de discontinuidades					
Talud Rocoso					
Punto	Buzamiento	Dirección de Buzamiento	Punto	Buzamiento	Dirección de Buzamiento
1	85	355	51	50	160
2	80	355	52	72	162
3	83	85	53	75	349
4	72	165	54	70	90
5	85	87	55	72	160
6	80	350	56	78	358
7	70	167	57	60	90
8	85	80	58	50	160
9	80	351	59	72	160
10	70	162	60	75	85
11	84	84	61	80	358
12	70	165	62	80	85
13	85	357	63	60	165
14	80	83	64	78	350
15	68	160	65	70	75
16	80	355	66	75	163
17	85	355	67	78	350
18	80	35	68	70	75
19	82	85	69	75	163
20	68	165	70	60	90
21	85	87	71	50	160
22	80	355	72	72	162
23	70	167	73	75	349
24	85	80	74	70	90
25	80	355	75	72	160
26	72	162	76	78	358
27	83	84	77	60	90
28	70	165	78	75	349
29	85	357	79	70	90
30	80	83	80	72	160
31	72	160	81	78	358
32	85	355	82	60	90
33	70	358	83	50	160
34	80	355	84	80	358
35	74	90	85	80	85
36	74	165	86	60	165
37	85	355	87	80	355
38	70	75	88	74	90
39	50	160	89	74	165
40	79	354	90	60	90
41	72	160	91	65	165
42	75	85	92	80	354
43	80	358	93	80	355
44	80	85	94	74	90
45	60	165	95	78	356
46	78	350	96	79	354
47	70	75	97	75	163
48	65	165	98	75	350
49	80	354	99	80	82
50	60	90	100	72	162



CARACTERIZACION DE MACIZOS																	
PROYECTO: EVALUACION DE TALUDES EN EL SECTOR DE CERRILLOS DEL DISTRITO DE SANTA LUCIA LAMPA- PUNO										LEVANTADO POR: MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS							
UBICACION: Sector Cerrillos - Santa Lucia - Lampa - Puno																	
REGISTRO LINEAL: 233+540 Km a 233+633 Km										FECHA: 01/02/2024							
ESTUDIO: Geotecnico					TIPO DE ROCA: Andesita					HOJA DE : 1 de 3							
TALUD		CONDICIONES DE EXPOSICION															
Bz.	Dir. Bz	Distancia	Orientacion discontinuidad	Resis. (Mpa)	Long. (m)	Abertura (mm)	Rugosidad	Relleno	Alteracion	Agua	N° de fracturas	Tipo	Indice de fracturas	Espac.	JV	RQD	
70	359																
TRAMO	N° discontinuidad	Interseccion de la discontinuidad	Buzamiento	Direccion de Buzamiento	Compresion unaxial	Longitud de la traza	1. Cerrada 2. Angosta < 0.1 mm 3. moderad 0.1-1 mm 4. Amplio 1-5mm 5. Muy Amplio >5mm	1. Suave 2. Ondulada 3. Liger. Rugosa 4. Rugosa 5. Muy rugosa	1. Ninguno 2. Relleno duro < 5mm 3. Relleno duro > 5mm 4. Rell. Blando < 5mm 5. Rell. Blando > 5mm	1. Inalterada 2. Ligera 3. Moderada 4. Muy alterada 5. Descompuesta	1. Seco 2. Ligeram. Humedo 3. Humedo 4. Gotearo 5. Agua fluyendo	Fracturas/metro lineal	1. Falla 2. Extrahicacion 3. Tension (juntas) 4. Corte 5. Otros				
I	1	0+3	80	210	80	10	4	4	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14	18	54
	2	0+3	76	205	80	10	4	4	4	3	3	7/1.10	3	6.36	0.16		
	3	0+3	80	32	80	10	4	4	4	3	3	6/1.20	3	5.00	0.20		
II	1	3+6	80	30	80	8	4	4	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14	18	54
	2	3+6	72	160	80	10	4	4	4	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17		
	3	3+6	76	200	80	10	4	4	4	3	3	6/1.10	3	5.45	0.18		
III	1	6+9	55	25	80	8	4	4	4	3	3	7/1.20	3	5.83	0.17	19	54
	2	6+9	80	225	80	10	4	4	4	3	3	8/1.10	3	7.27	0.14		
	3	6+9	79	210	80	10	4	4	4	3	3	6/1.10	3	5.45	0.18		
IV	1	9+12	80	35	80	10	4	4	4	3	3	6/1.15	3	5.22	0.19	18	55
	2	9+12	52	220	80	10	4	4	4	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17		
	3	9+12	70	203	80	10	4	4	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14		
V	1	12+15	85	32	80	10	4	4	4	3	3	7/1.10	3	6.36	0.16	19	52
	2	12+15	25	325	80	5	4	4	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14		
	3	12+15	72	205	80	8	4	4	4	3	3	7/1.20	3	5.83	0.17		
VI	1	15+18	80	225	80	8	3	4	4	3	3	8/1.00	3	8.00	0.13	15	66
	2	15+18	30	35	80	10	3	4	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14		
VIII	1	18+21	80	220	80	8	3	4	4	3	3	7/1.20	3	5.83	0.17	19	54
	2	18+21	30	30	80	10	3	4	4	3	3	8/1.10	3	7.27	0.14		
	3	18+21	76	204	80	8	3	4	4	3	3	6/1.10	3	5.45	0.18		
IX	1	21+24	50	225	80	10	3	4	4	3	3	8/1.00	3	8.00	0.13	15	66
	2	21+24	80	30	80	10	3	4	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14		
X	1	24+27	78	32	80	10	3	4	4	3	3	8/1.00	3	8.00	0.13	15	66
	2	24+27	52	230	80	10	3	4	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14		
XI	1	27+30	80	35	80	10	3	4	4	3	3	6/1.20	3	5.00	0.20	17	58
	2	27+30	62	220	80	10	3	4	4	3	3	7/1.10	3	6.36	0.16		
	3	27+30	70	207	80	8	3	3	4	3	3	7/1.20	3	5.83	0.17		
XII	1	30+33	40	215	80	5	3	3	4	3	3	6/1.10	3	5.45	0.18	19	53
	2	30+33	80	34	80	10	3	3	4	3	3	7/1.10	3	6.36	0.16		
	3	30+33	225	50	80	10	3	3	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14		
XIII	1	33+36	68	205	80	10	3	3	4	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17	18	54
	2	33+36	80	30	80	10	3	4	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14		
	3	33+36	50	220	80	5	3	4	4	3	3	6/1.10	3	5.45	0.18		
XIV	1	36+39	54	210	80	8	3	4	4	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17	19	51
	2	36+39	78	34	80	8	3	4	4	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17		
	3	36+39	70	207	80	8	3	4	4	3	3	8/1.10	3	7.27	0.14		
XV	1	39+42	53	227	80	10	3	4	4	3	3	8/1.00	3	8.00	0.13	16	62
	2	39+42	54	210	80	8	3	4	4	3	3	8/1.00	3	8.00	0.13		



CARACTERIZACION DE MACIZOS																	
PROYECTO: EVALUACIÓN DE TALUDES EN EL SECTOR DE CERRILLOS DEL DISTRITO DE SANTA LUCIA - LAMPA- PUNO										LEVANTADO POR: MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS							
UBICACIÓN: Sector Cerrillos - Santa Lucia - Lampa - Puno																	
REGISTRO LINEAL: 233+540 Km a 233+633 Km										FECHA: 01/02/2024							
ESTUDIO Geotécnico										TIPO DE ROCA: Andesita							
HOJA DE: 2 de 3																	
CONDICIONES DE EXPOSICION																	
Bz.	Dir. Bz																
TRAMO	N° discontinuidad	Distancia	Orientacion discontinuidad		Resis. (Mpa)	Long. (m)	Abertura (mm)	Rugosidad	Relleno	Alteracion	Agua	N° de fracturas	Tipo	Indice de fracturas	Espac.	JV	RQD
			Buzamiento	Direccion de Buzamiento													
			Interseccion de la discontinuidad				1. Cercada 2. Angosta < 0.1 mm 3. moderada 0.1-1mm 4. Ancho 1-5mm 5. Muy Ancho > 5mm	1. Suave 2. Ondulada 3. Liger. Rugosa 4. Rugosa 5. Muy rugosa	1. Ninguno 2. Relleno duro < 5mm 3. Relleno duro > 5mm 4. Rel. Blando < 5mm 5. Rel. Blando > 5mm	1. Inalterada 2. Ligera 3. Moderada 4. Muy alterada 5. Descompuesta	1. Seco 2. Ligeram. Humedo 3. Humedo 4. Gotando 5. Agua filuyendo	Fracturas/metro lineal	1. Falla 2. Estratificacion 3. Tension (juntas) 4. Corte 5. Otros				
XVI	1	42+45	80	32	80	8	3	4	4	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17	19	53
	2	42+45	76	325	80	8	3	4	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14		
	3	42+45	80	205	80	8	3	4	4	3	3	7/1.20	3	5.83	0.17		
XVII	1	45+48	80	25	80	8	3	4	4	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17	17	58
	2	45+48	72	225	80	10	3	4	4	3	3	6/1.20	3	5.00	0.20		
	3	45+48	76	210	80	10	3	4	4	3	3	7/1.10	3	6.36	0.16		
XVIII	1	48+51	55	220	80	10	3	4	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14	19	51
	2	48+51	80	30	80	10	3	4	4	3	3	7/1.10	3	6.36	0.16		
	3	48+51	79	204	80	10	3	4	4	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17		
XIX	1	51+54	80	225	80	10	3	4	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14	19	51
	2	51+54	52	220	80	10	3	4	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14		
	3	51+54	70	203	80	10	3	4	4	3	3	6/1.10	3	5.45	0.18		
XX	1	54+57	85	32	80	10	3	4	4	3	3	7/1.20	3	5.83	0.17	19	51
	2	54+57	25	325	80	8	3	4	4	3	3	8/1.10	3	7.27	0.14		
	3	54+57	72	205	80	8	3	3	4	3	3	7/1.10	3	6.36	0.16		
XXI	1	57+60	80	225	80	8	3	3	4	3	3	8/1.00	3	8.00	0.13	16	62
	2	57+60	30	35	80	8	3	3	4	3	3	8/1.00	3	8.00	0.13		
XXII	1	60+63	80	220	80	8	3	3	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14	20	48
	2	60+63	30	30	80	8	3	3	4	3	3	7/1.10	3	6.36	0.16		
	3	60+63	76	204	80	8	3	4	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14		
XXIII	1	63+66	50	225	80	10	3	4	4	3	3	9/1.00	3	9.00	0.11	18	56
	2	63+66	80	30	80	10	3	4	4	3	3	8/0.90	3	8.89	0.11		
XXIV	1	66+69	78	32	80	10	3	4	4	3	3	8/1.00	3	8.00	0.13	15	66
	2	66+69	52	230	80	10	3	4	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14		
XXV	1	69+72	80	210	80	8	3	4	4	3	3	7/1.10	3	7.27	0.14	20	48
	2	69+72	62	205	80	8	3	4	4	3	3	7/1.20	3	5.83	0.17		
	3	69+72	70	32	80	8	3	4	4	3	3	8/1.10	3	7.27	0.14		
XXVI	1	72+75	40	30	80	8	3	4	4	3	3	6/1.10	3	5.45	0.18	18	54
	2	72+75	80	160	80	3	3	4	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14		
	3	72+75	225	200	80	3	3	4	4	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17		
XXVII	1	75+78	68	25	80	3	3	3	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14	19	53
	2	75+78	80	225	80	3	3	3	4	3	3	7/1.20	3	5.83	0.17		
	3	75+78	50	210	80	5	3	3	4	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17		
XXVIII	1	78+81	54	35	80	5	3	3	4	3	3	7/1.10	3	6.36	0.16	19	51
	2	78+81	78	220	80	5	3	3	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14		
	3	78+81	70	203	50	5	3	3	3	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17		
XXIX	1	81+84	53	227	50	3	3	3	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14	15	66
	2	81+84	54	210	50	3	3	3	4	3	3	8/1.00	3	8.00	0.13		



CARACTERIZACION DE MACIZOS																
PROYECTO: EVALUACIÓN DE TALUDES EN EL SECTOR DE CERRILLOS DEL DISTRITO DE SANTA LUCIA - LAMPA- PUNO												LEVANTADO POR: MARCO RAUL COA QUIRA ROSAS				
UBICACIÓN: Sector Cerrillos - Santa Lucia - Lampa - Puno																
REGISTRO LINEAL: 233+540 Km a 233+633Km												FECHA: 01/02/2024				
ESTUDIO: Geotecnico						TIPO DE ROCA: Andesita						HOJA DE: 3 de 3				
TALUD		CONDICIONES DE EXPOSICION														
Bz.	Dir. Bz															
70	359															
TRAMO	N° discontinuidad	Distancia	Orientacion discontinuidad	Resis. (Mpa)	Long. (m)	Abertura (mm)	Rugosidad	Relleno	Alteracion	Agua	N° de fracturas	Tipo	Indice de fracturas	Espac.	JV	RQD
		Interseccion de la discontinuidad	Buzamiento	Compresion unaxial	Longitud de la traza	1. Cerrada 2. Angosta <0.1 mm 3. media 0.1-1 mm 4. Ancho 1-5mm 5. Muy Ancho >5mm	1. Suave 2. Ondulada 3. Liger. Rugosa 4. Rugosa 5. Muy rugosa	1. Ninguno 2. Relleno duro <5mm 3. Relleno duro >5mm 4. Rel. Blando <5mm 5. Rel. Blando >5mm	1. No alterada 2. Ligera 3. Moderada 4. Muy alterada 5. Descompuesta	1. Seco 2. Higrum. Humedo 3. Humedo 4. Goteando 5. Agua fluuyendo	Fracturas/metro lineal	1. Falla 2. Estratificacion 3. Tension (juntas) 4. Corte 5. Otros				
XXX	1	84+87	52	230	50	3	3	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14	15	66
	2	84+87	49	210	50	3	3	4	3	3	8/1.00	3	8.00	0.13		
XXXI	1	87+90	54	218	50	5	3	4	3	3	8/1.00	3	8.00	0.13	15	66
	2	87+90	68	200	50	5	3	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14		
XXXII	1	90+93	47	220	50	5	3	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14	15	66
	2	90+93	40	215	50	5	3	4	3	3	8/1.00	3	8.00	0.13		
PROMEDIO																59



CLASIFICACION GEOMECANICA RMR Y GSI																	
PROYECTO: EVALUACIÓN DE TALUDES EN EL SECTOR DE CERRILLOS DEL DISTRITO DE SANTA LUCIA - LAMPA - PUNO										LEVANTADO POR: MARCO RAUL COA QUIRA ROSAS							
UBICACIÓN: Sector Cerrillos - Santa Lucia - Lampa - Puno																	
REGISTRO LINEAL: 233+540 Km a 233+633 Km										FECHA: 01/02/2024							
ESTUDIO: Geotecnico						TIPO DE ROCA: Andesita						HOJA DE: 1 de 3					
TRAMO	Distancia	RESISTENCIA		RQD	ESPACIAMIENTO		CONDICION DE JUNTAS						AGUA FREATICA		RMR	GSI	
		Mpa	PTJE:		%	PTJE:	m	PTJE:	LONG.	ABERT.	RUGOS.	RELL.	ALT.	TOTAL			ESTADO
I	0+3	80	7	54	13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	0+3	80	7		13	0.16	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	0+3	80	7		13	0.20	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
II	3+6	80	7	54	13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	3+6	80	7		13	0.17	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	3+6	80	7		13	0.18	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
III	6+9	80	7	54	13	0.17	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	6+9	80	7		13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	6+9	80	7		13	0.18	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
IV	9+12	80	7	55	13	0.19	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	9+12	80	7		13	0.17	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	9+12	80	7		13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
V	12+15	80	7	52	13	0.16	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	12+15	80	7		13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	12+15	80	7		13	0.17	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
VI	15+18	80	7	66	13	0.13	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	15+18	80	7		13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
VIII	18+21	80	7	54	13	0.17	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	18+21	80	7		13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	18+21	80	7		13	0.18	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
IX	21+24	80	7	66	13	0.13	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	21+24	60	7		13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
X	24+27	80	7	66	13	0.13	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	24+27	80	7		13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
XI	27+30	60	7	58	13	0.20	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	27+30	60	7		13	0.16	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	27+30	80	7		13	0.17	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
XII	30+33	80	7	53	13	0.18	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
	30+33	60	7		13	0.16	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
	30+33	80	7		13	0.14	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
XIII	33+36	80	7	54	13	0.17	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
	33+36	80	7		13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	33+36	80	7		13	0.18	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
XIV	36+39	60	7	51	13	0.17	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	36+39	60	7		13	0.17	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	36+39	80	7		13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
XV	39+42	80	7	62	13	0.13	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	39+42	80	7		13	0.13	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45



CLASIFICACION GEOMECANICA RMR Y GSI																	
PROYECTO: EVALUACIÓN DE TALUDES EN EL SECTOR DE CERRILLOS DEL DISTRITO DE SANTA LUCIA - LAMPA - PUNO											LEVANTADO POR: MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS						
UBICACIÓN: Sector Cerrillos - Santa Lucia - Lampa - Puno																	
REGISTRO LINEAL: 233+540 Km a 233+633 Km											FECHA: 01/02/2024						
ESTUDIO: Geotecnico					TIPO DE ROCA: Andesita					HOJA DE : 2 de 3							
TRAMO	Distancia	RESISTENCIA		RQD	ESPACIAMIENTO		CONDICION DE JUNTAS						AGUA FREATICA		RMR	GSI	
		Mpa	PTJE: %		PTJE: m	PTJE:	LONG.	ABERT.	RUGOS.	RELL.	ALT.	TOTAL	ESTADO	PTJE:			
XVI	42+45	80	7	53	13	0.17	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	42+45	80	7		13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	42+45	80	7		13	0.17	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
XVII	45+48	80	7	58	13	0.17	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	45+48	80	7		13	0.20	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	45+48	80	7		13	0.16	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
XVIII	48+51	80	7	51	13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	48+51	80	7		13	0.16	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	48+51	80	7		13	0.17	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
XIX	51+54	80	7	51	13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	51+54	80	7		13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	51+54	80	7		13	0.18	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
XX	54+57	80	7	51	13	0.17	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	54+57	80	7		13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	54+57	80	7		13	0.16	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
XXI	57+60	80	7	62	13	0.13	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
	57+60	80	7		13	0.13	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
XXII	60+63	80	7	48	13	0.14	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
	60+63	80	7		13	0.16	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
	60+63	80	7		13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
XXIII	63+66	80	7	56	13	0.11	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	63+66	80	7		13	0.11	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
XXIV	66+69	80	7	66	13	0.13	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	66+69	80	7		13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
XXV	69+72	80	7	48	13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	69+72	80	7		13	0.17	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	69+72	80	7		13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
XXVI	72+75	80	7	54	13	0.18	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	72+75	80	7		13	0.14	8	4	3	5	2	3	17	3	7	52	47
	72+75	80	7		13	0.17	8	4	3	5	2	3	17	3	7	52	47
XXVII	75+78	80	7	53	13	0.14	8	4	3	3	2	3	15	3	7	50	45
	75+78	80	7		13	0.17	8	4	3	3	2	3	15	3	7	50	45
	75+78	80	7		13	0.17	8	4	3	3	2	3	15	3	7	50	45
XXVIII	78+81	80	7	51	13	0.16	8	4	3	3	2	3	15	3	7	50	45
	78+81	80	7		13	0.14	8	4	3	3	2	3	15	3	7	50	45
	78+81	50	7		13	0.17	8	4	3	3	2	3	15	3	7	50	45
XXIX	81+84	50	7	66	13	0.14	8	4	3	3	2	3	15	3	7	50	45
	81+84	50	7		13	0.13	8	4	3	3	2	3	15	3	7	50	45



CLASIFICACION GEOMECANICA RMR Y GSI																	
PROYECTO: EVALUACIÓN DE TALUDES EN EL SECTOR DE CERRILLOS DEL DISTRITO DE SANTA LUCIA - LAMPA- PUNO										LEVANTADO POR: MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS							
UBICACIÓN: Sector Cerrillos - Santa Lucia - Lampa - Puno																	
REGISTRO LINEAL: 233+540 Km a 233+633 Km										FECHA: 01/02/2024							
ESTUDIO: Geotecnico						TIPO DE ROCA: Andesita						HOJA DE: 3 de 3					
TRAMO	Distancia	RESISTENCIA		RQD		ESPACIAMIENTO		CONDICION DE JUNTAS					AGUA FREATICA		RMR	GSI	
		Mpa	PTJE:	%	PTJE:	m	PTJE:	LONG.	ABERT.	RUGOS.	RELL.	ALT.	TOTAL	ESTADO			PTJE:
XXX	84+87	50	7	66	13	0.14	8	4	3	3	2	3	15	3	7	50	45
	84+87	50	7		13	0.13	8	4	3	3	2	3	15	3	7	50	45
XXXI	87+90	50	7	66	13	0.13	8	4	3	3	2	3	15	3	7	50	45
	87+90	50	7		13	0.14	8	4	3	3	2	3	15	3	7	50	45
XXXII	90+93	50	7	66	13	0.14	8	4	3	3	2	3	15	3	7	50	45
	90+93	50	7		13	0.13	8	4	3	3	2	3	15	3	7	50	45
PROMEDIO															50	45	



CARACTERIZACIÓN DE MACIZOS																	
PROYECTO: EVALUACIÓN DE TALUDES EN EL SECTOR DE CERRILLOS DEL DISTRITO DE SANTA LUCÍA - LAMPA- PUNO												LEVANTADO POR: MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS					
UBICACIÓN: Sector Cerrillos - Santa Lucía - Lampa - Puno																	
REGISTRO LINEAL: 233+050 Km a 233+167 Km												FECHA: 01/02/2024					
ESTUDIO Geotécnico						TIPO DE ROCA: Andesita						HOJA DE: 1 de 3					
TALUD		CONDICIONES DE EXPOSICIÓN															
Bz	Dir. Bz	Distancia	Orientación discontinuidad	Resis. (Mpa)	Long. (m)	Abertura (mm)	Rugosidad	Relleno	Alteración	Agua	N° de fracturas	Tipo	Indice de fracturas	Espac.	JV	RQD	
60	30																
I	1	0+3	80	355	80	10	3	4	4	2	2	6/1.10	3	5.45	0.18	18	57
	2	0+3	74	90	80	10	3	4	4	2	2	6/1.15	3	5.22	0.19		
	3	0+3	74	165	80	10	3	4	4	2	2	7/1.00	3	7.00	0.14		
II	1	3+6	85	355	80	8	3	4	4	2	2	7/1.00	3	7.00	0.14	18	54
	2	3+6	70	75	80	10	3	4	4	2	2	6/1.10	3	5.45	0.18		
	3	3+6	50	160	80	10	3	4	4	2	2	6/1.00	3	6.00	0.17		
III	1	6+9	79	354	80	8	3	4	4	2	2	7/1.20	3	5.83	0.17	19	53
	2	6+9	72	160	80	10	3	4	4	2	2	6/1.00	3	6.00	0.17		
	3	6+9	75	85	80	10	3	4	4	2	2	7/1.00	3	7.00	0.14		
IV	1	9+12	80	358	80	10	3	4	4	2	2	7/1.20	3	5.83	0.17	18	57
	2	9+12	80	85	80	10	3	4	4	2	2	7/1.10	3	6.36	0.16		
	3	9+12	60	165	80	8	3	4	4	2	2	6/1.10	3	5.45	0.18		
V	1	12+15	78	350	80	5	3	4	4	2	2	6/1.00	3	6.00	0.17	18	56
	2	12+15	70	75	80	10	3	4	4	2	2	6/1.00	3	6.00	0.17		
	3	12+15	75	163	80	10	3	4	4	2	2	6/1.00	3	6.00	0.17		
VI	1	15+18	75	350	80	10	3	4	4	2	2	7/1.10	3	6.36	0.16	18	54
	2	15+18	80	82	80	10	3	4	4	2	2	6/1.20	3	5.00	0.20		
	3	15+18	72	162	80	5	3	4	4	2	2	7/1.00	3	7.00	0.14		
VII	1	18+21	75	349	80	8	3	4	4	2	2	6/1.00	3	6.00	0.17	17	58
	2	18+21	70	90	80	8	3	4	4	2	3	6/1.10	3	5.45	0.18		
	3	18+21	72	160	80	8	3	4	4	2	3	7/1.20	3	5.83	0.17		
VIII	1	21+24	78	358	80	10	3	4	4	2	3	7/1.10	3	6.36	0.16	18	54
	2	21+24	60	90	80	8	3	4	4	2	3	7/1.00	3	7.00	0.14		
	3	21+24	50	160	80	10	3	4	4	3	3	6/1.20	3	5.00	0.20		
IX	1	24+27	80	355	80	10	3	4	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14	14	69
	2	24+27	74	90	80	10	3	4	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14		
X	1	27+30	78	356	80	8	3	3	4	3	3	6/1.10	3	5.45	0.18	19	53
	2	27+30	80	85	80	5	3	3	4	3	3	7/1.10	3	6.36	0.16		
	3	27+30	70	165	80	10	3	3	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14		
XI	1	30+33	80	356	80	10	3	3	4	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17	18	54
	2	30+33	60	90	80	10	3	3	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14		
	3	30+33	65	165	80	10	3	4	4	3	3	6/1.10	3	5.45	0.18		
XII	1	33+36	80	354	80	5	3	4	4	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17	18	54
	2	33+36	75	85	80	8	3	4	4	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17		
	3	33+36	72	162	80	8	3	4	4	3	3	7/1.10	3	6.36	0.16		
XIII	1	36+39	76	348	80	8	3	4	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14	18	56
	2	36+39	75	90	80	10	3	4	4	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17		
	3	36+39	72	165	80	8	3	4	4	3	3	6/1.20	3	5.00	0.20		



CARACTERIZACION DE MACIZOS																	
PROYECTO: EVALUACION DE TALUDES EN EL SECTOR DE CERRILLOS DEL DISTRITO DE SANTA LUCIA - LAMPA- PUNO											LEVANTADO POR: MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS						
UBICACION: Sector Cerrillos - Santa Lucia - Lampa - Puno																	
REGISTRO LINEAL: 233+0.50 Km a 233+167 Km											FECHA: 01/02/2024						
ESTUDIO: Geotecnico											TIPO DE ROCA: Andesita						
HOJA DE : 2 de 3																	
CONDICIONES DE EXPOSICION																	
Bz.	Dir. Bz																
		60	30														
TRAMO	N° discontinuidad	Distancia	Orientacion discontinuidad		Resis. (Mpa)	Long. (m)	Abertura (mm)	Rugosidad	Relleno	Alteracion	Agua	N. de fracturas	Tipo	Indice de fracturas	Espac.	JV	RQD
			Buzamiento	Direccion de Buzamiento													
							1. Cerrada 2. Angosta < 0.1 mm 3. moderad 0.1-1mm 4. Amplio 1-5mm 5. Muy Amplio >5mm	1. Suave 2. Ondulada 3. Liger. Rugosa 4. Rugosa 5. Muy rugosa	1. Ninguno 2. Relleno duro < 5mm 3. Relleno duro > 5mm 4. Rell. Blando < 5mm 5. Rell. Blando > 5mm	1. Inalterada 2. Ligera 3. Moderada 4. Muy alterada 5. Descompuesta	1. Seco 2. Ligeram. Humedo 3. Humedo 4. Goteando 5. Agua fluyendo	Fracturas/metro lineal	1. Falla 2. Estratificacion 3. Tension (juntas) 4. Corte 5. Otros				
XIV	1	39+42	60	90	80	8	3	4	4	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17	18	56
	2	39+42	65	165	80	8	3	4	4	3	3	6/1.20	3	5.00	0.20		
	3	39+42	80	354	80	8	3	4	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14		
XV	1	42+45	74	90	80	8	3	4	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14	19	53
	2	42+45	74	165	80	10	3	4	2	3	3	6/1.10	3	5.45	0.18		
	3	42+45	60	90	80	10	3	4	2	3	3	7/1.10	3	6.36	0.16		
XVI	1	45+48	79	354	80	10	3	4	2	3	2	7/1.00	3	7.00	0.14	19	52
	2	45+48	72	160	80	10	3	4	2	3	2	6/1.00	3	6.00	0.17		
	3	45+48	75	85	80	10	3	4	4	3	2	6/1.00	3	6.00	0.17		
XVII	1	48+51	80	358	80	10	3	4	4	3	2	6/1.10	3	5.45	0.18	17	57
	2	48+51	80	85	80	10	3	4	4	3	2	6/1.00	3	6.00	0.17		
	3	48+51	60	165	80	10	3	4	4	3	2	6/1.00	3	6.00	0.17		
XVIII	1	51+54	78	350	80	10	3	4	4	3	2	7/1.10	3	6.36	0.16	19	51
	2	51+54	70	75	80	8	3	4	4	3	2	7/1.00	3	7.00	0.14		
	3	51+54	75	163	80	8	3	3	4	3	2	6/1.00	3	6.00	0.17		
XIX	1	54+57	60	90	80	8	3	3	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14	16	63
	2	54+57	50	160	80	8	3	3	4	3	3	7/0.80	3	8.75	0.11		
XX	1	57+60	72	162	80	8	3	3	4	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17	18	54
	2	57+60	75	349	80	8	3	3	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14		
	3	57+60	70	90	80	8	3	4	4	3	3	6/1.10	3	5.45	0.18		
XXI	1	60+63	72	160	80	10	3	4	2	3	3	8/1.00	3	8.00	0.13	15	66
	2	60+63	78	358	80	10	3	4	2	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14		
XXII	1	63+66	60	90	80	10	3	4	2	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14	14	69
	2	63+66	50	160	80	10	3	4	2	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14		
XXIII	1	66+69	80	358	80	8	3	4	2	3	3	6/1.10	3	5.45	0.18	18	54
	2	66+69	80	85	80	8	3	4	2	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17		
	3	66+69	60	165	80	8	3	4	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14		
XXIV	1	69+72	80	355	80	8	3	4	4	3	2	6/1.00	3	6.00	0.17	17	58
	2	69+72	74	90	80	8	3	4	4	3	2	7/1.10	3	6.36	0.16		
	3	69+72	74	165	80	8	3	4	4	3	2	6/1.20	3	5.00	0.20		
XXV	1	72+75	60	90	80	8	3	3	4	3	2	7/1.00	3	7.00	0.14	18	54
	2	72+75	65	165	80	8	3	3	4	3	2	6/1.00	3	6.00	0.17		
	3	72+75	80	354	80	8	3	3	2	3	2	6/1.10	3	5.45	0.18		
XXVI	1	75+78	80	355	80	8	3	3	2	3	2	7/1.00	3	7.00	0.14	19	53
	2	75+78	74	90	80	8	3	3	2	3	2	6/1.10	3	5.45	0.18		
	3	75+78	78	356	80	8	3	3	2	3	2	7/1.10	3	6.36	0.16		
XXVII	1	78+81	79	354	80	8	3	3	2	3	2	7/1.00	3	7.00	0.14	18	54
	2	78+81	72	160	80	8	3	3	4	3	2	6/1.10	3	5.45	0.18		
	3	78+81	75	85	80	8	3	3	4	3	2	6/1.00	3	6.00	0.17		



CARACTERIZACION DE MACIZOS																	
PROYECTO: EVALUACIÓN DE TALUDES EN EL SECTOR DE CERRILLOS DEL DISTRITO DE SANTA LUCIA - LAMPA - PUNO										LEVANTADO POR: MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS							
UBICACIÓN: Sector Cerrillos - Santa Lucía - Lampa - Puno																	
REGISTRO LINEAL: 233+050 Km a 233+167 Km										FECHA: 01/02/2024							
ESTUDIO: Geotecnico					TIPO DE ROCA: Andesita					HOJADE: 3 de 3							
TALUD		CONDICIONES DE EXPOSICION															
Bz	Dir. Bz	Distancia	Orientacion discontinuidad	Resis. (Mpa)	Long. (m)	Abertura (mm)	Rugosidad	Relleno	Alteracion	Agua	N° de fracturas	Tipo	Indice de fracturas	Espac.	JV	RQD	
60	30																
TRAMO	N° discontinuidad	Interseccion de la discontinuidad	Buzamiento	Direccion de Buzamiento	Compresion uniaxial	Longitud de la traza	1. Cerrada 2. Angosta < 0.1 mm 3. moderad 0.1-1mm 4. Amplio 1-5mm 5. Muy Amplio > 5mm	1. Suave 2. Ondulada 3. Ligero Rugosa 4. Rugosa 5. Muy rugosa	1. Ninguno 2. Relleno duro < 5mm 3. Relleno duro > 5mm 4. Rell. Blando < 5mm 5. Rell. Blando > 5mm	1. Inalterada 2. Ligera 3. Moderada 4. Muy alterada 5. Descompuesta	1. Seco 2. Lageram. Humedo 3. Humedo 4. Goteardo 5. Agua fluyendo	Fracturas/metro lineal	1. Falla 2. Estratificacion 3. Tension (juntas) 4. Corte 5. Otros				
XXVIII	1	81+84	60	90	80	8	3	3	4	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17	18	56
	2	81+84	65	165	80	8	3	3	4	3	3	7/1.20	3	5.83	0.17		
	3	81+84	80	354	80	8	3	3	2	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17		
XXIX	1	84+87	79	354	80	8	3	3	4	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14	18	54
	2	84+87	72	160	80	8	3	3	4	3	3	6/1.10	3	5.45	0.18		
	3	84+87	75	85	80	8	3	3	4	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17		
XXX	1	87+90	80	358	80	8	3	3	2	3	3	6/1.10	3	5.45	0.18	18	54
	2	87+90	80	85	80	10	3	3	2	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17		
	3	87+90	60	165	80	10	3	3	2	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14		
XXXI	1	90+93	78	350	80	10	3	3	2	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17	17	58
	2	90+93	70	75	80	10	3	3	2	3	3	7/1.10	3	6.36	0.16		
	3	90+93	75	163	80	10	3	3	2	3	3	6/1.20	3	5.00	0.20		
XXXII	1	93+96	78	350	80	10	3	3	2	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14	18	54
	2	93+96	70	75	80	10	3	3	2	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17		
	3	93+96	75	163	80	10	3	3	2	3	3	6/1.10	3	5.45	0.18		
XXXIII	1	96+99	60	90	80	8	3	3	2	3	3	7/1.20	3	5.83	0.17	18	55
	2	96+99	50	160	80	8	3	3	2	3	3	7/1.10	3	6.36	0.16		
	3	96+99	72	162	80	8	3	3	2	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17		
XXXIV	1	99+102	75	349	80	8	3	3	2	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14	18	54
	2	99+102	70	90	80	8	3	3	2	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17		
	3	99+102	72	160	80	8	3	3	2	2	2	6/1.10	3	5.45	0.18		
XXXV	1	102+105	78	358	80	10	3	3	2	2	2	6/1.00	3	6.00	0.17	18	56
	2	102+105	60	90	80	10	3	3	2	2	2	6/1.00	3	6.00	0.17		
	3	102+105	50	160	80	10	3	3	2	2	2	6/1.00	3	6.00	0.17		
XXXVI	1	105+108	60	90	80	10	3	3	2	2	2	6/1.10	3	5.45	0.18	18	54
	2	105+108	65	165	80	10	3	3	2	2	2	6/1.00	3	6.00	0.17		
	3	105+108	80	354	80	10	3	3	2	2	2	7/1.00	3	7.00	0.14		
XXXVII	1	108+111	60	90	80	10	3	3	2	2	2	6/1.00	3	6.00	0.17	18	54
	2	108+111	50	160	80	10	3	3	2	2	2	7/1.10	3	6.36	0.16		
	3	108+111	72	162	80	10	3	3	2	2	2	6/1.00	3	6.00	0.17		
XXXVIII	1	111+114	75	349	80	10	3	3	2	2	2	6/1.10	3	5.45	0.18	19	53
	2	111+114	70	90	80	10	3	3	2	3	3	7/1.10	3	6.36	0.16		
	3	111+114	72	160	80	10	3	3	2	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14		
XXXIX	1	114+117	78	358	80	8	3	3	2	3	3	6/1.00	3	6.00	0.17	18	54
	2	114+117	60	90	80	8	3	3	2	3	3	7/1.00	3	7.00	0.14		
	3	114+117	50	160	80	8	3	3	2	3	3	6/1.10	3	5.45	0.18		
PROMEDIO																56	



CLASIFICACION GEOMECANICA RMR Y GSI																	
PROYECTO: EVA LUACIÓN DE TALUDES EN EL SECTOR DE CERRILLOS DEL DISTRITO DE SANTA LUCIA - LAMPA - PUNO										LEVANTADO POR: MARCO RAUL COA QUIRA ROSAS							
UBICACIÓN: Sector Cerrillos - Santa Lucia - Lampa - Puno																	
REGISTRO LINEAL: 233+050 Km a 233+167 Km										FECHA: 01/02/2024							
ESTUDIO: Geotecnico						TIPO DE ROCA: Andesita						HOJA DE: 1 de 3					
TRAMO	Distancia	RESISTENCIA		RQD	ESPACIAMIENTO			CONDICION DE JUNTAS						AGUA FREATICA		RMR	GSI
		Mpa	PTJE:		%	PTJE:	m	PTJE:	LONG.	ABERT.	RUGOS.	RELL.	ALT.	TOTAL	ESTADO		
I	0+3	80	7	57	13	0.18	8	2	3	5	2	5	17	3	10	55	50
	0+3	80	7		13	0.19	8	2	3	5	2	5	17	3	10	55	50
	0+3	80	7		13	0.14	8	2	3	5	2	5	17	3	10	55	50
II	3+6	80	7	54	13	0.14	8	2	3	5	2	5	17	3	10	55	50
	3+6	80	7		13	0.18	8	2	3	5	2	5	17	3	10	55	50
	3+6	80	7		13	0.17	8	2	3	5	2	5	17	3	10	55	50
III	6+9	80	7	53	13	0.17	8	2	3	5	2	5	17	3	10	55	50
	6+9	80	7		13	0.17	8	2	3	5	2	5	17	3	10	55	50
	6+9	80	7		13	0.14	10	2	3	5	2	5	17	3	10	57	52
IV	9+12	80	7	57	13	0.17	8	2	3	5	2	5	17	3	10	55	50
	9+12	80	7		13	0.14	8	2	3	5	2	5	17	3	10	55	50
	9+12	80	7		13	0.18	8	2	3	5	2	5	17	3	10	55	50
V	12+15	80	7	56	13	0.17	8	2	3	5	2	5	17	3	10	55	50
	12+15	80	7		13	0.14	8	2	3	5	2	5	17	3	10	55	50
	12+15	80	7		13	0.17	8	2	3	5	2	5	17	3	10	55	50
VI	15+18	80	7	54	13	0.16	8	2	3	5	2	5	17	3	10	55	50
	15+18	80	7		13	0.20	8	2	3	5	2	5	17	3	10	55	50
	15+18	80	7		13	0.14	8	2	3	5	2	5	17	3	10	55	50
VII	18+21	80	7	58	13	0.17	8	2	3	5	2	5	17	3	10	55	50
	18+21	80	7		13	0.18	8	2	3	5	2	5	17	3	7	52	47
	18+21	80	7		13	0.17	8	2	3	5	2	5	17	3	7	52	47
VIII	21+24	80	7	54	13	0.16	8	2	3	5	2	5	17	3	7	52	47
	21+24	80	7		13	0.14	8	2	3	5	2	5	17	3	7	52	47
	21+24	80	7		13	0.20	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
XI	24+27	80	7	69	13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	24+27	80	7		13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
X	27+30	80	7	53	13	0.18	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
	27+30	80	7		13	0.16	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
	27+30	80	7		13	0.14	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
XI	30+33	80	7	54	13	0.17	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
	30+33	80	7		13	0.14	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
	30+33	80	7		13	0.18	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
XII	33+36	80	7	54	13	0.17	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	33+36	80	7		13	0.17	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	33+36	80	7		13	0.16	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
XIII	36+39	80	7	56	13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	36+39	80	7		13	0.17	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	36+39	80	7		13	0.17	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45



CLASIFICACION GEOMECANICA RMR Y GSI																	
PROYECTO: EVALUACIÓN DE TALUDES EN EL SECTOR DE CERRILLOS DEL DISTRITO DE SANTA LUCIA - LAMPA - PUNO											LEVANTADO POR: MARCORAU COAQUIRA ROSAS						
UBICACIÓN: Sector Cerrillos - Santa Lucia - Lampa - Puno																	
REGISTRO LINEAL: 233+050 Km a 233+167 Km											FECHA: 01/02/2024						
ESTUDIO: Geotécnico					TIPO DE ROCA: Andesita					HOJA DE: 2 de 3							
TRAMO	Distancia	RESISTENCIA		RQD	ESPACIAMIENTO			CONDICION DE JUNTAS					AGUA FREATICA		RMR	GSI	
		Mpa	PTJE:		%	PTJE:	m	PTJE:	LONG.	ABERT.	RUGOS.	RELL.	ALT.	TOTAL			ESTADO
XIV	39+42	80	7	56	13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	3	10	53	48
	39+42	80	7		13	0.20	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	39+42	80	7		13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
XV	42+45	80	7	53	13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	2	10	53	48
	42+45	80	7		13	0.18	8	2	3	5	4	3	17	2	10	55	50
	42+45	80	7		13	0.16	8	2	3	5	4	3	17	2	10	55	50
XVI	45+48	80	7	52	13	0.14	8	2	3	5	4	3	17	2	10	55	50
	45+48	80	7		13	0.17	8	2	3	5	4	3	17	2	10	55	50
	45+48	80	7		13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	2	10	53	48
XVII	48+51	80	7	57	13	0.18	8	2	3	5	2	3	15	2	10	53	48
	48+51	80	7		13	0.17	8	2	3	5	2	3	15	2	10	53	48
	48+51	80	7		13	0.17	8	2	3	5	2	3	15	2	10	53	48
XVIII	51+54	80	7	51	13	0.16	8	2	3	5	2	3	15	2	10	53	48
	51+54	80	7		13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	2	10	53	48
	51+54	80	7		13	0.17	8	2	3	3	2	3	13	2	10	51	46
XIX	54+57	80	7	63	13	0.14	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
	54+57	80	7		13	0.11	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
XX	57+60	80	7	54	13	0.17	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
	57+60	80	7		13	0.14	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
	57+60	80	7		13	0.18	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
XXI	60+63	80	7	66	13	0.13	8	2	3	5	4	3	17	3	7	52	47
	60+63	80	7		13	0.14	8	2	3	5	4	3	17	3	7	52	47
XXII	63+66	80	7	69	13	0.14	8	2	3	5	4	3	17	3	7	52	47
	63+66	80	7		13	0.14	8	2	3	5	4	3	17	3	7	52	47
XXIII	66+69	80	7	54	13	0.18	8	2	3	5	4	3	17	3	7	52	47
	66+69	80	7		13	0.17	8	2	3	5	4	3	17	3	7	52	47
	66+69	80	7		13	0.14	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
XXIV	69+72	80	7	58	13	0.17	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	69+72	80	7		13	0.16	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
	69+72	80	7		13	0.20	8	2	3	5	2	3	15	3	7	50	45
XXV	72+75	80	7	54	13	0.14	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
	72+75	80	7		13	0.17	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
	72+75	80	7		13	0.18	8	2	3	3	4	3	15	3	7	50	45
XXVI	75+78	80	7	53	13	0.14	8	2	3	3	4	3	15	3	7	50	45
	75+78	80	7		13	0.18	8	2	3	3	4	3	15	3	7	50	45
	75+78	80	7		13	0.16	8	2	3	3	4	3	15	3	7	50	45
XXVII	78+81	80	7	54	13	0.14	8	2	3	3	4	3	15	3	7	50	45
	78+81	80	7		13	0.18	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
	78+81	80	7		13	0.14	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43



CLASIFICACION GEOMECANICA RMR Y GSI																	
PROYECTO: EVALUACIÓN DE TALUDES EN EL SECTOR DE CERRILLOS DEL DISTRITO DE SANTA LUCIA - LAMPA - PUNO											LEVANTADO POR: MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS						
UBICACIÓN: Sector Cerrillos - Santa Lucía - Lampa - Puno																	
REGISTRO LINEAL: 233+050 Km a 233+167 Km											FECHA: 01/02/2024						
ESTUDIO: Geotecnico				TIPO DE ROCA: Andesita						HOJA DE: 3 de 3							
TRAMO	Distancia	RESISTENCIA		RQD	ESPACIAMIENTO			CONDICION DE JUNTAS					AGUA FREATICA		RMR	GSI	
		Mpa	PTJE:		%	PTJE:	m	PTJE:	LONG.	ABERT.	RUGOS.	RELL.	ALT.	TOTAL			ESTADO
XXVIII	81+84	80	7	56	13	0.17	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
	81+84	80	7		13	0.17	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
	81+84	80	7		13	0.17	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
XXIX	84+87	80	7	54	13	0.14	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
	84+87	80	7		13	0.16	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
	84+87	80	7		13	0.17	8	2	3	3	2	3	13	3	7	48	43
XXX	87+90	80	7	54	13	0.18	8	2	3	3	4	3	15	3	7	50	45
	87+90	80	7		13	0.17	8	2	3	3	4	3	15	3	7	50	45
	87+90	80	7		13	0.14	8	2	3	3	4	3	15	3	7	50	45
XXXI	90+93	80	7	58	13	0.17	8	2	3	3	4	3	15	3	7	50	45
	90+93	80	7		13	0.16	8	2	3	3	4	3	15	3	7	50	45
	90+93	80	7		13	0.20	8	2	3	3	4	3	15	3	7	50	45
XXXII	93+96	80	7	54	13	0.14	8	2	3	3	4	3	15	3	7	50	45
	93+96	80	7		13	0.17	8	2	3	3	4	3	15	3	7	50	45
	93+96	80	7		13	0.18	8	2	3	3	4	3	15	3	7	50	45
XXXIII	96+99	80	7	55	13	0.17	8	2	3	3	4	3	15	3	7	50	45
	96+99	80	7		13	0.16	8	2	3	3	4	3	15	3	7	50	45
	96+99	80	7		13	0.17	8	2	3	3	4	3	15	3	7	50	45
XXXIV	99+102	80	7	54	13	0.14	8	2	3	3	4	3	15	2	10	53	48
	99+102	80	7		13	0.17	8	2	3	3	4	3	15	2	10	53	48
	99+102	80	7		13	0.16	8	2	3	3	4	5	17	2	10	55	50
XXXV	102+105	80	7	56	13	0.14	8	2	3	3	4	5	17	2	10	55	50
	102+105	80	7		13	0.17	8	2	3	3	4	5	17	2	10	55	50
	102+105	80	7		13	0.17	8	2	3	3	4	5	17	2	10	55	50
XXXVI	105+108	80	7	54	13	0.18	8	2	3	3	4	5	17	2	10	55	50
	105+108	80	7		13	0.17	8	2	3	3	4	5	17	2	10	55	50
	105+108	80	7		13	0.14	8	2	3	3	4	5	17	2	10	55	50
XXXVII	108+111	80	7	54	13	0.17	8	2	3	3	4	5	17	2	10	55	50
	108+111	80	7		13	0.16	8	2	3	3	4	5	17	2	10	55	50
	108+111	80	7		13	0.17	8	2	3	3	4	5	17	2	10	55	50
XXXVIII	111+114	80	7	53	13	0.18	8	2	3	3	4	5	17	2	10	55	50
	111+114	80	7		13	0.16	8	2	3	3	4	3	15	2	10	53	48
	111+114	80	7		13	0.14	8	2	3	3	4	3	15	2	10	53	48
XXXIX	114+117	80	7	54	13	0.17	8	2	3	3	4	3	15	2	10	53	48
	114+117	80	7		13	0.14	8	2	3	3	4	3	15	2	10	53	48
	114+117	80	7		13	0.18	8	2	3	3	4	3	15	2	10	53	48
PROMEDIO														52	47		



ANEXO 8. Certificados de laboratorio de suelos



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

REGISTRO DE CALICATAS

PROYECTO	: ANALISIS ESTÁTICO Y PSEUDOESTÁTICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+659, CERRILLOS - SANTA LUCIA*	FECHA	: 19/01/2024
SOLICITANTE	: BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	ING. RESPONS.	: J.E.A.
UBICACIÓN	: DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	ASIST. GEOTECNIA:	: 0
MUESTRA	: CALICATA 01 - 0.00 m a 1.00 m.	TECNICO	: L.A.E.P.
SECTOR	: CERRILLOS		

CALICATA N°	: CALICATA 01 - 0.00 m a 1.00 m.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	
SECTOR	: CERRILLOS	ANCHO	: 0.70 m.
COORDENADAS		LARGO	: 1.20 M.
LADO	:	PROFUNDIDAD	: 0.60 M.
MUESTRA DE	: CALICATA ALTERADA		

PROF.	SIMB.	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS									
			% QUE PASA N° DE MALLAS				HUMEDAD NATURAL	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	SUCS	ASTHO
			4	10	40	200						
-0.10		Estrato conformado por Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.	64.44	61.02	47.65	27.51	20.76	42.77	17.39	25.38	SC	A-2-7 (2)
-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												
-1.85												
-2.00												
-2.20												
-2.40												
-2.60												
-2.80												
-3.00												
-3.20												
-3.40												
-3.60												
-3.80												
-4.00												

Observaciones: _____



Ing. Leovigildo Escobedo Par
CIP: 202505
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

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

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 : ANALISIS ESTATICO Y PSEUDOESTATICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233-044 - 233+658, CERRILLOS - SANTA LUCIA	FECHA : 19/01/2024
SOLICITANTE : BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	ING. RESPONS. : J.E.A.
UBICACION : DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	ASIST. GEOTECNIA : 0
MUESTRA : CALICATA 01 M 01 - 0.00 m. a 1.00 m.	TECNICO : L.A.E.P.
SECTOR : CERRILLOS	

DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL

Nro. De Tarro	Nº	1	1		
T. + Suelo Húmedo	Gr.	6,455.00	6,455.00		
T. + Suelo Seco	Gr.	5,503.00	5,503.00		
Agua	Gr.	952.00	952.00		
Peso del Tarro	Gr.	917.00	917.00		
Suelo Seco	Gr.	4,586.00	4,586.00		
% de Humedad	%	20.76	20.76		
% de Humedad promedio	%	20.76			

Observaciones:


Ing. Luis Escobedo Par
CIP 252585
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



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

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E-107)

PROYECTO DE TESIS : ANALISIS ESTADICO Y PSEUDOESTADICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+659, CERRILLOS - SANTA LUCIA	FECHA : 19/01/2024
SOLICITANTE : BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	ING. ESPECIALISTA : J.E.A.
UBICACIÓN : DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	ASIST. GEOTECNIA :
MUESTRA : CALICATA 01 M 01 - 0.00 m. a 1.00 m.	TECNICO : LAEP
SECTOR : CERRILLOS	

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	180.00	3.92	3.92	96.08
3/4"	19.05	97.00	2.12	6.04	93.96
1/2"	12.70	475.00	10.36	16.40	83.60
3/8"	9.53	219.00	4.78	21.17	78.83
1/4"	6.35	0.00	0.00	21.17	78.83
Nº 4	4.76	660.00	14.39	35.56	64.44
Nº 6	3.36	0.00	0.00	35.56	64.44
Nº 8	2.38	0.00	0.00	35.56	64.44
Nº 10	2.00	26.54	3.42	38.98	61.02
Nº 16	1.19	0.00	0.00	38.98	61.02
Nº 20	0.84	42.34	5.46	44.44	55.56
Nº 30	0.59	0.00	0.00	44.44	55.56
Nº 40	0.43	61.38	7.91	52.35	47.65
Nº 50	0.30	0.00	0.00	52.35	47.65
Nº 80	0.18	0.00	0.00	52.35	47.65
Nº 100	0.15	104.38	13.45	65.80	34.20
Nº 200	0.07	51.92	6.69	72.49	27.51
-200.00		213.44	27.51	100.00	-

NORMA : ASTM D422, AASHTO T88, MTC E-107.

DATOS INICIALES

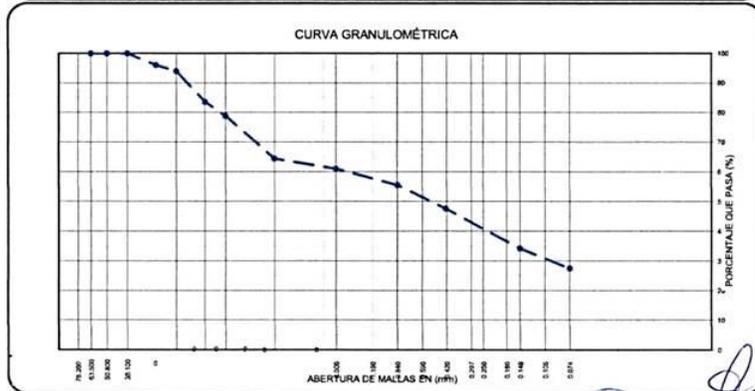
Peso Inicial : 4,586.00
Peso Fracción : 500.00

RESULTADOS DEL ENSAYO

Limite Liquido : 42.77 %
Limite Plastico : 17.39 %
Indice Plastico : 25.38 %

CLASIFICACION DE SUELOS:

AASHTO : A-2-7 (2)
SUCS : SC
IG : 0
CC :
CU :
Hum. Natural : 20.76 %
Dens. Proctor :
Cont.H. Optima :
C.B.R. Al 100% :
C.B.R. Al 95% :
EQUIV ARENA :
ABR. ANGELES :
Estrato conformado por Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.



Ing. Edwin Abel Escobedo Par
CIP: 292965
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

DIRECCIÓN URBANIZACIÓN VILLA ZURIGA - 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

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E110 Y MTC E111)

PROYECTO DE TESIS : ANALISIS ESTADICO Y PSEUDOESTADICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+659, CERRILLOS - SANTA LUCIA*	FECHA : 19/01/2024
SOLICITANTE : BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	ING. RESPONS. : J.E.A.
UBICACIÓN : DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	ASIST. GEOTECNIA : 0
MUESTRA : CALICATA 01 M 01 - 0.00 m a 1.00 m.	TECNICO : I.A.E.P.
SECTOR : CERRILLOS	

LIMITE LIQUIDO (MTCE 110 - 2000)

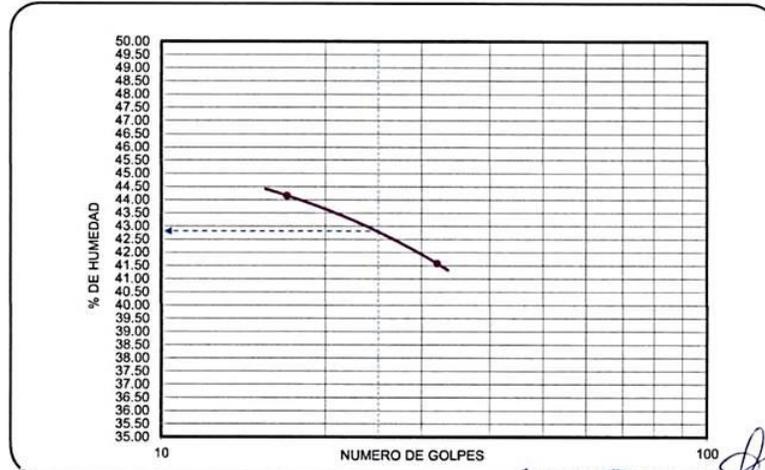
Nro. De Tarro	Nº	74	54			
T. + Suelo Húmedo	Gr.	32.10	36.04			
T. + Suelo Seco	Gr.	26.56	29.76			
Agua	Gr.	5.54	6.28			
Peso del Tarro	Gr.	13.24	15.54			
Suelo Seco	Gr.	13.32	14.22			
% de Humedad	%	41.59	44.16			
Nro. De Golpes	Nº	32	17			

LIMITE PLASTICO (MTCE 111 - 2000)

Nro. De Tarro	Nº	52	52		
T. + Suelo Húmedo	Gr.	16.56	16.56		
T. + Suelo Seco	Gr.	16.40	16.40		
Agua	Gr.	0.16	0.16		
Peso del Tarro	Gr.	15.48	15.48		
Suelo Seco	Gr.	0.92	0.92		
% de Humedad	%	17.39	17.39		
Humedad Promedio	%		17.39		

DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE PLASTICIDAD

$LL = Wn^*(N/25)^{0.121} = 42.77 \%$
LL = Límite Líquido
Wn = Contenido de humedad prom
N = Número de Golpes
LL. 42.77 %
L.P. 17.39 %
I.P. 25.38 %



Ing. *[Signature]* Escobedo Par
222565
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

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

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	: "ANÁLISIS ESTÁTICO Y PSEUDOESTÁTICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233-044 - 233-659, CERRILLOS - SANTA LUCIA"		
SOLICITANTE	: BACH MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	Fecha	: Enero del 2024
UBICACIÓN	: DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	Técnico de Laboratorio	: L.A.E.P.
MUESTRA	: CL Profundidad: 1.00 m	Jefe de Laboratorio	: Ing. J. ESCOBEDO A.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA

ESTADO	: Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
UBICACIÓN DE MUESTRA	: CERRILLOS - PIE DE TALUD
ESTRATO	: 1.00 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
Densida Humeda inicial (gr/cm3)	1.501	1.501	1.501
Densidad seca inicial (gr/cm3)	1.393	1.393	1.393
Contenido de humedad inicial (%)	7.78	7.78	7.78

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

Peso de la muestra (gr)	67.67	67.67	67.67
Volumen de la muestra (cm3)	46.98	46.98	46.98
Altura final de muestra (cm)	2.25	2.25	2.25
Densidad Húmeda final (gr/cm3)	1.440	1.440	1.440
Densidad seca final (gr/cm3)	1.326	1.320	1.312
Contenido de humedad final (%)	8.60	9.10	9.80

Esfuerzo Normal (Kg/cm2)	0.50	1.00	2.00
Esfuerzo de corte máximo (Kg/cm2)	0.45	0.53	0.89

ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)	16.0	Grados
COHESIÓN (Kg/cm2)	0.28	Kg/cm2

OBSERVACIONES:



Ing. Leovir A. Escobedo Par
C.R. 282585
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



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

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO	: "ANALISIS ESTATICO Y PSEUDOESTATICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233-044 - 233-659, CERRILLOS - SANTA LUCIA"		
SOLICITANTE	: BACH MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	Fecha	: Enero del 2024
UBICACION	: DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	Técnico de Laboratorio	: L.A.E.P.
MUESTRA	: CL Profundidad 1.00 m	Jefe de Laboratorio	: Ing. J. ESCOBEDO A.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA

ESTADO	: Remoldeado (material < Tamiz N° 4)							
CALICATA N°	: CERRILLOS - PIE DE TALUD							
ESTRATO	: 1.00 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	5.80	0.195	8.20	0.276	10.40	0.350		
0.40	8.60	0.290	11.80	0.397	15.70	0.529		
0.60	10.90	0.367	12.20	0.411	16.20	0.545		
0.80	11.20	0.377	12.90	0.434	17.00	0.572		
1.00	11.50	0.387	13.20	0.444	17.90	0.603		
1.20	11.80	0.397	13.70	0.461	18.60	0.626		
1.40	12.00	0.404	14.10	0.475	19.10	0.643		
1.60	12.30	0.414	14.40	0.485	19.70	0.663		
1.80	12.50	0.421	14.60	0.491	20.20	0.680		
2.00	12.70	0.428	14.80	0.498	20.60	0.693		
2.20	12.90	0.434	15.10	0.508	21.00	0.707		
2.40	13.00	0.438	15.30	0.515	21.40	0.720		
2.60	13.20	0.444	15.50	0.522	21.80	0.734		
2.80	13.50	0.454	15.60	0.525	22.10	0.74		
3.00	13.50	0.454	15.50	0.522	23.00	0.77		
3.20	13.40	0.451	15.30	0.515	23.40	0.79		
3.40	13.20	0.444	15.20	0.512	23.96	0.81		
3.60	13.00	0.438	15.00	0.505	24.30	0.82		
3.80	12.90	0.434	14.90	0.50	25.00	0.84		
4.00	12.80	0.431	14.80	0.50	25.40	0.86		
4.20			14.70	0.49	25.90	0.87		
4.40					26.20	0.88		
4.60					26.30	0.89		
4.80					26.00	0.88		
5.00					25.80	0.87		
5.20								
5.40								
5.60								
5.80								
6.00								
6.20								
6.40								
6.60								
6.80								
7.00								
Esfuerzo de corte		0.45		0.53		0.89		



Ing. Edwin Abel Escobedo Par
CIP: 282565
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

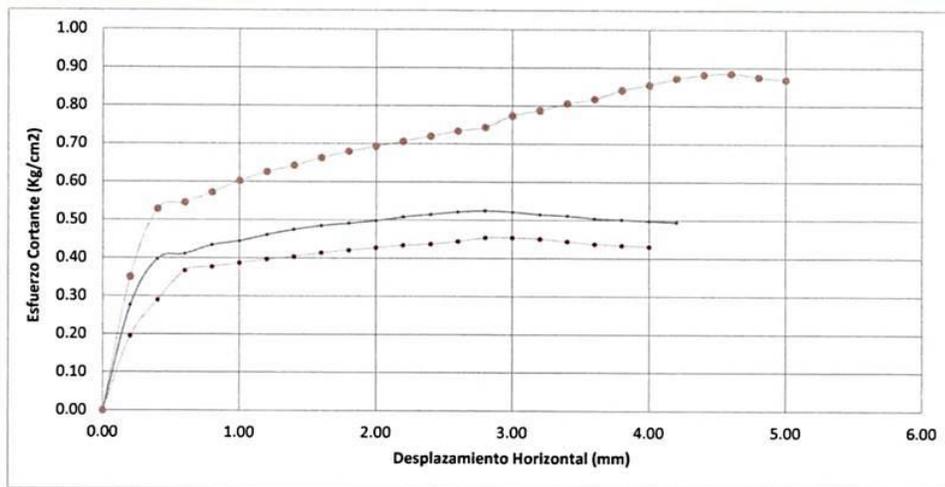


LABORATORIO DE GEOTECNIA
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE
CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

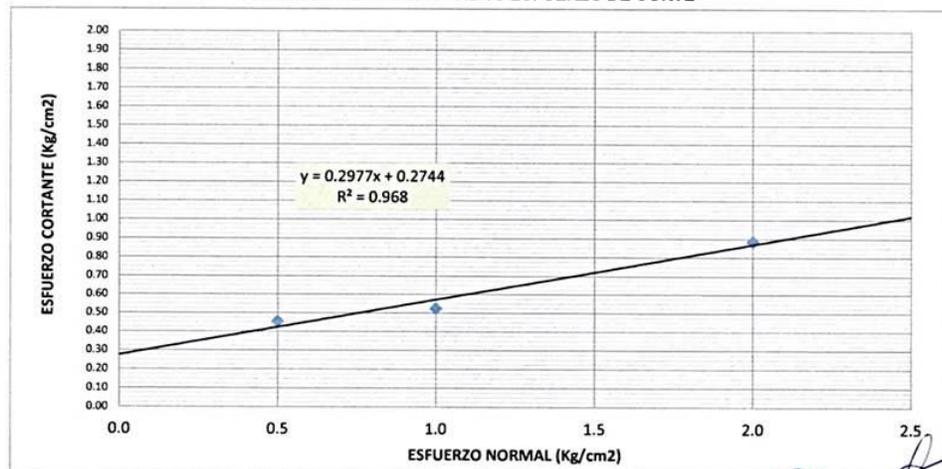
ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO : 'ANALISIS ESTATICO Y PSEUDOESTATICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233-044 - 233-659, CERRILLOS - SANTA LUCIA'
SOLICITANTE : BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS
UBICACION : DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO
MUESTRA : CL Profundidad: 1.00 m
Técnico de Laboratorio : Ing. J. ESCOBEDO A.
Jefe de Laboratorio

DEFORMACION TANGENCIAL VS ESFUERZO DE CORTE



DEFORMACION TANGENCIAL VS ESFUERZO DE CORTE



Ing. Leovir Abel Escobedo Par
CIP: 282565
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



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

REGISTRO DE CALICATAS

PROYECTO	: * ANALISIS ESTATICO Y PSEUDOESTATICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+659, CERRILLOS - SANTA LUCIA *	FECHA	: 19/01/2024
SOLICITANTE	: BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	ING. RESPON.	: J.E.A.
UBICACION	: DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	ASIST. GEOTECNIA	: 0
MUESTRA	: CALICATA 02 - 0.00 m. a 1.00 m.	TECNICO	: L.A.E.P.
SECTOR	: CERRILLOS - LADERA		

CALICATA N°	: CALICATA 02 - 0.00 m. a 1.00 m.	UBICACION GEOGRAFICA	
SECTOR	: CERRILLOS - LADERA	ANCHO	: 0.70 m.
COORDENADAS	E: 324 669 N: 8 264 800	LARGO	: 1.20 M.
LADO	:	PROFUNDIDAD	: 0.60 M.
MUESTRA DE	: CALICATA ALTERADA		

PROF.	SIMB.	DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS GEOTECNICAS									
			% QUE PASA Nº DE MALLAS				HUMEDAD NATURAL	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD	SUCS	AASHTO
			4	10	40	200						
-0.10		Estrato conformado por Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.	97.24	95.49	86.14	66.81	35.15	50.74	27.50	23.24	CH	A-7-6 (13)
-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												
-2.20												
-2.40												
-2.60												
-2.80												
-3.00												
-3.20												
-3.40												
-3.60												
-3.80												
-4.00												

Observaciones:



Ing. Edwin del Escobedo Par
N° 202685
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

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

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 : ANÁLISIS ESTÁTICO Y PSEUDOESTÁTICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+659, CERRILLOS - SANTA LUCÍA	FECHA : 19/01/2024
SOLICITANTE : BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	ING. RESPONS. : J.E.A.
UBICACIÓN : DISTRITO DE SANTA LUCÍA, PROV. LAMPÁ, DEP. PUNO	ASIST. GEOTECNIA : 0
MUESTRA : CALICATA 02 M.02 - 0.00 m. a 1.00 m.	TECNICO : L.A.E.P.
SECTOR : CERRILLOS - LADERA	

DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL

Nro. De Tarro	Nº	1	1		
T. + Suelo Húmedo	Gr.	5,528.00	5,528.00		
T. + Suelo Seco	Gr.	4,329.00	4,329.00		
Agua	Gr.	1,199.00	1,199.00		
Peso del Tarro	Gr.	918.00	918.00		
Suelo Seco	Gr.	3,411.00	3,411.00		
% de Humedad	%	35.15	35.15		
% de Humedad promedio	%	35.15			

Observaciones:



Ing. Leonardo del Escobedo Par
Nº 282865
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 DE TESIS	* ANALISIS ESTATICO Y PSEUDOESTATICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+656, CERRILLOS - SANTA LUCIA*	FECHA	: 19/01/2024
SOLICITANTE	: BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	ING. ESPECIALISTA	: J.E.A.
UBICACIÓN	: DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	ASIST. GEOTECNIA	:
MUESTRA	: CALICATA 02 M 02 - 0.00 m. a 1.00 m.	TÉCNICO	: L.A.E.P.
SECTOR	: CERRILLOS - LADERA		

N° DE MALLAS EN SIEVE AMERICANA	ABIERTURA 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	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	17.00	0.50	0.50	99.50
1/2"	12.70	28.00	0.82	1.32	98.68
3/8"	9.53	19.00	0.56	1.88	98.12
1/4"	6.35	0.00	0.00	1.88	98.12
N° 4	4.76	30.00	0.88	2.76	97.24
N° 6	3.36	0.00	0.00	2.76	97.24
N° 8	2.38	0.00	0.00	2.76	97.24
N° 10	2.00	9.00	1.75	4.51	95.49
N° 16	1.19	0.00	0.00	4.51	95.49
N° 20	0.84	22.46	4.37	8.87	91.13
N° 30	0.59	0.00	0.00	8.87	91.13
N° 40	0.43	25.64	4.99	13.86	86.14
N° 50	0.30	0.00	0.00	13.86	86.14
N° 80	0.18	0.00	0.00	13.86	86.14
N° 100	0.15	58.52	11.38	25.24	74.76
N° 200	0.07	40.84	7.94	33.19	66.81
-200.00		343.54	66.81	100.00	-

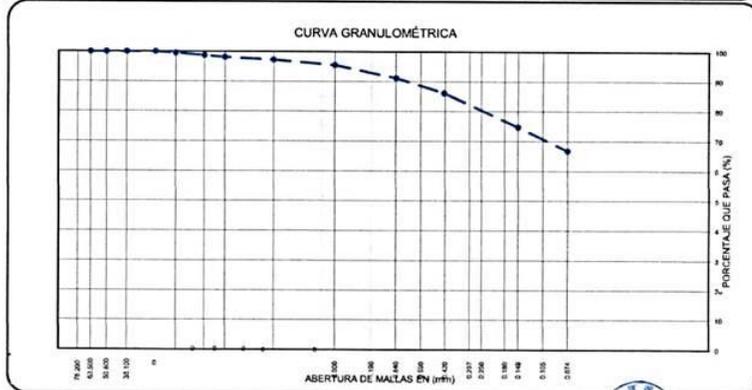
NORMA : ASTM D422, AASHTO T88, MTC E-107.

DATOS INICIALES
Peso Inicial : 3,411.00
Peso Fracción : 500.00

RESULTADOS DEL ENSAYO
Limite Líquido : 50.74 %
Limite Plástico : 27.50 %
Índice Plástico : 23.24 %

CLASIFICACION DE SUELOS:
AASHTO : A-7-6 (13)
SUCS : CH
IG : 0
CC :
CU :

Hum. Natural : 35.15 %
Dens. Proctor :
Cont.H Óptima :
C.B.R. A1 100% :
C.B.R. A1 95% :
EQUIV ARENA :
ABR. ANGELES :
Estrato conformado por Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.



Ing. Ledir Abel Escobedo Par
CIP: 292565
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

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E110 Y MTC E111)

PROYECTO DE TESIS : * ANALISIS ESTADICO Y PSEUDOESTADICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+659, CERRILLOS - SANTA LUCIA*	FECHA : 19/01/2024
SOLICITANTE : BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	ING. RESPONS. : J.E.A.
UBICACIÓN : DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	ASIST. GEOTECNIA. : 0
MUESTRA : CALICATA 02 M 02 - 0.00 m. a 1.00 m.	TECNICO : I.A.E.P.
SECTOR : CERRILLOS - LADERA	

LIMITE LIQUIDO (MTCE 110 - 2000)

Nro. De Tarro	Nº	1	13		
T. + Suelo Húmedo	Gr.	32.42	30.32		
T. + Suelo Seco	Gr.	26.82	24.60		
Agua	Gr.	5.60	5.72		
Peso del Tarro	Gr.	15.46	13.34		
Suelo Seco	Gr.	11.36	11.26		
% de Humedad	%	49.30	50.80		
Nro. De Golpes	Nº	34	22		

LIMITE PLASTICO (MTCE 111 - 2000)

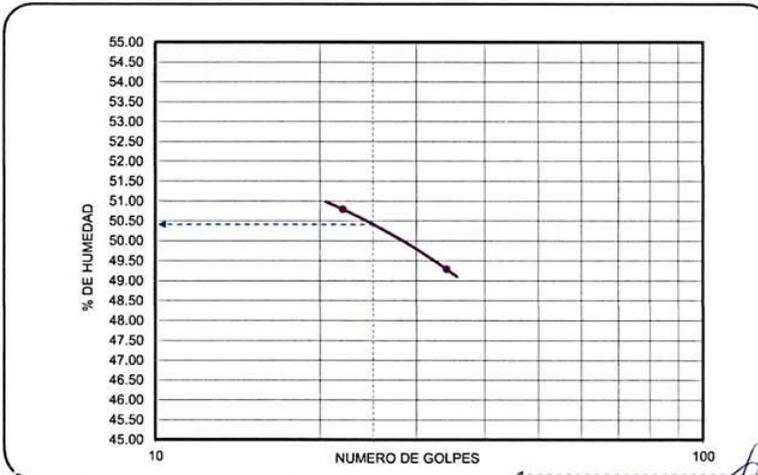
Nro. De Tarro	Nº	58	52		
T. + Suelo Húmedo	Gr.	15.44	16.56		
T. + Suelo Seco	Gr.	15.22	16.40		
Agua	Gr.	0.22	0.16		
Peso del Tarro	Gr.	14.42	15.48		
Suelo Seco	Gr.	0.80	0.92		
% de Humedad	%	27.50	17.39		
Humedad Promedio	%		22.45		

DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE PLASTICIDAD

$LL = Wn \cdot (N/25)^{0.121} = 50.74 \%$

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

L.L.	50.74 %
L.P.	27.50 %
I.P.	23.24 %



Ing. Edwin Escobedo Par
CIP: 202605
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

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO	: "ANALISIS ESTATICO Y PSEUDOESTATICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+658, CERRILLOS - SANTA LUCIA"		
SOLICITANTE	: BACH MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	Fecha	: Enero del 2024
UBICACION	: DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	Técnico de Laboratorio	: L.A.E.P.
MUESTRA	: SC Profundidad: 1.00 m	Jefe de Laboratorio	: Ing. J. ESCOBEDO A.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA

ESTADO	: Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
UBICACION DE MUESTRA	: CERRILLOS
ESTRATO	: 1.00 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
Densida Humeda inicial (gr/cm3)	1.546	1.546	1.546
Densidad seca inicial (gr/cm3)	1.410	1.410	1.410
Contenido de humedad inicial (%)	9.67	9.67	9.67

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

Peso de la muestra (gr)	70.67	70.67	70.67
Volumen de la muestra (cm3)	46.98	46.98	46.98
Altura final de muestra (cm)	2.25	2.25	2.25
Densidad Húmeda final (gr/cm3)	1.504	1.504	1.504
Densidad seca final (gr/cm3)	1.374	1.369	1.359
Contenido de humedad final (%)	9.50	9.90	10.70

Esfuerzo Normal (Kg/cm2)	0.50	1.00	2.00
Esfuerzo de corte máximo (Kg/cm2)	0.56	0.80	0.85

ANGULO DE FRICCION INTERNA (°)	11.2	Grados
COHESION (Kg/cm2)	0.55	Kg/cm2

OBSERVACIONES:



Ing. L. Vir M. Escobedo Par
CIP: 282585
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



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

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO : 'ANALISIS ESTATICO Y PSEUDOESTATICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233-044
- 233-659, CERRILLOS - SANTA LUCIA'
SOLICITANTE : BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS
Fecha : Enero del 2024
UBICACION : DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO
Técnico de Laboratorio : L.A.E.P.
MUESTRA : SC Profundidad: 1.00 m Jefe de Laboratorio : Ing. J. ESCOBEDO A.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA

ESTADO : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
CALICATA N° : CERRILLOS
ESTRATO : 1.00 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)						
0.00	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000		
0.20	5.70	0.192	7.60	0.256	10.70	0.360		
0.40	8.50	0.286	10.80	0.364	12.90	0.434		
0.60	10.50	0.353	12.40	0.417	14.40	0.485		
0.80	11.40	0.384	14.10	0.475	15.40	0.518		
1.00	12.50	0.421	15.30	0.515	16.20	0.545		
1.20	12.90	0.434	16.10	0.542	17.40	0.586		
1.40	13.50	0.454	17.10	0.576	18.40	0.619		
1.60	14.20	0.478	18.00	0.606	18.90	0.636		
1.80	14.60	0.491	18.70	0.630	19.50	0.656		
2.00	15.20	0.512	19.40	0.653	20.10	0.677		
2.20	15.50	0.522	19.90	0.670	20.80	0.700		
2.40	15.70	0.529	20.40	0.687	21.40	0.720		
2.60	15.90	0.535	20.90	0.704	21.90	0.737		
2.80	16.00	0.539	21.20	0.714	22.60	0.76		
3.00	16.10	0.542	21.60	0.727	22.90	0.77		
3.20	16.20	0.545	21.80	0.734	23.60	0.79		
3.40	16.40	0.552	22.10	0.744	23.90	0.80		
3.60	16.50	0.555	22.40	0.754	24.10	0.81		
3.80	16.50	0.555	23.20	0.78	24.60	0.83		
4.00	16.50	0.555	23.50	0.79	24.90	0.84		
4.20	16.40	0.552	23.60	0.79	25.30	0.85		
4.40	16.20	0.545	23.70	0.80	25.10	0.84		
4.60	16.10	0.542	23.50	0.79	25.30	0.85		
4.80	15.90	0.535	23.10	0.78	25.10	0.84		
5.00			23.00	0.77	24.80	0.83		
5.20			22.50	0.76	24.60	0.83		
5.40			22.10	0.74	24.10	0.81		
5.60								
5.80								
6.00								
6.20								
6.40								
6.60								
6.80								
7.00								
Esfuerzo de corte		0.56		0.80		0.85		


Ing. J. Escobedo Par
C.P. 2926-05
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

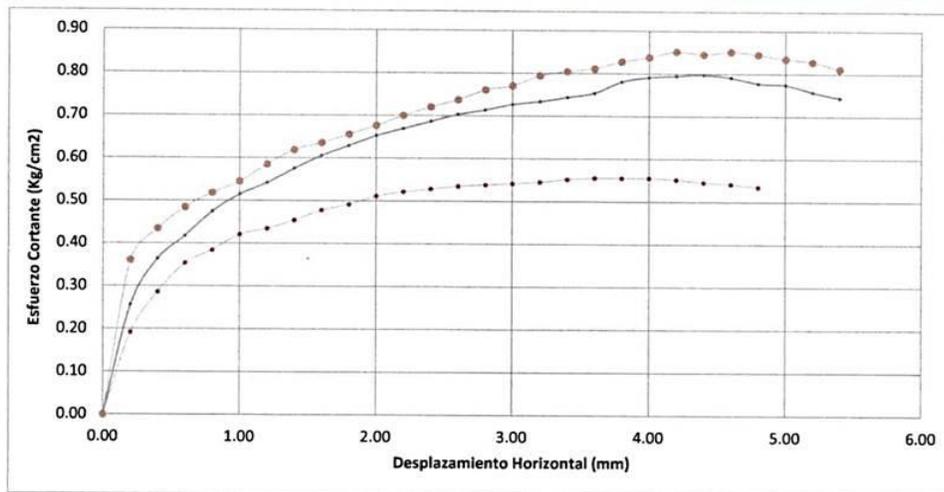


LABORATORIO DE GEOTECNIA
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE
CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

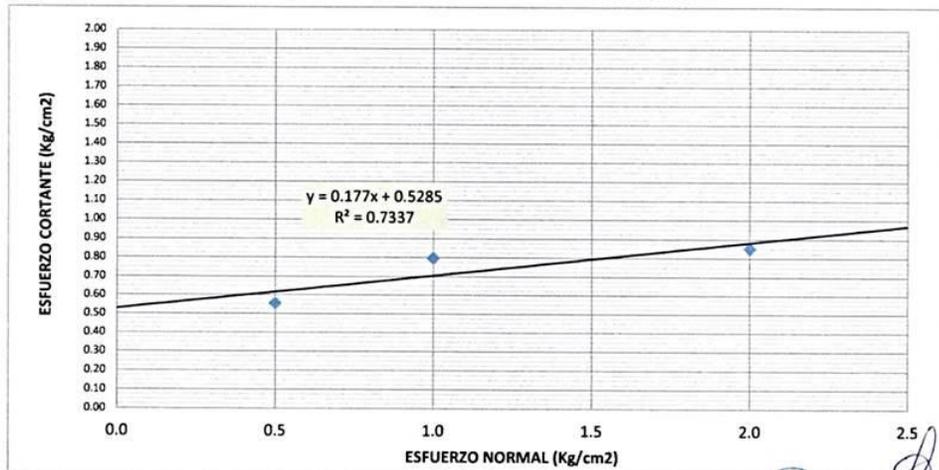
ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO : "ANALISIS ESTADICO Y PSEUDOESTADICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233-044 - 233+659, CERRILLOS - SANTA LUCIA"
SOLICITANTE : BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS
UBICACIÓN : DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO
MUESTRA : SC Profundidad: 1.00 m Técnico de Laboratorio: Jefe de Laboratorio : Ing. J. ESCOBEDO A.

DEFORMACION TANGENCIAL VS ESFUERZO DE CORTE



DEFORMACION TANGENCIAL VS ESFUERZO DE CORTE



Ing. Javier Escobedo Par
CIP: 292565
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



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

REGISTRO DE CALICATAS

PROYECTO	* ANALISIS ESTADICO Y PSEUDOESTADICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+959, CERRILLOS - SANTA LUCIA*	FECHA	: 19/01/2024
SOLICITANTE	: BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	ING. RESPONS.	: J.E.A.
UBICACIÓN	: DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	ASIST. GEOTECNIA	: 0
MUESTRA	: CALICATA 03 - 0.00 m a 1.00 m.	TECNICO	: L.A.E.P
SECTOR	: CERRILLOS - PIE DE TALUD		

CALICATA N°	: CALICATA 03 - 0.00 m. a 1.00 m.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	
SECTOR	: CERRILLOS - PIE DE TALUD	ANCHO	: 0.70 m.
COORDENADAS	E. 324 946 N. 8 264 800	LARGO	: 1.20 M.
LADO	:	PROFUNDIDAD	: 0.60 M.
MUESTRA DE	: CALICATA ALTERADA		

PROF.	SIMB.	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS									
			% QUE PASA N° DE MALLAS				HUMEDAD NATURAL	LIMITE LÍQUIDO	LIMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	SUCS	ASTHO
			4	10	40	200						
-0.10	[Hatched pattern]	Estrato conformado por Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	99.12	98.43	87.23	51.68	23.16	42.26	20.69	21.59	CL	A-7-G (8)
-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												
-2.90												
-3.00												
-3.10												
-3.20												
-3.30												
-3.40												
-3.50												
-3.60												
-3.70												
-3.80												
-3.90												
-4.00												

Observaciones:



Ingeniero Abel Escobedo Par
CIP-292555
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 : ANÁLISIS ESTÁTICO Y FÍSICO-ESTÁTICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233-944 - 233+959, CERRILLOS - SANTA LUCIA	FECHA : 19/01/2024
SOLICITANTE : BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	ING. RESPONS. : J.E.A.
UBICACIÓN : DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	ASIST. GEOTECNIA. : 0
MUESTRA : CALICATA 03 M 01 - 0.00 m. a 1.00 m.	TECNICO : L.A.E.P.
SECTOR : CERRILLOS - PIE DE TALUD	

DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL

Nro. De Tarro	N°	3	3		
T. + Suelo Húmedo	Gr.	3,868.00	3,868.00		
T. + Suelo Seco	Gr.	3,313.00	3,313.00		
Agua	Gr.	555.00	555.00		
Peso del Tarro	Gr.	917.00	917.00		
Suelo Seco	Gr.	2,396.00	2,396.00		
% de Humedad	%	23.16	23.16		
% de Humedad promedio	%	23.16			

Observaciones:



Ing. Leonel Escobedo Par
C.P. 282565
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



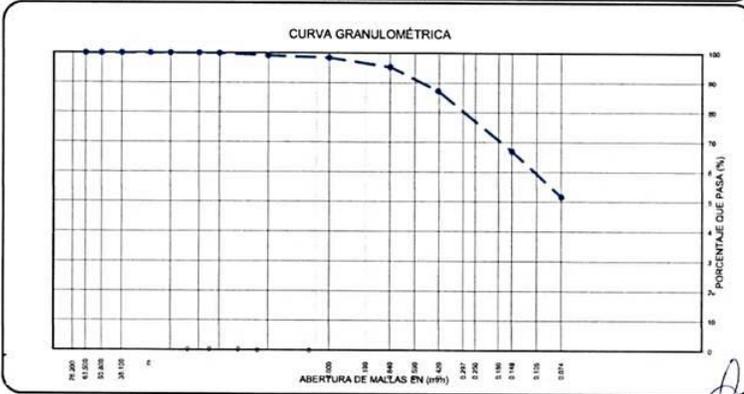
LABORATORIO DE GEOTECNIA
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE
CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E-107)

PROYECTO DE TESIS	* ANALISIS ESTATICO Y PSEUDOESTATICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+659, CERRILLOS - SANTA LUCIA*	FECHA	: 19/01/2024
SOLICITANTE	BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	ING. ESPECIALISTA	: J.E.A.
UBICACIÓN	: DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	ASIST. GEOTECNIA	:
MUESTRA	: CALICATA 03 M 01 - 0.00 m. a 1.00 m.	TECNICO	: L.A.E.P.
SECTOR	: CERRILLOS - PIE DE TALUD		

N° 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	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	2.00	0.08	0.08	99.92
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.08	99.92
N° 4	4.76	19.00	0.79	0.88	99.12
N° 6	3.36	0.00	0.00	0.88	99.12
N° 8	2.38	0.00	0.00	0.88	99.12
N° 10	2.00	3.48	0.69	1.57	98.43
N° 16	1.19	0.00	0.00	1.57	98.43
N° 20	0.84	15.74	3.12	4.69	95.31
N° 30	0.59	0.00	0.00	4.69	95.31
N° 40	0.43	40.76	8.08	12.77	87.23
N° 50	0.30	0.00	0.00	12.77	87.23
N° 80	0.18	0.00	0.00	12.77	87.23
N° 100	0.15	101.66	20.15	32.92	67.08
N° 200	0.07	77.66	15.40	48.32	51.68
-200.00		260.70	51.68	100.00	-

NORMA	: ASTM D422, AASHTO T88, MTC E-107.
DATOS INICIALES	
Peso Inicial	: 2.396 00
Peso Fracción	: 500.00
RESULTADOS DEL ENSAYO	
Limite Liquido	: 42.28 %
Limite Plastico	: 20.69 %
Indice Plastico	: 21.59 %
CLASIFICACION DE SUELOS:	
AASHTO	: A-7-6 (8)
SUCS	: CL
IG	: 0
CC	:
CU	:
Hum. Natural	: 23.16 %
Dens. Proctor	:
Cont.H Optima	:
C.B.R. A1 100%	:
C.B.R. A1 95%	:
EQUIV ARENA	:
ABR. ANGELES	:
Estrato conformado por Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	



Ing. Edwin Escobedo Par
CIP: 232365
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

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

Jr. CUSCO N° 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 DE TESIS : * ANALISIS ESTATICO Y PSEUDOESTATICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+659, CERRILLOS - SANTA LUCIA*	FECHA : 19/01/2024
SOLICITANTE : BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	ING. RESPONS. : J.E.A.
UBICACION : DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	ASIST. GEOTECNIA : 0
MUESTRA : CALICATA 03 M 01 - 0.00 m. a 1.00 m.	TECNICO : LAEP
SECTOR : CERRILLOS - PIE DE TALUD	

LIMITE LIQUIDO (MTCE 110 - 2000)

Nro. De Tarro	Nº	55	12		
T. + Suelo Húmedo	Gr.	35.02	32.82		
T. + Suelo Seco	Gr.	29.28	27.48		
Agua	Gr.	5.74	5.34		
Peso del Tarro	Gr.	15.32	15.02		
Suelo Seco	Gr.	13.96	12.46		
% de Humedad	%	41.12	42.86		
Nro. De Golpes	Nº	34	19		

LIMITE PLASTICO (MTCE 111 - 2000)

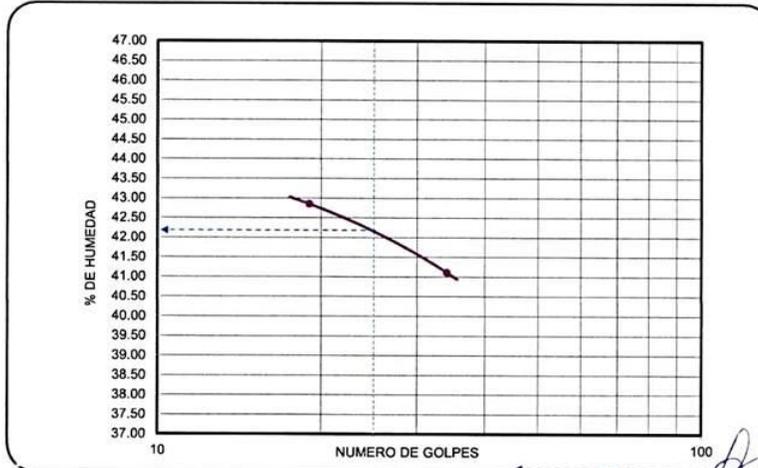
Nro. De Tarro	Nº	10	10		
T. + Suelo Húmedo	Gr.	16.30	16.30		
T. + Suelo Seco	Gr.	16.06	16.06		
Agua	Gr.	0.24	0.24		
Peso del Tarro	Gr.	14.90	14.90		
Suelo Seco	Gr.	1.16	1.16		
% de Humedad	%	20.69	20.69		
Humedad Promedio	%		20.69		

DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE PLASTICIDAD

$LL = Wn \cdot (N/25)^{0.121} = 42.28 \%$

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

LL	42.28 %
L.P.	20.69 %
I.P.	21.59 %



Ing. Edwin Abel Escobedo Par
CIP: 202843
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

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

Jr. CUSCO N° 388 AYAVIRI
CELULAR: 950063638



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

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO	: "ANÁLISIS ESTÁTICO Y PSEUDOESTÁTICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+659, CERRILLOS - SANTA LUCIA"		
SOLICITANTE	: BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	Fecha	: Enero del 2024
UBICACIÓN	: DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	Técnico de Laboratorio	: L.A.E.P.
MUESTRA	: CH Profundidad: 1.00 m	Jefe de Laboratorio	: Ing. J. ESCOBEDO A.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

ESTADO	: Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
UBICACIÓN DE MUESTRA	: CERRILLOS - LADERA
ESTRATO	: 1.00 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)	1.454	1.454	1.454
Densidad seca inicial (gr/cm3)	1.349	1.349	1.349
Contenido de humedad inicial (%)	7.78	7.78	7.78

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

Peso de la muestra (gr)	62.67	62.67	62.67
Volumen de la muestra (cm3)	46.98	46.98	46.98
Altura final de muestra (cm)	2.25	2.25	2.25
Densidad Húmeda final (gr/cm3)	1.334	1.334	1.334
Densidad seca final (gr/cm3)	1.228	1.223	1.215
Contenido de humedad final (%)	8.60	9.10	9.80

Esfuerzo Normal (Kg/cm2)	0.50	1.00	2.00
Esfuerzo de corte máximo (Kg/cm2)	0.57	0.59	0.72

ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)	5.8	Grados
COHESIÓN (Kg/cm2)	0.28	Kg/cm2

OBSERVACIONES:



Ing. Godvir A. Escobedo Par
CIP: 202565
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



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

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO : "ANALISIS ESTATICO Y PSEUDOESTATICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233-044 - 233+659, CERRILLOS - SANTA LUCIA"
SOLICITANTE : BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS
UBICACIÓN : DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO
MUESTRA : CH Profundidad: 1.00 m
Fecha : Enero del 2024
Técnico de Laboratorio : L.A.E.P.
Jefe de Laboratorio : Ing. J. ESCOBEDO A.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA

ESTADO : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
CALICATA N° : CERRILLOS - LADERA
ESTRATO : 1.00 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)						
0.00	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000		
0.20	5.80	0.195	7.60	0.256	8.50	0.286		
0.40	8.80	0.296	10.90	0.367	12.60	0.424		
0.60	11.80	0.397	13.40	0.451	16.40	0.552		
0.80	13.10	0.441	13.90	0.468	17.30	0.582		
1.00	13.60	0.458	14.50	0.488	17.80	0.599		
1.20	14.30	0.481	14.80	0.498	18.40	0.619		
1.40	14.90	0.502	15.60	0.525	18.80	0.633		
1.60	15.50	0.522	16.20	0.545	19.10	0.643		
1.80	15.80	0.532	16.60	0.559	19.30	0.650		
2.00	16.00	0.539	16.90	0.569	19.50	0.656		
2.20	16.20	0.545	17.20	0.579	19.60	0.660		
2.40	16.30	0.549	17.40	0.586	19.80	0.667		
2.60	16.40	0.552	17.50	0.589	19.90	0.670		
2.80	16.50	0.555	17.50	0.589	20.00	0.67		
3.00	16.60	0.559	17.30	0.582	20.10	0.68		
3.20	16.80	0.566	17.20	0.579	20.30	0.68		
3.40	16.50	0.555	17.00	0.572	20.40	0.69		
3.60	16.30	0.549	16.80	0.566	20.60	0.69		
3.80	16.00	0.539	16.50	0.56	20.90	0.70		
4.00	15.80	0.532	16.40	0.55	21.10	0.71		
4.20					21.30	0.72		
4.40					21.00	0.71		
4.60					20.8	0.70		
4.80					20.7	0.70		
5.00					20.5	0.69		
5.20								
5.40								
5.60								
5.80								
6.00								
6.20								
6.40								
6.60								
6.80								
7.00								
Esfuerzo de corte		0.57		0.59		0.72		



Ing. Leoberto Abel Escobedo Par
CIP: 202585
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

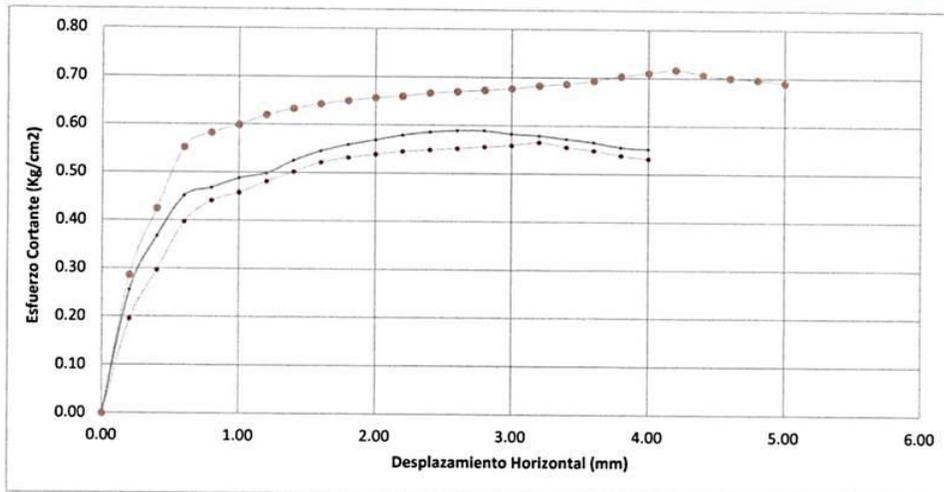


LABORATORIO DE GEOTECNIA
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE
CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

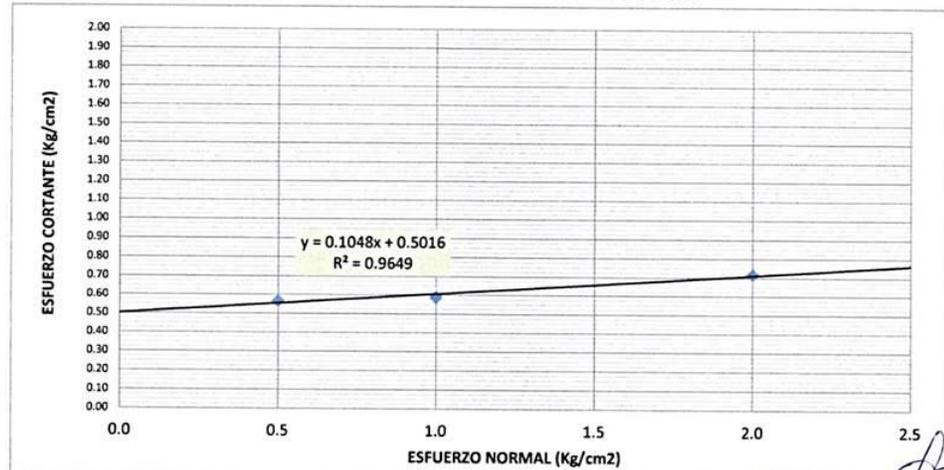
ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO : "ANALISIS ESTATICO Y PSEUDOESTATICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+659, CERRILLOS - SANTA LUCIA"
SOLICITANTE : BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS
UBICACIÓN : DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO
MUESTRA : CH Profundidad: 1.00 m Técnico de Laboratorio: Jefe de Laboratorio : Ing. J. ESCOBEDO A.

DEFORMACION TANGENCIAL VS ESFUERZO DE CORTE



DEFORMACION TANGENCIAL VS ESFUERZO DE CORTE



Ing. Loayza Escobedo Par
CIP: 282585
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



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

REGISTRO DE CALICATAS

PROYECTO	: ANALISIS ESTADICO Y PSEUDOESTADICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+659, CERRILLOS - SANTA LUCIA*	FECHA	: 25/05/2024
SOLICITANTE	: BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	ING. RESPONS.	: J.E.A.
UBICACION	: DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	ASIST. GEOTECNIA:	: 0
MUESTRA	: CALICATA 02 - 0.00 m. a 0.60 m.	TECNICO	: L.A.E.P.
SECTOR	: CERRILLOS		

CALICATA N°	: CALICATA 02 - 0.00 m. a 0.60 m.	UBICACION GEOGRAFICA	
SECTOR	: CERRILLOS	ANCHO	: 0.70 m.
COORDENADAS	E: 324 457 N: 8 264 771	LARGO	: 1.20 M.
LADO	:	PROFUNDIDAD	: 0.60 M.
MUESTRA DE	: CALICATA ALTERADA		

PROF.	SIMB.	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS GEOTECNICAS										
			% QUE PASA N° DE MALLAS				HUMEDAD NATURAL	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD	SUCS	ASTHO	
			4	10	40	200							
-0.10		Estrato conformado por Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.	97.42	95.76	86.70	67.65	19.32	50.00	18.89	31.11	CH	A-7-6 (16)	
-0.20													
-0.30													
-0.40													
-0.50													
-0.60													
-0.70		Estrato conformado por Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos y Gravas con finos limosas, grava mal graduado muy limoso mezclas grava-arena-limos.	35.53	25.87	13.63	7.83	10.43	0.00	0.00	0.00	GW-GM	A-1-a (0)	
-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													
-2.90													
-3.00													
-3.10													
-3.20													
-3.30													
-3.40													
-3.50													
-3.60													
-3.70													
-3.80													
-3.90													
-4.00													

Observaciones: _____

Ing. Edwin del Escobedo Par
D.º 202585
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

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

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 : ANÁLISIS ESTÁTICO Y FÍSICO-ESTÁTICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+659, CERRILLOS - SANTA LUCIA	FECHA : 25/05/2024
SOLICITANTE : BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	ING. RESPONS. : JEA
UBICACIÓN : DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	ASIST. GEOTECNIA : 0
MUESTRA : CALICATA 05 M 01 - 0.00 m. a 0.60 m.	TECNICO : LAEP
SECTOR : CERRILLOS	

DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL

Nro. De Tarro	Nº	1	1		
T. + Suelo Húmedo	Gr.	4,936.00	4,936.00		
T. + Suelo Seco	Gr.	4,284.00	4,284.00		
Agua	Gr.	652.00	652.00		
Peso del Tarro	Gr.	910.00	910.00		
Suelo Seco	Gr.	3,374.00	3,374.00		
% de Humedad	%	19.32	19.32		
% de Humedad promedio	%	19.32			

Observaciones:



Ing. Edwin Escobedo Par
C. 28285
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



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

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E-107)

PROYECTO DE TESIS	: ANALISIS ESTÁTICO Y PSEUDOESTÁTICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+659, CERRILLOS - SANTA LUCIA*	FECHA	: 25/05/2024
SOLICITANTE	: BACH MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	ING. ESPECIALISTA	: J.E.A
UBICACIÓN	: DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	ASIST. GEOTECNIA	:
MUESTRA	: CALICATA 05 M 01 - 0.00 m a 0.60 m.	TECNICO	: L.A.E.P
SECTOR	: CERRILLOS		

Nº DE MALLAS EN SERIES 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	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	10.00	0.29	0.29	99.71
1/2"	12.70	25.00	0.73	1.03	98.97
3/8"	9.53	18.00	0.53	1.55	98.45
1/4"	6.35	0.00	0.00	1.55	98.45
Nº 4	4.76	35.00	1.03	2.58	97.42
Nº 6	3.36	0.00	0.00	2.58	97.42
Nº 8	2.38	0.00	0.00	2.58	97.42
Nº 10	2.00	8.50	1.66	4.24	95.76
Nº 16	1.19	0.00	0.00	4.24	95.76
Nº 20	0.84	24.84	4.84	9.08	90.92
Nº 30	0.59	0.00	0.00	9.08	90.92
Nº 40	0.43	21.66	4.22	13.30	86.70
Nº 50	0.30	0.00	0.00	13.30	86.70
Nº 60	0.18	0.00	0.00	13.30	86.70
Nº 100	0.15	52.69	10.27	23.56	76.44
Nº 200	0.07	45.10	8.79	32.35	67.65
-200.00		347.21	67.65	100.00	-

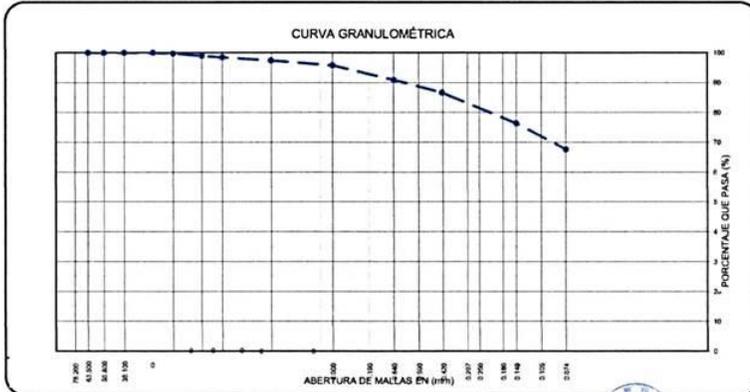
NORMA : ASTM D422, AASHTO T88, MTC E-107.

DATOS INICIALES
Peso Inicial : 3,411.00
Peso Fracción : 500.00

RESULTADOS DEL ENSAYO
Limite Líquido : 50.00 %
Limite Plástico : 18.89 %
Índice Plástico : 31.11 %

CLASIFICACION DE SUELOS:
AASHTO : A-7-6 (16)
SUCS : CH
IG : 0
CC :
CU :

Hum. Natural : 19.32 %
Dens. Proctor. :
Cont. H. Óptima :
C.B.R. A1 100% :
C.B.R. A1 95% :
EQUIV ARENA :
ABR. ANGELES :
Estrato conformado por Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.



Ing. Ledys Escobedo Par
CIP: 292595
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

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E110 Y MTC E111)

PROYECTO DE TESIS : ANALISIS ESTATICO Y PSEUDOESTATICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+659, CERRILLOS - SANTA LUCIA*	FECHA : 25/05/2024
SOLICITANTE : BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	ING. RESPONS. : JEA
UBICACIÓN : DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	ASIST. GEOTECNIA : 0
MUESTRA : CALICATA 05 M 01 - 0.00 m. a 0.60 m.	TECNICO : LAEP
SECTOR : CERRILLOS	

LIMITE LIQUIDO (MTCE 110 - 2000)

Nro. De Tarro	Nº	15	12			
T. + Suelo Húmedo	Gr.	45.76	43.89			
T. + Suelo Seco	Gr.	35.45	34.24			
Agua	Gr.	10.31	9.65			
Peso del Tarro	Gr.	14.61	15.10			
Suelo Seco	Gr.	20.84	19.14			
% de Humedad	%	49.47	50.42			
Nro. De Golpes	Nº	30	22			

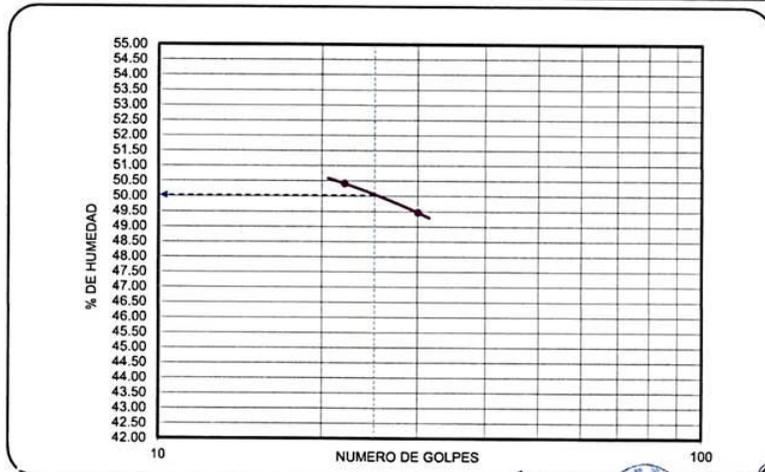
LIMITE PLASTICO (MTCE 111 - 2000)

Nro. De Tarro	Nº	55			
T. + Suelo Húmedo	Gr.	18.96			
T. + Suelo Seco	Gr.	18.38			
Agua	Gr.	0.58			
Peso del Tarro	Gr.	15.31			
Suelo Seco	Gr.	3.07			
% de Humedad	%	18.89			
Humedad Promedio	%		18.89		

DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE PLASTICIDAD

$LL = Wn \cdot (N/25)^{0.121} = 50.18 \%$
DONDE
 LL = Límite Líquido
 Wn = Contenido de humedad prom
 N = Número de Golpes

L.L.	50.00 %
L.P.	18.89 %
I.P.	31.11 %



Jap. Edwin Escobedo Par
282586
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 : ANALISIS ESTADICO Y PSEUDOSTADICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233-041 - 233+698, CERRILLOS - SANTA LUCIA	FECHA : 25/05/2024
SOLICITANTE : BACH. MARCO RAJA, COAGUIRA ROSAS	ING. RESPONS. : JEA
UBICACIÓN : DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	ASIST. GEOTECNIA :
MUESTRA : CALICATA 05 M 02 - 0.00 m. a 1.00 m.	TECNICO : LAEP
SECTOR : CERRILLOS	

DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL

Nro. De Tarro	N°	2	2		
T + Suelo Húmedo	Gr.	6,103.00	6,103.00		
T + Suelo Seco	Gr.	5,567.00	5,567.00		
Agua	Gr.	536.00	536.00		
Peso del Tarro	Gr.	429.00	429.00		
Suelo Seco	Gr.	5,138.00	5,138.00		
% de Humedad	%	10.43	10.43		
% de Humedad promedio	%	10.43			

Observaciones:



Ing. Luis Abel Escobedo Par
CIP 202565
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



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

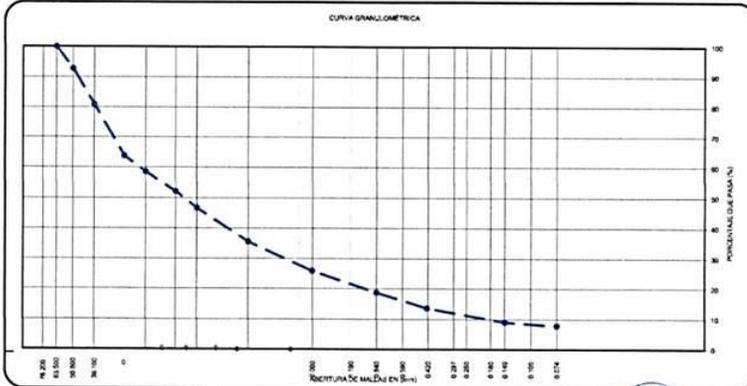
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E-107)

PROYECTO DE TESIS: ANALISIS ESTADICO Y PSEUDOESTADICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+659, CERRILLOS - SANTA LUCIA	FECHA: 25/05/2024
SOLICITANTE: BACH MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	ING. ESPECIALISTA: J.E.A.
UBICACIÓN: DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	ASIST. GEOTECNIA:
MUESTRA: CALICATA 05 M 02 - 0.00 m a 01.00 m	TÉCNICO: L.A.E.P.
SECTOR: CERRILLOS	

N° 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	394.00	7.25	7.25	92.75
1 1/2"	38.10	648.00	11.92	19.16	80.84
1"	25.40	925.00	17.01	36.17	63.83
3/4"	19.05	285.00	5.24	41.41	58.59
1/2"	12.70	354.00	6.51	47.92	52.08
3/8"	9.53	298.00	5.48	53.40	46.60
1/4"	6.35	0.00	0.00	53.40	46.60
N° 4	4.75	602.00	11.07	64.47	35.53
N° 6	3.36	0.00	0.00	64.47	35.53
N° 8	2.38	0.00	0.00	64.47	35.53
N° 10	2.00	135.97	9.66	74.13	25.87
N° 16	1.19	0.00	0.00	74.13	25.87
N° 20	0.84	100.03	7.11	81.24	18.76
N° 30	0.59	0.00	0.00	81.24	18.76
N° 40	0.43	72.13	5.13	86.37	13.63
N° 50	0.30	0.00	0.00	86.37	13.63
N° 80	0.18	0.00	0.00	86.37	13.63
N° 100	0.15	64.95	4.62	90.98	9.02
N° 200	0.07	16.75	1.19	92.17	7.83
200.00		110.17	7.83	100.00	-

NORMA: ASTM D422, AASHTO T88, MTC E-107.	
DATOS INICIALES	
Peso Inicial :	5,438.00
Peso Fracción :	500.00
RESULTADOS DEL ENSAYO	
Limite Líquido :	0.00 %
Limite Plástico :	0.00 %
Índice Plástico :	0.00 %
CLASIFICACION DE SUELOS:	
AASHTO :	A-1-a (0)
SUCS :	GW-GM
IG :	0
CC :	
CU :	
Hum. Natural :	10.43 %
Dens. Proctor. :	
Cont.H. Óptima :	
C.B.R. A1 100% :	
C.B.R. A1 95% :	
EQUIV. ARENA :	
ABR. ANGELES. :	

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



 Ing. Edwin Escobedo Par
CIP: 282585
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

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E110 Y MTC E111)

PROYECTO DE TESIS : * ANALISIS ESTADICO Y PSEUDOESTADICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+659, CERRILLOS - SANTA LUCIA*	FECHA : 26/05/2024
SOLICITANTE : BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	ING. ESPECIALISTA : J.E.A.
UBICACION : DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	ASIST. GEOTECNIA :
MUESTRA : CALICATA 05 M 02 - 0.00 m a 1.00 m.	TECNICO : LAEP.
SECTOR : CERRILLOS	

LIMITE LIQUIDO (MTCE 110 - 2000)

Nro. De Tarro	Nº								
T. + Suelo Húmedo	Gr.								
T. + Suelo Seco	Gr.								
Agua	Gr.								
Peso del Tarro	Gr.								
Suelo Seco	Gr.								
% de Humedad	%								
Nro. De Golpes	Nº								

N.P.

LIMITE PLASTICO (MTCE 111 - 2000)

Nro. De Tarro	Nº								
T. + Suelo Húmedo	Gr.								
T. + Suelo Seco	Gr.								
Agua	Gr.								
Peso del Tarro	Gr.								
Suelo Seco	Gr.								
% de Humedad	%								
Humedad Promedio	%								

N.P.

DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE PLASTICIDAD

$LL = Wn^*(N/25)^{0.121}$
DONDE
LL = Límite Líquido
Wn = Contenido de humedad prom
N = Número de Golpes

LL	0.00	%
L.P.	0.00	%
I.P.	0.00	%



Ledys Abel Escobedo Par
CIP: 282585
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

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO	: *ANALISIS ESTATICO Y PSEUDOESTATICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+659, CERRILLOS - SANTA LUCIA*		
SOLICITANTE	: BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	Fecha	: Mayo del 2024
UBICACION	: DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	Técnico de Laboratorio	: L.A.E.P.
MUESTRA	: GW-GM Profundidad: 1.00 m	Jefe de Laboratorio	: Ing. J. ESCOBEDO A.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA

ESTADO	: Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
UBICACIÓN DE MUESTRA	: Calicata N° 05
ESTRATO	: 1.00 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
Densida Humeda inicial (gr/cm3)	1.597	1.597	1.597
Densidad seca inicial (gr/cm3)	1.465	1.465	1.465
Contenido de humedad inicial (%)	8.98	8.98	8.98

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

Peso de la muestra (gr)	76.01	75.99	75.99
Volumen de la muestra (cm3)	46.98	46.98	46.98
Altura final de muestra (cm)	2.25	2.25	2.25
Densidad Húmeda final (gr/cm3)	1.618	1.617	1.617
Densidad seca final (gr/cm3)	1.464	1.463	1.462
Contenido de humedad final (%)	10.47	10.54	10.62

Esfuerzo Normal (Kg/cm2)	0.50	1.00	2.00
Esfuerzo de corte máximo (Kg/cm2)	0.23	0.57	1.06

ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)	28.9	Grados
COHESIÓN (Kg/cm2)	0	Kg/cm2

OBSERVACIONES:



Ing. Leóvil Escobedo Par
CIP 282585
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



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

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO	: "ANALISIS ESTATICO Y PSEUDOESTATICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233-044 - 233-659, CERRILLOS - SANTA LUCIA"		
SOLICITANTE	: BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	Fecha	: Mayo del 2024
UBICACION	: DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	Técnico de Laboratorio	: L.A.E.P.
MUESTRA	: GW-GM Profundidad: 1.00 m	Jefe de Laboratorio	: Ing. J. ESCOBEDO A.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA

ESTADO	: Remoldeado (material < Tamiz N° 4)							
CALICATA N°	: Calicata N° 05							
ESTRATO	: 1.00 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	2.80	0.094	4.70	0.158	7.20	0.242		
0.40	5.40	0.182	6.70	0.226	13.70	0.461		
0.60	4.80	0.162	9.00	0.303	13.80	0.465		
0.80	4.50	0.151	8.60	0.290	13.40	0.451		
1.00	4.80	0.162	8.90	0.300	14.40	0.485		
1.20	4.90	0.165	9.50	0.320	15.90	0.535		
1.40	5.00	0.168	10.00	0.337	17.40	0.586		
1.60	5.20	0.175	10.60	0.357	18.90	0.636		
1.80	5.30	0.178	11.10	0.374	20.00	0.673		
2.00	5.40	0.182	11.70	0.394	21.10	0.710		
2.20	5.50	0.185	12.10	0.407	22.30	0.751		
2.40	5.60	0.189	12.40	0.417	23.20	0.781		
2.60	5.80	0.195	12.80	0.431	24.10	0.811		
2.80	5.90	0.199	13.00	0.438	24.80	0.835		
3.00	6.00	0.202	13.20	0.444	25.20	0.848		
3.20	6.10	0.205	13.40	0.451	25.60	0.862		
3.40	6.20	0.209	13.60	0.458	26.10	0.879		
3.60	6.30	0.212	13.70	0.461	26.30	0.885		
3.80	6.40	0.215	13.90	0.468	26.70	0.899		
4.00	6.50	0.219	13.90	0.468	26.90	0.906		
4.20	6.60	0.222	14.00	0.471	27.30	0.919		
4.40	6.70	0.226	14.30	0.481	27.60	0.929		
4.60	6.70	0.226	14.60	0.491	27.80	0.936		
4.80	6.80	0.229	15.00	0.505	28.10	0.946		
5.00	6.80	0.229	15.70	0.529	28.20	0.949		
5.20	6.90	0.232	15.90	0.535	28.30	0.953		
5.40	6.70	0.226	16.30	0.549	29.60	0.996		
5.60			17.00	0.572	29.80	1.003		
5.80					30.50	1.027		
6.00					31.00	1.044		
6.20					31.10	1.047		
6.40					31.30	1.054		
6.60					31.50	1.060		
6.80					32.30	1.087		
7.00								
Esfuerzo de corte		0.23		0.57		1.06		



Ing. Ledvir Avel Escobedo Par
CIP: 282585
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

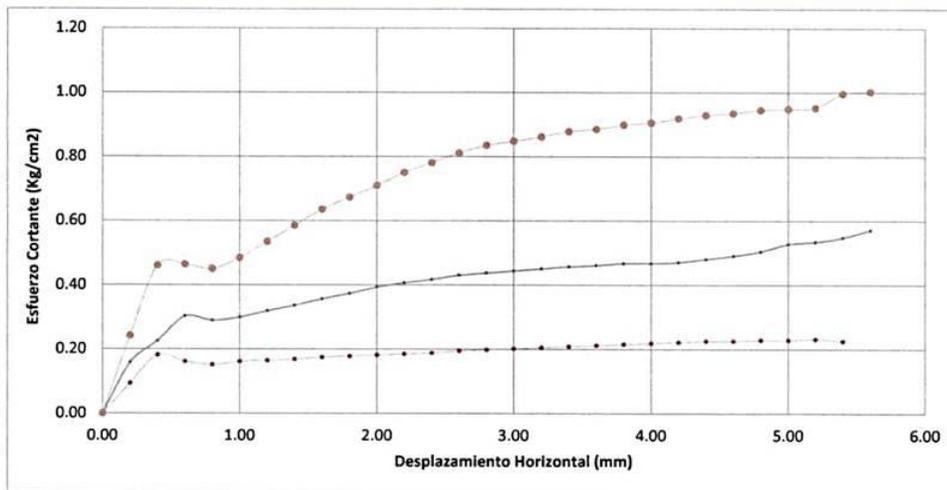


LABORATORIO DE GEOTECNIA
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE
CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

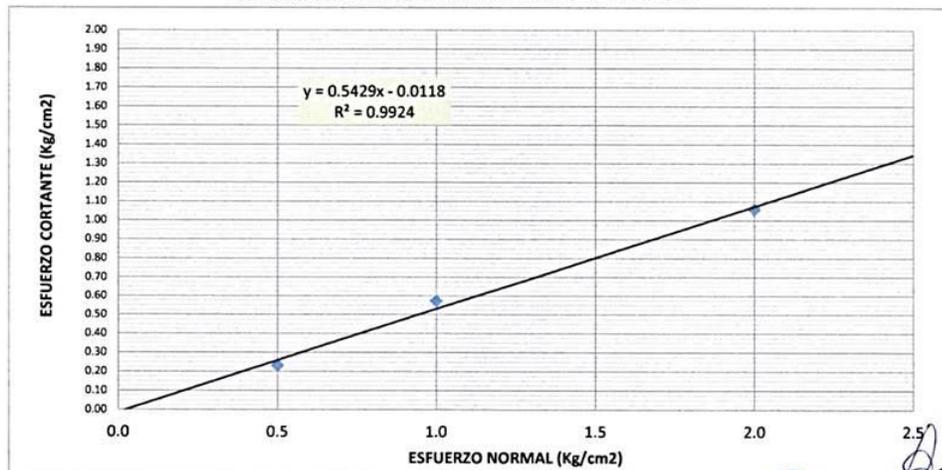
ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO	: "ANÁLISIS ESTÁTICO Y PSEUDOESTÁTICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233-044 - 233-659, CERRILLOS - SANTA LUCIA"		
SOLICITANTE	: BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	Fecha	: Mayo del 2024
UBICACIÓN	: DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	Técnico de Laboratorio	: L.A.E.P.
MUESTRA	: GW-GM Profundidad: 1.00 m	Jefe de Laboratorio	: Ing. J. ESCOBEDO A.

DEFORMACION TANGENCIAL VS ESFUERZO DE CORTE



DEFORMACION TANGENCIAL VS ESFUERZO DE CORTE



Ing. *J. Escobedo Par*
CIP: 292565
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



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

REGISTRO DE CALICATAS

PROYECTO	: *ANALISIS ESTATICO Y PSEUDOSTATICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+559, CERRILLOS - SANTA LUCIA*	FECHA	: 25/05/2024
SOLICITANTE	: BACH. MARCO RAUL COAGUIRA ROSAS	ING. RESPON.	: J.E.A.
UBICACIÓN	: DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	ASIST. GEOTECNIA.	: 0
MUESTRA	: CALICATA 06 - 0.00 m. a 1.00 m.	TECNICO	: L.A.E.P.
SECTOR	: CERRILLOS		

CALICATA N°	: CALICATA 06 - 0.00 m. a 1.00 m.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	
SECTOR	: CERRILLOS	ANCHO	: 0.70 m.
COORDENADAS	E: 324 918 N: 8 264 780	LARGO	: 1.20 M.
LADO	:	PROFUNDIDAD	: 0.60 M.
MUESTRA DE	: CALICATA ALTERADA		

PROF.	SIMB.	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS									
			% QUE PASA N° DE MALLAS				HUMEDAD NATURAL	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD	SUCS	ASTHO
			4	10	40	200						
- 0.10		Estrato conformado por Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	97.63	96.52	86.17	50.96	19.76	41.60	22.50	19.10	CL	A-7-6 (7)
- 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												
- 2.90												
- 3.00												
- 3.10												
- 3.20												
- 3.30												
- 3.40												
- 3.50												
- 3.60												
- 3.70												
- 3.80												
- 3.90												
- 4.00												

Observaciones:



Ing. *[Signature]* del Escobedo Par
CIP: 202565
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

DIRECCIÓN URBANIZACIÓN VILLA ZURIGA - 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 : ANALISIS ESTADICO Y FSILOESTADICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 223+044 - 233+856, CERRILLOS - SANTALUCIA	FECHA : 25/05/2024
SOLICITANTE : BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	ING. RESPONS. : J.E.A.
UBICACION : DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	ASIST. GEOTECNIA : 0
MUESTRA : CALICATA 06 M 01 - 0.00 m. a 1.00 m.	TECNICO : L.A.E.P.
SECTOR : CERRILLOS	

DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL

Nro. De Tarro	N°	7	7		
T. + Suelo Húmedo	Gr.	3,966.00	3,966.00		
T. + Suelo Seco	Gr.	3,461.00	3,461.00		
Agua	Gr.	505.00	505.00		
Peso del Tarro	Gr.	905.00	905.00		
Suelo Seco	Gr.	2,556.00	2,556.00		
% de Humedad	%	19.76	19.76		
% de Humedad promedio	%	19.76			

Observaciones:



Ing. Leonardo Escobedo Par
N° 262565
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



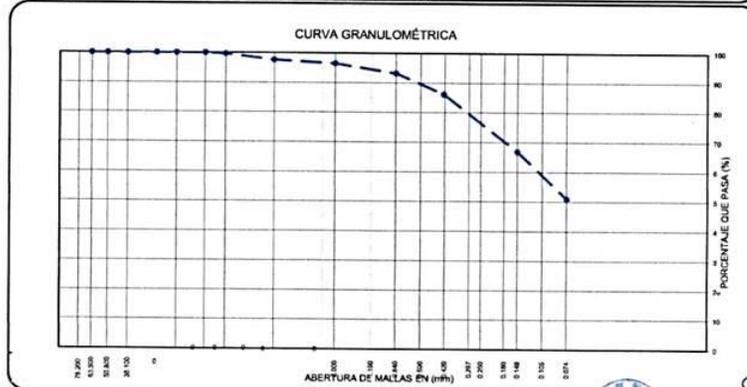
LABORATORIO DE GEOTECNIA
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE
CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E-107)

PROYECTO DE TESIS : ANALISIS ESTADICO Y PSEUDOSTADICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+656, CERRILLOS - SANTA LUCIA*	FECHA : 25/05/2024
SOLICITANTE : BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	ING. ESPECIALISTA : J.E.A.
UBICACION : DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	ASIST. GEOTECNIA :
MUESTRA : CALICATA 06 M 01 - 0.00 m a 1.00 m.	TECNICO : L.A.E.P.
SECTOR : CERRILLOS	

N° 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	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	8.00	0.30	0.30	99.70
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.30	99.70
N° 4	4.76	55.00	2.07	2.37	97.63
N° 6	3.36	0.00	0.00	2.37	97.63
N° 8	2.38	0.00	0.00	2.37	97.63
N° 10	2.00	5.69	1.11	3.48	96.52
N°16	1.19	0.00	0.00	3.48	96.52
N° 20	0.84	16.84	3.29	6.77	93.23
N° 30	0.59	0.00	0.00	6.77	93.23
N° 40	0.43	36.15	7.06	13.83	86.17
N° 50	0.30	0.00	0.00	13.83	86.17
N° 80	0.18	0.00	0.00	13.83	86.17
N° 100	0.15	98.68	19.27	33.10	66.90
N° 200	0.07	81.66	15.94	49.04	50.96
-200.00		260.98	50.96	100.00	-

NORMA : ASTM D422, AASHTO T88, MTC E-107.
DATOS INICIALES
Peso Inicial : 2,655.00
Peso Fracción : 500.00
RESULTADOS DEL ENSAYO
Limite Liquido : 41.60 %
Limite Plastico : 22.50 %
Indice Plastico : 19.10 %
CLASIFICACION DE SUELOS:
AASHTO : A-7-6 (7)
SUCS : CL
IG : 0
CC :
CU :
Hum. Natural : 19.76 %
Dens. Proctor :
Cont.H. Optima :
C.B.R. A1 100% :
C.B.R. A1 95% :
EQUIV ARENA :
ABR. ANGELES :
Estrato conformado por Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.



Ing. *[Signature]* Escobedo Par
C.I. 202585
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

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E110 Y MTC E111)

PROYECTO DE TESIS : ANALISIS ESTADICO Y PSEUDOESTADICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+659, CERRILLOS - SANTA LUCIA*	FECHA : 25/05/2024
SOLICITANTE : BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	ING. RESPONS. : J.E.A.
UBICACIÓN : DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	ASIST. GEOTECNIA : 0
MUESTRA : CALICATA 06 M 01 - 0.00 m. a 1.00 m.	TECNICO : L.A.E.P.
SECTOR : CERRILLOS	

LIMITE LIQUIDO (MTCE 110 - 2000)

Nro. De Tarro	Nº	13	15			
T. + Suelo Húmedo	Gr.	41.79	44.54			
T. + Suelo Seco	Gr.	33.52	35.50			
Agua	Gr.	8.27	9.04			
Peso del Tarro	Gr.	13.35	14.56			
Suelo Seco	Gr.	20.17	20.94			
% de Humedad	%	41.00	43.17			
Nro. De Golpes	Nº	27	19			

LIMITE PLASTICO (MTCE 111 - 2000)

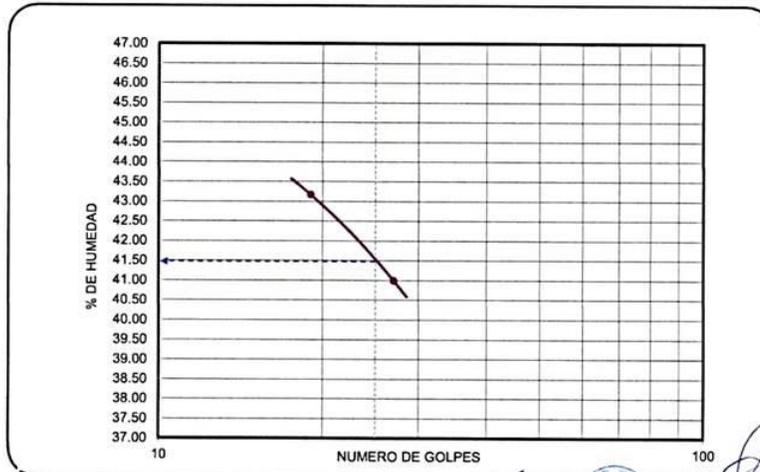
Nro. De Tarro	Nº	1	1		
T. + Suelo Húmedo	Gr.	17.88	17.88		
T. + Suelo Seco	Gr.	17.43	17.43		
Agua	Gr.	0.45	0.45		
Peso del Tarro	Gr.	15.43	15.43		
Suelo Seco	Gr.	2.00	2.00		
% de Humedad	%	22.50	22.50		
Humedad Promedio	%		22.50		

DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE PLASTICIDAD

$LL = Wn \cdot (N/25)^{0.121} = 41.66 \%$

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

L.L.	41.50 %
L.P.	22.50 %
I.P.	19.00 %



Ing. Luis Escobedo Par
CIP 292565
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

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO	: ANALISIS ESTATICO Y PSEUDOESTATICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+659, CERRILLOS - SANTA LUCIA*		
SOLICITANTE	: BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	Fecha	: Mayo del 2024
UBICACION	: DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	Técnico de Laboratorio	: L.A.E.P.
MUESTRA	: CL Profundidad: 1.00 m	Jefe de Laboratorio	: Ing. J. ESCOBEDO A.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA

ESTADO	: Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
UBICACIÓN DE MUESTRA	: Calicata N° 6
ESTRATO	: 1.00 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)	1.387	1.387	1.387
Densidad seca inicial (gr/cm3)	1.284	1.284	1.284
Contenido de humedad inicial (%)	8.02	8.02	8.02

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

Peso de la muestra (gr)	66.67	68.67	67.69
Volumen de la muestra (cm3)	46.98	46.98	46.98
Altura final de muestra (cm)	2.25	2.25	2.25
Densidad Húmeda final (gr/cm3)	1.419	1.462	1.441
Densidad seca final (gr/cm3)	1.286	1.295	1.248
Contenido de humedad final (%)	10.35	12.84	15.40

Esfuerzo Normal (Kg/cm2)	0.50	1.00	2.00
Esfuerzo de corte máximo (Kg/cm2)	0.44	0.52	0.87

ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)	15.8	Grados
COHESIÓN (Kg/cm2)	0.28	Kg/cm2

OBSERVACIONES:



Ing. L. A. R. Escobedo Par
CIP: 292585
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



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

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO : "ANALISIS ESTATICO Y PSEUDOESTATICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233-044 - 233-659, CERRILLOS - SANTA LUCIA"
SOLICITANTE : BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS
UBICACION : DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO
MUESTRA : CL Profundidad: 1.00 m
Fecha : Mayo del 2024
Técnico de Laboratorio : L.A.E.P.
Jefe de Laboratorio : Ing. J. ESCOBEDO A

DESCRIPCION DE LA MUESTRA

ESTADO : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
CALICATA N° : Calicata N° 6
ESTRATO : 1.00 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)						
0.00	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000		
0.20	4.80	0.162	7.80	0.263	11.30	0.380		
0.40	6.30	0.212	8.60	0.290	14.60	0.491		
0.60	7.80	0.263	10.30	0.347	15.20	0.512		
0.80	9.80	0.330	12.40	0.417	16.60	0.559		
1.00	10.40	0.350	12.70	0.428	17.20	0.579		
1.20	10.80	0.364	12.80	0.431	18.10	0.609		
1.40	11.60	0.390	13.40	0.451	19.00	0.640		
1.60	11.80	0.397	13.80	0.465	19.60	0.660		
1.80	12.10	0.407	14.00	0.471	20.00	0.673		
2.00	12.30	0.414	14.20	0.478	20.20	0.680		
2.20	12.50	0.421	14.40	0.485	20.80	0.700		
2.40	12.70	0.428	14.60	0.491	21.00	0.707		
2.60	12.90	0.434	14.80	0.498	21.40	0.720		
2.80	13.00	0.438	15.00	0.505	21.60	0.73		
3.00	13.10	0.441	15.20	0.512	22.40	0.75		
3.20	13.20	0.444	15.30	0.515	22.80	0.77		
3.40	13.20	0.444	15.30	0.515	23.10	0.78		
3.60	13.20	0.444	15.10	0.508	23.70	0.80		
3.80	13.10	0.441	15.00	0.50	24.30	0.82		
4.00	13.00	0.438	14.90	0.50	24.80	0.83		
4.20	12.90	0.434			25.40	0.86		
4.40					25.80	0.87		
4.60								
4.80								
5.00								
5.20								
5.40								
5.60								
5.80								
6.00								
6.20								
6.40								
6.60								
6.80								
7.00								
Esfuerzo de corte		0.44		0.52		0.87		

Ing. J. Escobedo Par
 CIP 292565
 INGENIERO EN GEOTECNIA

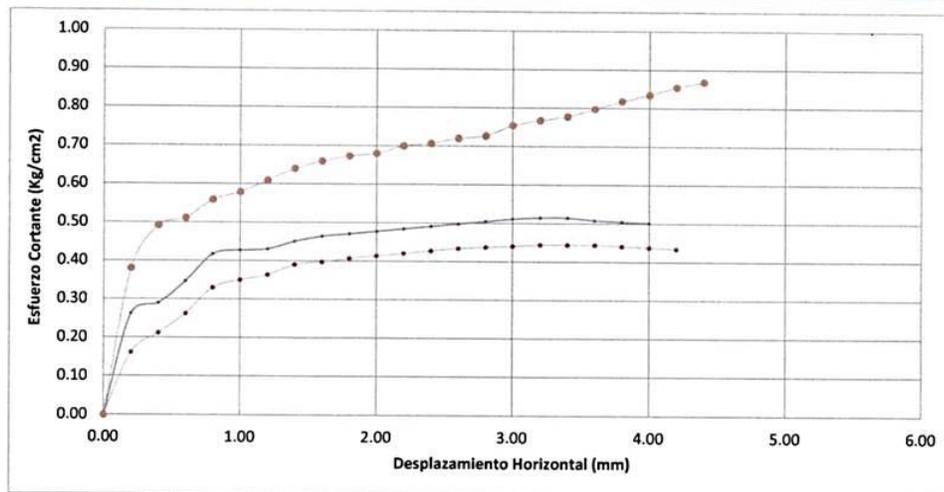


LABORATORIO DE GEOTECNIA
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE
CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

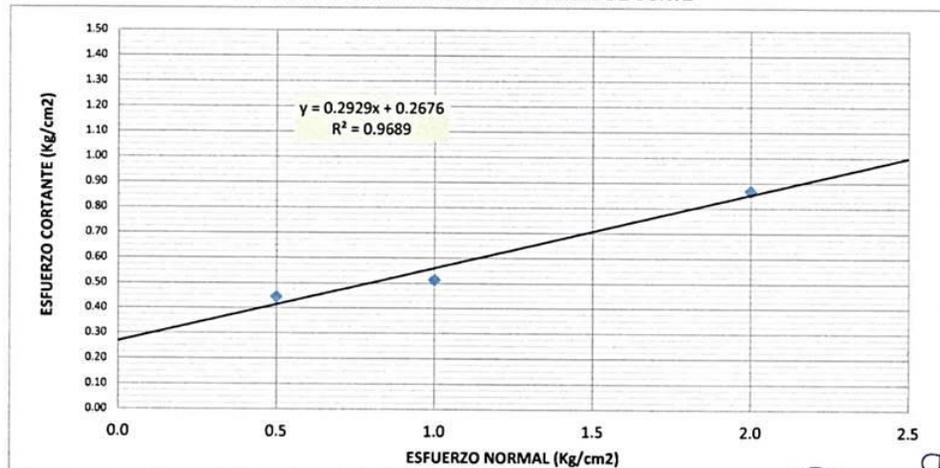
ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO	: "ANALISIS ESTATICO Y PSEUDOESTATICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233-044 - 233+659, CERRILLOS - SANTA LUCIA"		
SOLICITANTE	: BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	Fecha	: Mayo del 2024
UBICACION	: DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	Técnico de Laboratorio	: L.A.E.P.
MUESTRA	: CL Profundidad: 1.00 m	Jefe de Laboratorio	: Ing. J. ESCOBEDO A.

DEFORMACION TANGENCIAL VS ESFUERZO DE CORTE



DEFORMACION TANGENCIAL VS ESFUERZO DE CORTE



Ing. Leobardo Escobedo Par
CIP: 292585
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



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

REGISTRO DE CALICATAS

PROYECTO	: ANALISIS ESTADICO Y PSEUDOESTADICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+659, CERRILLOS - SANTA LUCIA*	FECHA	: 25/05/2024
SOLICITANTE	: BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	ING. RESPONS.	: J.E.A.
UBICACION	: DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	ASIST. GEOTECNIA	: 0
MUESTRA	: CALICATA 04 - 0.00 m. a 1.00 m.	TECNICO	: L.A.E.P
SECTOR	: CERRILLOS		

CALICATA N°	: CALICATA 04 - 0.00 m. a 1.00 m.	UBICACION GEOGRAFICA	
SECTOR	: CERRILLOS	ANCHO	: 0.70 m.
COORDENADAS	: E: 324 665 N: 8 264 778	LARGO	: 1.20 M.
LADO	:	PROFUNDIDAD	: 0.60 M.
MUESTRA DE	: CALICATA ALTERADA		

PROF.	SIMB.	DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS GEOTECNICAS									
			% QUE PASA N° DE MALLAS				HUMEDAD NATURAL	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD	SUCS	ASTHO
			4	10	40	200						
-0.10		Estrato conformado por Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	64.27	60.71	47.47	26.00	21.70	39.00	18.52	20.48	SC	A-2-B (1)
-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												
-2.90												
-3.00												
-3.10												
-3.20												
-3.30												
-3.40												
-3.50												
-3.60												
-3.70												
-3.80												
-3.90												
-4.00												

Observaciones: _____



Ing. Luis Abel Escobedo Par
CIP: 202585
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 : ANÁLISIS ESTÁTICO Y PSEUDOESTATICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233-044 - 233+050. CERRILLOS - SANTA LUCIA	FECHA : 25/05/2024
SOLICITANTE : BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	ING. RESPONS. : J.E.A.
UBICACIÓN : DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	ASIST. GEOTECNIA : 0
MUESTRA : CALICATA 04 M 01 - 0.00 m. a 1.00 m.	TECNICO : L.A.E.P.
SECTOR : CERRILLOS	

DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL

Nro. De Tarro	Nº	1	1		
T. + Suelo Húmedo	Gr.	5,588.00	5,588.00		
T. + Suelo Seco	Gr.	4,755.00	4,755.00		
Agua	Gr.	833.00	833.00		
Peso del Tarro	Gr.	917.00	917.00		
Suelo Seco	Gr.	3,838.00	3,838.00		
% de Humedad	%	21.70	21.70		
% de Humedad promedio	%	21.70			

Observaciones:



Ing. *[Signature]* Escobedo Par
CIP 282565
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



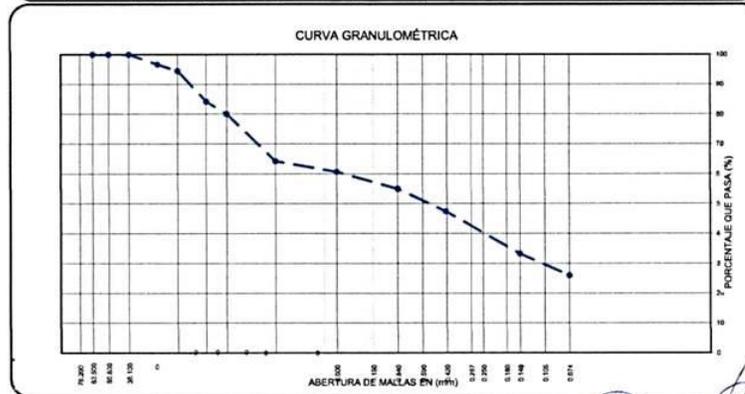
LABORATORIO DE GEOTECNIA
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE
CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E-107)

PROYECTO DE TESIS : ANALISIS ESTÁTICO Y PSEUDOESTÁTICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+858, CERRILLOS - SANTA LUCIA SOLICITANTE : BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS UBICACIÓN : DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO MUESTRA : CALICATA 04 M 01 - 0.00 m. a 1.00 m. SECTOR : CERRILLOS	FECHA : 25/05/2024 ING. ESPECIALISTA : JEA ASIST. GEOTECNIA : TECNICO : LAEP
---	---

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	158.00	3.32	3.32	96.68
3/4"	19.05	105.00	2.21	5.53	94.47
1/2"	12.70	488.00	10.26	15.79	84.21
3/8"	9.53	196.00	4.12	19.92	80.08
1/4"	6.35	0.00	0.00	19.92	80.08
Nº 4	4.76	752.00	15.81	35.73	64.27
Nº 6	3.36	0.00	0.00	35.73	64.27
Nº 8	2.38	0.00	0.00	35.73	64.27
Nº 10	2.00	27.66	3.56	39.29	60.71
Nº 16	1.19	0.00	0.00	39.29	60.71
Nº 20	0.84	44.58	5.73	45.02	54.98
Nº 30	0.59	0.00	0.00	45.02	54.98
Nº 40	0.43	58.47	7.52	52.53	47.47
Nº 50	0.30	0.00	0.00	52.53	47.47
Nº 80	0.18	0.00	0.00	52.53	47.47
Nº 100	0.15	110.24	14.17	66.70	33.30
Nº 200	0.07	56.80	7.30	74.00	26.00
-200.00		202.25	26.00	100.00	-

NORMA : ASTM D422, AASHTO T88, MTC E-107.
DATOS INICIALES
Peso Inicial : 4,755.00
Peso Fracción : 500.00
RESULTADOS DEL ENSAYO
Limite Líquido : 39.00 %
Limite Plástico : 18.52 %
Indice Plástico : 20.48 %
CLASIFICACION DE SUELOS:
AASHTO : A-2-6 (1)
SUCS : SC
IG : 0
CC :
CU :
Hum. Natural : 21.70 %
Dens. Proctor :
Cort. H. Óptima :
C.B.R. Al 100% :
C.B.R. Al 55% :
EQUIV. ARENA :
ABR. ANGELES :
Estrato conformado por Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.




 Ing. Geod. Abel Escobedo Par
 D.P. 202585
 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

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E110 Y MTC E111)

PROYECTO DE TESIS : ANALISIS ESTADICO Y PSEUDOESTADICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+659, CERRILLOS - SANTA LUCIA*	FECHA : 25/06/2024
SOLICITANTE : BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	ING. RESPONS. : J.E.A.
UBICACIÓN : DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	ASIST. GEOTECNIA : 0
MUESTRA : CALICATA 04 M 01 - 0.00 m a 1.00 m.	TECNICO : LAEP
RECTOR : CERRILLOS	

LIMITE LIQUIDO (MTCE 110 - 2000)

Nro. De Tarro	Nº	39	10
T. + Suelo Húmedo	Gr.	40.30	44.58
T. + Suelo Seco	Gr.	32.92	36.16
Agua	Gr.	7.38	8.42
Peso del Tarro	Gr.	13.44	14.94
Suelo Seco	Gr.	19.48	21.22
% de Humedad	%	37.89	39.68
Nro. De Golpes	Nº	32	20

LIMITE PLASTICO (MTCE 111 - 2000)

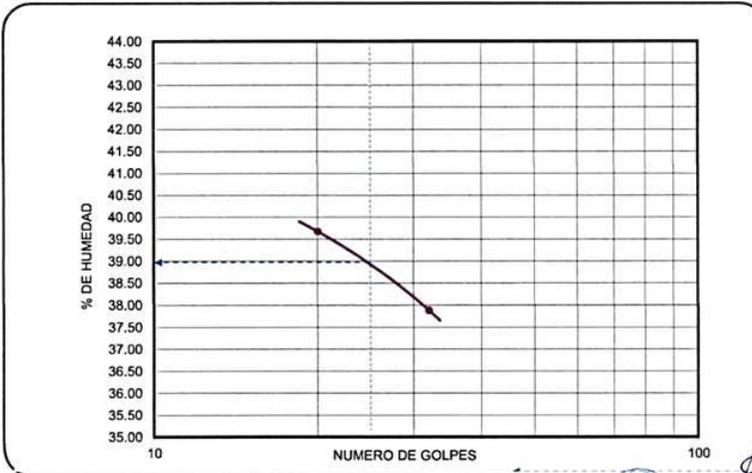
Nro. De Tarro	Nº	11	11
T. + Suelo Húmedo	Gr.	18.08	18.08
T. + Suelo Seco	Gr.	17.68	17.68
Agua	Gr.	0.40	0.40
Peso del Tarro	Gr.	15.52	15.52
Suelo Seco	Gr.	2.16	2.16
% de Humedad	%	18.52	18.52
Humedad Promedio	%		18.52

DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE PLASTICIDAD

$LL = Wn \cdot (N/25)^{0.121} = 38.97 \%$

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

L.L.	39.00 %
L.P.	18.52 %
I.P.	20.48 %



Ing. Leonardo Escobedo Par
C.I. 262585
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

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO	: ANALISIS ESTATICO Y PSEUDOESTATICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+659, CERRILLOS - SANTA LUCIA*		
SOLICITANTE	: BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	Fecha	: Enero de 2024
MUESTRA	: SC Profundidad: 1.00 m	Técnico de Laboratorio	: L.A.E.P.
		Jefe de Laboratorio	: Ing. J. ESCOBEDO A.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA

ESTADO	: Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
UBICACIÓN DE MUESTRA	: Calicata N° 04
ESTRATO	: 1.00 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
Densida Humeda inicial (gr/cm3)	1.597	1.597	1.597
Densidad seca inicial (gr/cm3)	1.465	1.465	1.465
Contenido de humedad inicial (%)	8.98	8.98	8.98

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

Peso de la muestra (gr)	75.01	74.99	74.99
Volumen de la muestra (cm3)	46.98	46.98	46.98
Altura final de muestra (cm)	2.25	2.25	2.25
Densidad Húmeda final (gr/cm3)	1.596	1.596	1.596
Densidad seca final (gr/cm3)	1.437	1.397	1.357
Contenido de humedad final (%)	11.10	14.28	17.61

Esfuerzo Normal (Kg/cm2)	0.50	1.00	2.00
Esfuerzo de corte máximo (Kg/cm2)	0.55	0.78	0.86

ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)	11.8	Grados
COHESIÓN (Kg/cm2)	0.5	Kg/cm2

OBSERVACIONES:



Ing. Javier A. Escobedo Par
C.P. 262565
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



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

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO : "ANALISIS ESTATICO Y PSEUDOESTATICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233-044 - 233-659, CERRILLOS - SANTA LUCIA"
SOLICITANTE : BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS
UBICACION : DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO
MUESTRA : SC Profundidad: 1.00 m
Fecha : Enero del 2024
Técnico de Laboratorio : L.A.E.P.
Jefe de Laboratorio : Ing. J. ESCOBEDO A.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA

ESTADO : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
CALICATA N° : Calicata N° 04
ESTRATO : 1.00 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)						
0.00	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000		
0.20	5.40	0.182	7.40	0.249	10.90	0.367		
0.40	7.90	0.266	10.50	0.353	13.00	0.438		
0.60	10.20	0.343	12.10	0.407	14.90	0.502		
0.80	11.30	0.380	13.90	0.468	15.80	0.532		
1.00	12.10	0.407	14.80	0.498	16.70	0.562		
1.20	12.50	0.421	15.60	0.525	17.60	0.592		
1.40	13.10	0.441	16.40	0.552	18.70	0.630		
1.60	13.90	0.468	17.40	0.586	19.00	0.640		
1.80	14.20	0.478	17.90	0.603	19.80	0.667		
2.00	14.80	0.498	18.20	0.613	20.40	0.687		
2.20	15.30	0.515	18.50	0.623	20.90	0.704		
2.40	15.40	0.518	19.50	0.656	21.60	0.727		
2.60	15.60	0.525	20.10	0.677	22.00	0.741		
2.80	15.80	0.532	20.30	0.683	22.50	0.76		
3.00	15.90	0.535	20.60	0.693	23.00	0.77		
3.20	16.00	0.539	20.90	0.704	23.70	0.80		
3.40	16.10	0.542	21.30	0.717	24.00	0.81		
3.60	16.20	0.545	21.50	0.724	24.50	0.82		
3.80	16.20	0.545	21.90	0.74	24.70	0.83		
4.00	16.30	0.549	22.40	0.75	25.00	0.84		
4.20	16.20	0.545	22.80	0.77	25.50	0.86		
4.40	16.20	0.545	23.10	0.78	25.60	0.86		
4.60	16.10	0.542	23.00	0.77	25.40	0.86		
4.80	15.90	0.535	22.90	0.77	25.30	0.85		
5.00			22.80	0.77	25.10	0.84		
5.20								
5.40								
5.60								
5.80								
6.00								
6.20								
6.40								
6.60								
6.80								
7.00								
Esfuerzo de corte		0.55		0.78		0.86		



Ing. Advir A. del Escobedo Par
E.T.P. 282565
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

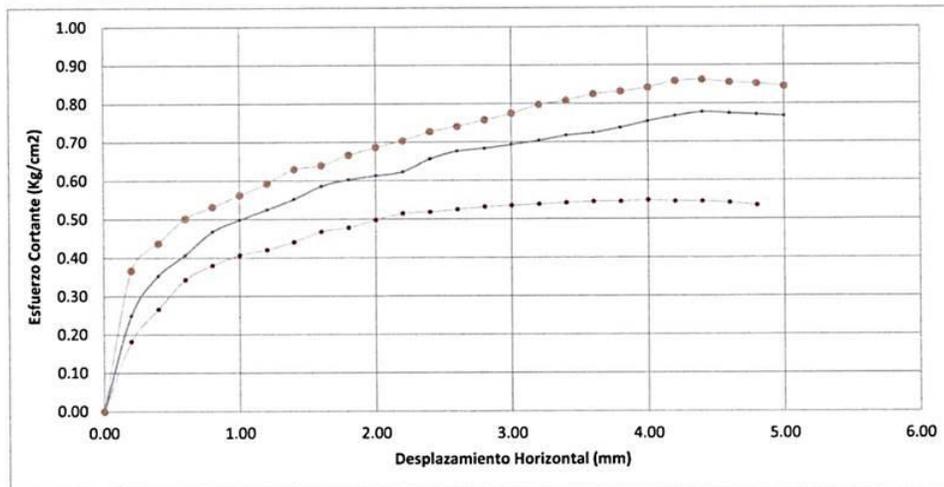


LABORATORIO DE GEOTECNIA
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE
CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

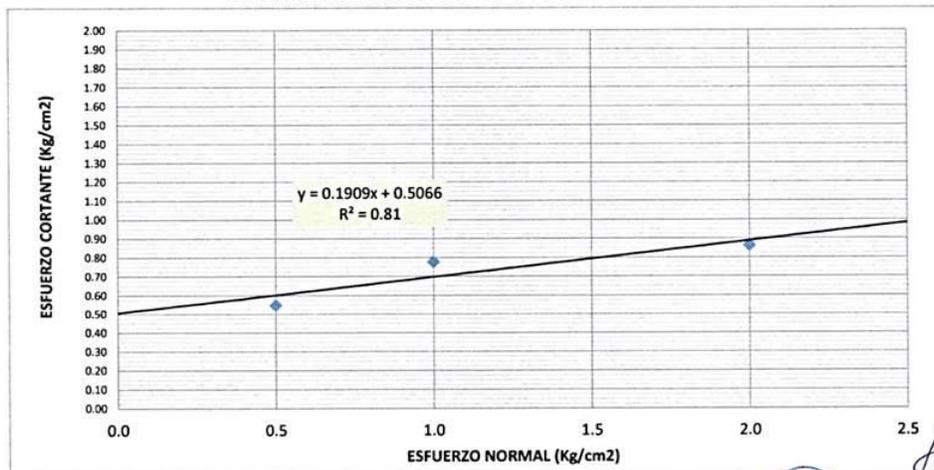
ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO	: "ANÁLISIS ESTÁTICO Y PSEUDOESTÁTICO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA CARRETERA JULIACA - AREQUIPA TRAMO KM 233+044 - 233+659, CERRILLOS - SANTA LUCIA"		
SOLICITANTE	: BACH. MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS	Fecha	: Enero del 2024
UBICACIÓN	: DISTRITO DE SANTA LUCIA, PROV. LAMPA, DEP. PUNO	Técnico de Laboratorio	: L.A.E.P.
MUESTRA	: SC Profundidad: 1.00 m	Jefe de Laboratorio	: Ing. J. ESCOBEDO A.

DEFORMACION TANGENCIAL VS ESFUERZO DE CORTE



DEFORMACION TANGENCIAL VS ESFUERZO DE CORTE



Ing. *[Signature]* del Escobedo Par
CIP 22565
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

ANEXO 9. Panel fotográfico



Fotografía 01. Identificación de la zona de caída de material hacia la cuneta, en la progresiva Km. 233+480.



Fotografía 02. Vista de caída de pequeños bloques de roca hacia la cuneta y la vía, en la progresiva Km. 233+540.



Fotografía 03. Toma de discontinuidades del macizo rocoso, en la progresiva Km. 233+050.



Fotografía 04. Toma de datos de buzamiento y dirección de buzamiento, en la progresiva Km. 233+540.



Fotografía 05. Vista general del laboratorio de INGEOPLESKA C&C E.I.R.L.



Fotografía 06. Realización del cuarteo de la muestra en el laboratorio.



ANEXO 10. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS
identificado con DNI 70188218 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
" EVALUACIÓN DE TALUDES EN EL SECTOR DE CERRILLOS DEL DISTRITO
DE SANTA LUCIA - LAMPA - PUNO "

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 04 de JUNIO del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 11. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



VRI
Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

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

Por el presente documento, Yo MARCO RAUL COAQUIRA ROSAS,
identificado con DNI 70188218 en mi condición de egresado de:

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

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" EVALUACIÓN DE TALUDES EN EL SECTOR DE CERRILLOS
DEL DISTRITO DE SANTA LUCIA - LAMPA - PUNO "

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

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 04 de JUNIO del 2024



FIRMA (obligatoria)



Huella