

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y
METALÚRGICA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO,
MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL
SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025**

PRESENTADO POR:

Br. DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS

Br. ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE**

INGENIERO GEÓLOGO

ASESOR:

Mgt. NICOLAS MACEDO GUZMAN

CUSCO – PERÚ

2026



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el **Asesor Ing. Nicolas Macedo Guzmán** quien aplica el software de detección de similitud al trabajo de investigación/tesis titulada: **ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN – CUSCO, 2025**

Presentado por: Delbert Humberto Mamani Salas DNI N° 47237013

presentado por: Erick Eversonn Quispe Aslla, DNI N°: 75953384.

Para optar el título Profesional/Grado Académico de Ingeniero Geólogo, Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 01 veces, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 10 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	☒
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	☐
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	☐

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 08 de Julio de 2026

Firma

Post firma..NICOLAS MACEDO GUZMAN

Nro. de DNI 23992814

ORCID del Asesor: 0000-0002-3375-4189

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid: 27259:605821344**

TESIS_GEO_MAMANI SALAS.docx

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:605821344

Fecha de entrega

8 jul 2026, 11:00 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

8 jul 2026, 11:11 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS_GEO_MAMANI SALAS.docx

Tamaño del archivo

67,7 MB

156 páginas

25.128 palabras

133.863 caracteres


Pascual
MAMANI SALAS

10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 25 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 1%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 10%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, que, gracias a su esfuerzo, fue posible este pequeño logro que enmarcará el inicio de muchos más... (2/2).

Delbert Humberto Mamani Salas

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi familia, por su apoyo constante y amor incondicional, para lograr mis objetivos.

Quispe Aslla Erick Eversonn.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer de manera muy especial a todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, porque cada uno de ustedes, con su experiencia, sembró en nosotros los conocimientos fundamentales que hoy se ven reflejados en esta tesis realizada en equipo; gracias por transmitirnos no solo teoría y técnica, sino también la vocación de ser geólogo y sobre todo la ética profesional que nos acompañará siempre a lo largo de nuestra vida profesional, ¡muchas gracias!

Los autores.

INDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I GENERALIDADES	1
1.1. Ubicación.....	1
1.2. Accesibilidad	1
1.3. Problema	3
1.3.1. Realidad problemática a nivel nacional	3
1.3.2. Realidad problemática a nivel regional.....	3
1.3.3. Definición de la realidad problemática	4
1.3.4. Formulación del problema.....	6
Problema general	6
Problemas específicos	6
1.4. Objetivos	6
1.4.1. Objetivo general.....	6
1.4.2. Objetivos específicos	6
1.5. Justificación de la investigación.....	7
1.5.1. Justificación metodológica	7
1.5.2. Justificación académica	7
1.5.3. Justificación práctica	7
1.5.4. Justificación social	8
1.6. Importancia de la investigación.....	8
1.7. Limitaciones del estudio	9
1.8. Hipótesis.....	9
1.8.1. Hipótesis general.....	10
1.8.2. Hipótesis específica.....	10
1.9. Sistema de variables	10
1.9.1. Variable independiente.....	10
1.9.2. Variables dependientes.....	10
Matriz de operacionalización de variables	11
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	12
2.1. Marco referencial	12
2.1.1. Antecedentes internacionales	12
2.1.2. Antecedentes nacionales	14
2.1.3. Antecedente regional	17
2.2. Bases teóricas	18
2.3. Marco conceptual	47

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO.....	51
3.1. Tipo y nivel de investigación	51
3.1.1. Tipo de investigación	51
3.1.2. Nivel de investigación.....	51
3.2 Diseño y enfoque de investigación	52
3.2.1. Diseño de investigación	52
3.2.2. Enfoque de la investigación	52
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	53
3.4 Técnicas de procesamiento y análisis de datos	54
CAPÍTULO IV RESULTADOS	60
4.1. Descripción de proceso de obtención de resultados	60
4.1.1. Procedimiento general	60
4.1.2. Exploración en campo	61
4.1.3. Proceso de incorporación del biopolímero Xantano	62
4.2. RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECIFICO 1.....	64
4.2.1. <i>Geomorfología local</i>	64
4.2.2. <i>Geología local</i>	71
4.2.2.1. Formación Kayra (Peo-k).....	71
4.2.2.2. Cuaternario.....	72
4.2.3. <i>Geología estructural</i>	75
4.2.3.1. Falla Cusco.....	75
4.2.3.2. Falla Tambomachay	75
4.3. RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECIFICO 2.....	78
4.3.1. <i>Contenido de humedad</i>	78
4.3.2. <i>Análisis granulométrico</i>	79
4.3.2.1. Granulometría del suelo natural.....	79
4.3.2.2. Granulometría del suelo con sus modificaciones	80
4.3.3. <i>Límites de consistencia</i>	81
4.3.3.1. Límites de consistencia del suelo natural.....	81
4.3.3.2. Límites de consistencia del suelo modificado con el biopolímero.....	82
4.3.4. <i>Peso unitario</i>	83
4.3.5. <i>Pruebas de compactación de Proctor Estándar</i>	85
4.3.6. <i>Permeabilidad de carga constante</i>	86
4.4. RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECIFICO 3.....	89
4.4.1. <i>Corte Directo</i>	89

4.4.1.1. Corte directo de la muestra natural	89
4.4.1.2. Corte directo de las muestras con el biopolímero xantano a los 7 días de periodo de reposo	90
4.4.1.3. Corte directo de las muestras con el biopolímero xantano a los 14 días de periodo de reposo	91
4.5. RESULTADOS DE OBJETIVO ESPECIFICO 4.....	93
4.5.1. Condiciones topográficas	93
4.5.2. Propuesta de estabilización del talud en suelo areno limoso.....	97
4.5.2.1. Método de reemplazo de material.....	97
4.5.2.2. Método de inyección de biopolímero	98
4.5.2.2. Análisis de factibilidad comparada con otros métodos tradicionales	100
4.5.2. Factor de seguridad mediante el Slide 2D.....	103
CAPÍTULO V DISCUSIÓN DE RESULTADOS	107
CONCLUSIONES	112
RECOMENDACIONES	114
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	116
ANEXOS	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Mapa de ubicación de la zona de estudio denominado como sector de Agua Buena.</i>	2
Figura 2	<i>Comparación de la emisión de CO₂ de biopolímeros y otros agentes estabilizadores convencionales para estabilizar 100 kg de suelo.</i>	9
Figura 3	<i>Interacción suelo – biopolímero visto en SEM</i>	19
Figura 4	<i>Interacción del suelo con el biopolímero guar</i>	20
Figura 5	<i>Partes de un talud</i>	22
Figura 6	<i>Influencia de procesos naturales en la estabilidad de taludes.</i>	22
Figura 7	<i>Cuadro de clasificación de sistema AASHTO</i>	26
Figura 8	<i>Cuadro de clasificación de sistema AASHTO</i>	27
Figura 9	<i>Esquema de límites de consistencia</i>	28
Figura 10	<i>Representación gráfica del ensayo de límite líquido</i>	29
Figura 11	<i>Ensayo del límite plástico</i>	30
Figura 12	<i>Curva esfuerzo - deformación</i>	33
Figura 13	<i>Esquema de dispositivo de corte</i>	34
Figura 14	<i>Clasificación de métodos de análisis de estabilidad de taludes</i>	37
Figura 15	<i>Diagrama típico del método de dovelas</i>	38
Figura 16	<i>Fuerzas que actúan sobre la dovela en el método de Fellenius.</i>	39
Figura 17	<i>Representación gráfica de la ecuación de Coulomb</i>	42
Figura 18	<i>Esfuerzos que actúan en la estructura del suelo.</i>	44
Figura 19	<i>Mapa de zonificación sísmicas del Perú</i>	45
Figura 20	<i>Fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras de un talud</i>	47
Figura 21	<i>Ficha técnica del contenido de humedad</i>	55
Figura 22	<i>Ficha técnica para determinar los límites de consistencia, e índice de plasticidad</i>	56
Figura 23	<i>Ficha técnica para determinar la granulometría por tamizado</i>	57
Figura 24	<i>Ficha técnica para determinar el corte directo</i>	58
Figura 25	<i>Incorporación del biopolímero xantano en la muestra de suelo, en sus cuatro dosificaciones propuestas para determinar los límites de consistencia</i>	60
Figura 26	<i>Incorporación del biopolímero xantano en la muestra de suelo para respetar el proceso de hidratación y los días de período de reposo de 7 y 14 días</i>	61
Figura 27	<i>Perfil estratigráfico de la calicata 01</i>	62

Figura 28	<i>Perfil estratigráfico de la calicata 02.....</i>	62
Figura 29	<i>Peso de la proporción del biopolímero xantano en relación con el peso de la muestra a ser ensayada</i>	63
Figura 30	<i>Proceso de mezclado del biopolímero xantano con el suelo y agua para lograr la hidratación.</i>	64
Figura 31	<i>Proceso de erosión lateral y relleno con material antrópico de la cárcava.</i>	65
Figura 32	<i>Evidencia de un posible deslizamiento en la zona de estudio en el año 2013</i>	66
Figura 33	<i>Deslizamiento ocurrido en el año 2014.....</i>	67
Figura 34	<i>Evolución de la geomorfología en el periodo 2016 a 2025</i>	68
Figura 35	<i>Vista de talud lateral de cárcava en la zona inestable, montaña estructural y planicie de terraza baja.</i>	69
Figura 36	<i>Mapa de geomorfología local de la zona de estudio.</i>	70
Figura 37	<i>Afloramiento de la Formación Kayra, donde se muestra la intercalación de areniscas feldespáticas con lutitas rojas. Está ubicado a unos 50 metros al sur del punto de estudio.....</i>	72
Figura 38	<i>Depósito deluvial areno limoso con presencia de arcilla en menor cantidad. Está ubicada en la zona del talud inestable.</i>	73
Figura 39	<i>Mapa de geología local de la zona de estudio</i>	74
Figura 40	<i>Mapa de geología estructural</i>	77
Figura 41	<i>Representación gráfica del contenido de humedad de las muestras ensayadas.....</i>	79
Figura 42	<i>Representación gráfica de la variación del peso unitario de las mezclas del suelo con el biopolímero xantano</i>	84
Figura 43	<i>Representación gráfica de la superposición de curvas de compactación de las dosificaciones del biopolímero xantano, respecto a la muestra natural.</i>	86
Figura 44	<i>Representación gráfica del resumen de los valores de la permeabilidad de los especímenes ensayados con 7 días de periodo de reposo.</i>	88
Figura 45	<i>Representación gráfica del resumen de los valores de la permeabilidad de los especímenes ensayados con 14 días de periodo de reposo.</i>	88
Figura 46	<i>Representación gráfica del resumen de los valores de la cohesión de todas las muestras ensayadas incluyendo sus días de periodo de reposo de 7 y 14 días.</i>	92

Figura 47	<i>Representación gráfica del resumen de los valores de la fricción de todas las muestras ensayadas incluyendo sus días de periodo de reposo de 7 y 14 días.</i>	93
Figura 48	<i>Vista lateral del talud de la zona de estudio con un muro de contención inclinado, cerca de colapsar</i>	94
Figura 49	<i>Delimitación del sector de Agua Buena, mediante el Google Earth Pro</i>	95
Figura 50	<i>Delimitación del sector de Agua Buena, mediante el software Global Mapper</i>	96
Figura 51	<i>Perfil del talud del sector de Agua Buena, para el modelado en software Slide 2D</i>	97
Figura 52	<i>Perfil del talud del con la propuesta de estabilización</i>	98
Figura 53	<i>Perfil del talud del con la propuesta de estabilización mediante inyección</i>	100
Figura 54	<i>Representación gráfica del resumen de los valores del factor de seguridad de los especímenes ensayados con 7 días de periodo de reposo.</i>	105
Figura 55	<i>Representación gráfica del resumen de los valores del factor de seguridad de los especímenes ensayados con 14 días de periodo de reposo.</i>	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Ubicación geográfica de la zona de estudio expresada en coordenadas UTM</i>	1
Tabla 2	<i>Ubicación geográfica de la zona de estudio expresada en coordenadas UTM</i>	1
Tabla 3	<i>Matriz de operacionalización de variables</i>	11
Tabla 4	<i>Valores de PGA según la zona sísmica</i>	45
Tabla 5	<i>Valores del factor de suelo</i>	46
Tabla 6	<i>Ubicación UTM de las calicatas en el sector de Agua Buena.....</i>	61
Tabla 7	<i>Resultados del contenido de humedad de las muestras ensayadas que corresponden a las dos calicatas.....</i>	78
Tabla 8	<i>Resultados del análisis granulométrico de las dos muestras ensayadas que corresponden a las dos calicatas, del suelo en su estado natural.</i>	80
Tabla 9	<i>Resultados del análisis granulométrico de las muestras con sus respectivas dosificaciones del biopolímero xantano que corresponden a las dos calicatas.</i>	81
Tabla 10	<i>Resultados de los límites de consistencia de las dos calicatas que corresponden al suelo en su estado natural.</i>	82
Tabla 11	<i>Resultados de los límites de consistencia para todas las muestras modificadas con el biopolímero xantano.....</i>	83
Tabla 12	<i>Resultados del peso unitario para el suelo en su estado natural y todas las muestras modificadas con el biopolímero xantano.</i>	84
Tabla 13	<i>Resultados de la prueba de compactación con sus dosificaciones de biopolímero xantano.....</i>	85
Tabla 14	<i>Resultados de la permeabilidad aplicado al suelo natural y suelo modificado, respetando los días de periodo de reposo de 7 y 14 días.</i>	87
Tabla 15	<i>Resultados del corte directo de la muestra de suelo natural.</i>	89
Tabla 16	<i>Resultados de corte directo con sus dosificaciones de biopolímero xantano con 7 días de periodo de reposo.....</i>	90
Tabla 17	<i>Resultados de corte directo con sus dosificaciones de biopolímero xantano con 14 días de periodo de reposo.....</i>	91
Tabla 18	<i>Análisis de precios unitarios para la instalación de gaviones.</i>	102
Tabla 19	<i>Análisis de precios unitarios para la estabilización química utilizando el método de inyección para el biopolímero xantano.</i>	103
Tabla 20	<i>Resultados del factor de seguridad, aplicado al suelo natural y suelo modificado, respetando los días de periodo de reposo de 7 y 14 días.</i>	104

RESUMEN

La investigación titulada ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, tiene como objetivo determinar el porcentaje óptimo de adición del biopolímero xantano (BX) para estabilizar un talud en suelo areno limoso. La investigación fue de tipo aplicada, nivel explicativo, diseño experimental y enfoque cuantitativo. Se recuperaron muestras de dos calicatas para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo natural (SN) y del suelo tratado con 0.5 %, 1.0 % y 1.5 % de BX. El suelo natural fue clasificado como SM según SUCS y A-4(2) y A-4(3) según AASHTO, e IP de 3 y NP. La adición del BX no modificó la granulometría ni los límites de consistencia del suelo. En el ensayo de corte directo, el SN presentó una cohesión de 17.37 KPa y un ángulo de fricción de 28.81°. Con adiciones de 0.5 % y 1.0 % de BX, estos parámetros aumentaron hasta 24.70 KPa y 30.93°, y 27.40 KPa y 32.04°, respectivamente; mientras que con 1.5 % disminuyeron a 23.04 KPa y 30.12°. El modelamiento en Slide 2D mostró que el factor de seguridad del SN varió entre 0.97 y 1.05, incrementándose con 0.5 % de BX hasta 1.15–1.26 y con 1.0 % hasta 1.23 – 1.34, según los métodos de Fellenius, Bishop, Janbu y Spencer. Se concluye que el 1.0 % de BX constituye la dosificación óptima, al incrementar la cohesión, el ángulo de fricción y el factor de seguridad del talud.

Palabras clave: Talud, Biopolímero xantano, Suelo areno limoso, Estabilización.

ABSTRACT

The The research titled STABILIZATION OF A SLOPE IN SILTY SAND SOIL USING THE BIOPOLYMER XANTHAN IN THE AGUA BUENA SECTOR aims to determine the optimal percentage of xanthan biopolymer (XB) addition to stabilize a slope in silty sand soil. The research was applied, explanatory in nature, with an experimental design and a quantitative approach. Samples were recovered from two test pits to determine the physical and mechanical properties of the natural soil (NS) and the soil treated with 0.5%, 1.0%, and 1.5% BX. The natural soil was classified as SM according to SUCS and A-4(2) and A-4(3) according to AASHTO, with a PI of 3 and NP. The addition of BX did not modify the grain size distribution or the consistency limits of the soil. In the direct shear test, the SN exhibited a cohesion of 17.37 KPa and a friction angle of 28.81°. With additions of 0.5% and 1.0% BX, these parameters increased to 24.70 KPa and 30.93°, and 27.40 KPa and 32.04°, respectively; while with 1.5% they decreased to 23.04 KPa and 30.12°. The 2D Slide modeling showed that the safety factor of the SN varied between 0.97 and 1.05, increasing with 0.5% BX to 1.15–1.26 and with 1.0% to 1.23–1.34, according to the Fellenius, Bishop, Janbu, and Spencer methods. It is concluded that 1.0% BX constitutes the optimal dosage, as it increases cohesion, the friction angle, and the slope's safety factor.

Keywords: Slope, Xanthan Biopolymer, Sandy Loam Soil, Stabilization.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis “ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025” se realizará en el sector de Agua Buena, distrito de San Sebastián, provincia y región del Cusco. La investigación se origina de la necesidad del planteamiento de métodos correctivos frente a deslizamientos por inestabilidad de taludes, que generan daños a la población de forma recurrente en temporada de alta escorrentía. Como bien se sabe, el Perú es uno de los países más afectados por fenómenos como el de El Niño, eventos que dejan como consecuencias, los deslizamientos de suelos y rocas, que son causantes de pérdidas de vidas humanas, pérdidas materiales, bloqueo de carretera, entre otros. La zona de estudio “sector de Agua Buena” no está exento a este tipo de problemática, y una prueba irrefutable es que en este punto se identificó un muro de contención a punto de colapsar como consecuencia de la inestabilidad de talud, el que puede generar daños potencialmente desastrosos en la población asentada de ese sector.

Si bien la bibliografía y la normativa peruana, frente a deslizamientos, plantean medidas correctivas mediante la construcción de muros de contención, anclajes, banquetas, entre otros, también existen otros métodos correctivos como los métodos químicos que no son utilizados de forma recurrente en Perú. La investigación tiene como objetivo principal; determinar el porcentaje óptimo del biopolímero xantano, para la estabilización de un talud en suelo areno limoso, en el sector de Agua Buena, que brinde una metodología correctiva frente a los problemas de deslizamiento, así como también contribuir con nuevos conocimientos científicos experimentales aplicados al comportamiento de la geodinámica externa del planeta.

La investigación será del tipo aplicada, debido a que se basará en los principios teóricos establecidos en la bibliografía científica, así como también las establecidas en la normativa legal vigente como: Manual de Ensayo de Materiales (MTC) y la Norma Técnica Peruana (NTP). Para cumplir con los objetivos de la investigación se realizarán trabajos en campo, laboratorio y gabinete, tanto en el área de geología y geotécnica. En el área de geología se realizará mapeos geológicos y geomorfológicos. En el área de geotecnia, se extraerán muestras de calicatas, de 50 kg cada una, haciendo un total de 100 kg, de la zona de estudio para realizar ensayos de caracterización física y mecánica del suelo, en el que se tendrá un suelo patrón (suelo en su estado natural) y las adiciones correspondientes del biopolímero xantano (BX): D1: 0.0% BX, D2: 0.50% BX, D3: 1.00% BX, D4: 1.50% BX. Con todos los datos obtenidos se realizará el modelado en el software Slide 2D, para así poder evaluar el factor de seguridad con la influencia del biopolímero xantano de un talud areno limoso.

CAPÍTULO I GENERALIDADES

1.1. Ubicación

La quebrada Agua Buena está ubicada en la parte Suroeste de la ciudad del Cusco, en el distrito de San Sebastián, provincia y departamento de Cusco (Figura 1).

Geográficamente se ubica en la zona 19 S, a una altitud media de 3360 msnm, y en las coordenadas UTM, como indica la tabla 1.

Tabla 1

Ubicación geográfica de la zona de estudio expresada en coordenadas UTM

Coordenadas UTM de la quebrada Agua Buena		
Este	Norte	Sistema de posición
183653.73 m	8500260.04 m	Coordinate System 1984 UTM Zone 19L WGS

1.2. Accesibilidad

El acceso a la quebrada Agua Buena es por vía terrestre, con un tiempo promedio de 40 minutos en bus, como expresa la tabla 2.

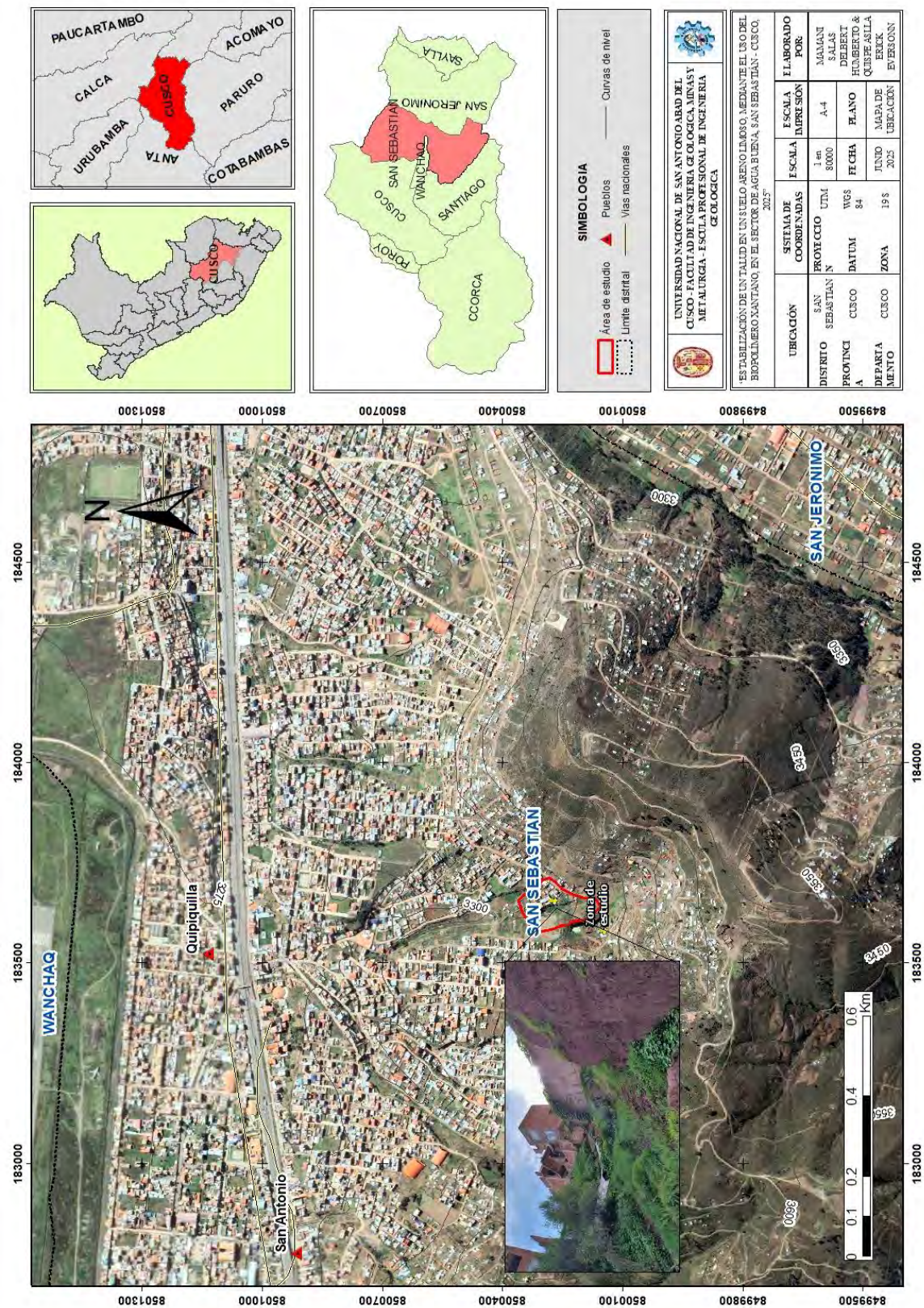
Tabla 2

Ubicación geográfica de la zona de estudio expresada en coordenadas UTM

Ruta	Tiempo	Empresa de transporte
UNSAAC – Paradero Final Illari	40 min	Illari

Figura 1

Mapa de ubicación de la zona de estudio denominado como sector de Agua Buena.



1.3. Problema

1.3.1. Realidad problemática a nivel nacional

El deslizamiento ocurrido en el asentamiento humano Brisas de Madre de Dios, Tambopata, debido a intensas lluvias (Valverde, 2025), ejemplifica la vulnerabilidad nacional ante eventos climáticos extremos, donde la falta de planificación urbana y la construcción en zonas de riesgo, aunado a la insuficiencia en la gestión de riesgos, resultan en viviendas inhabitables y la necesidad de acciones de respuesta y rehabilitación, evidenciando un problema generalizado en el país que requiere atención urgente para mitigar los impactos de estos fenómenos.

Se revela deficiencias críticas en la construcción del hospital de contingencia en Huánuco, específicamente en la caracterización de suelos y rocas, sistemas de drenaje y protección contra la erosión, lo cual ejemplifica un problema nacional en la planificación y ejecución de obras públicas; estas deficiencias, que contravienen la Norma Técnica de Salud y evidencian estudios de mecánica de suelos inadecuados al omitir el análisis de estabilidad de taludes, generan un riesgo significativo de deslizamientos que comprometen la infraestructura hospitalaria y su funcionamiento, reflejando la necesidad urgente de fortalecer los mecanismos de control y supervisión a nivel nacional para garantizar la seguridad y calidad de las construcciones en zonas de riesgo (Centro hospitalario construido en medio de una ladera, 2024).

1.3.2. Realidad problemática a nivel regional

El deslizamiento ocurrido en el sector de Tiopunco, distrito de Ollantaytambo (Arévalo, 2025), que causó daños materiales en viviendas y afectó la salud de una familia, ilustra la problemática nacional de la vulnerabilidad frente a deslizamientos, especialmente en zonas rurales. Este evento, que requirió evaluación de daños, análisis de necesidades y entrega de ayuda humanitaria, pone de manifiesto la

necesidad de fortalecer la gestión de riesgos a nivel nacional, incluyendo la prevención, la mitigación y la respuesta ante emergencias, para proteger a las comunidades y reducir el impacto de estos desastres.

La interrupción de la carretera Huaroscondo-Pachar en Cusco debido a intensas lluvias, según la Agencia Peruana de Noticias "Andina" (JRA, 2025), ilustra la vulnerabilidad de la infraestructura vial a nivel nacional frente a eventos climáticos extremos. La caída de lodo, piedras y rocas, que bloqueó la vía principal de acceso al Valle Sagrado, resalta la necesidad urgente de una gestión de riesgos más efectiva en el diseño, construcción y mantenimiento de carreteras, considerando la creciente intensidad de las lluvias y la identificación de zonas de alto riesgo.

1.3.3. Definición de la realidad problemática

En el sector de Agua Buena, del distrito de San Sebastián de la región del Cusco, con ubicación UTM (183644.38 E, 8500298.76 N) de la zona 19L, se detectó un muro de contención a punto de colapsar, debido a que la estructura se asienta sobre un material inestable (arena limosa), y sumado a esto un factor principal como la saturación del agua ocasionada por las fuertes precipitaciones pluviales que ocurren de forma periódica año tras años, afectando así el factor de seguridad del talud y como consecuencia el deslizamiento. Este evento podría originar desde la pérdida de viviendas, bloqueos en el libre tránsito, hasta la pérdida de vidas humanas.

Según el Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres (SIGRID), del sector de Agua Buena, existen al alrededor de 11 (once) viviendas comprometidas de forma directa con el talud areno limoso inestable, haciendo un total de 32 personas que podrían verse afectadas a causa de un posible evento.

La geomorfología, la geología y la geología estructural influyen en el fenómeno de deslizamiento de taludes, ya sean de origen natural o antrópico, por lo que el planteamiento del problema radica en comprender que dicha inestabilidad no puede analizarse sin considerar cómo; la pendiente, relieve y topografía (geomorfología), la litología (geología) y fallas (geología estructural) condicionan las zonas inestables. Desde esa perspectiva, la ingeniería geológica propone medidas preventivas, como estudios detallados del terreno antes de cualquier construcción, para identificar áreas de alto riesgo y determinar las medidas de estabilización necesarias. También nos ofrece, según su aplicación, las medidas correctivas, que es la de incrementar el factor de seguridad de un talud para garantizar su estabilidad, utilizando diferentes métodos como los mecánicos: muros de contención, mallas, anclajes; métodos químicos: inyección e impregnación. Estudios recientes exploran la aplicación específica del xantano en la estabilización de taludes, evaluando su efectividad en diversos tipos de suelos y condiciones geotécnicas (Cabalar & Canakci, 2011). La impregnación química con biopolímeros, como el xantano, se ha explorado para estabilizar taludes mediante la modificación de las propiedades del suelo, incrementando su cohesión y reduciendo la permeabilidad a través de la penetración (Chang & Cho, 2012)

En consecuencia, se propone utilizar un biopolímero denominado biopolímero xantano (BX), para garantizar el factor de seguridad de un talud inestable en el modelado, en software Slide 2D. Este biopolímero presenta cualidades y propiedades que son amigables con el medio ambiente, y debido a la importancia de buscar medidas correctivas para este tipo de problemática que aqueja año tras año a nuestro país, nos permitirá dar una solución práctica, innovadora y económicamente rentable.

1.3.4. Formulación del problema

Problema general

¿Con qué porcentaje óptimo, el biopolímero xantano estabiliza un talud en suelo areno limoso, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025?

Problemas específicos

¿Cómo influyen las características geomorfológicas, geológicas y estructurales del sector de Agua Buena en la inestabilidad de un talud en suelo arenoso limoso, para la aplicación del biopolímero xantano?

¿Cuál es el efecto que tendrá el uso del biopolímero xantano, en las propiedades físicas para la estabilización de un talud en suelo areno limoso, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025?

¿En qué medida influye el uso del biopolímero xantano, en el corte directo para estabilización de un talud en suelo areno limoso, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025?

¿Cómo será la influencia del uso biopolímero xantano en la estabilización de un talud en suelo areno limoso en el modelado con el software Slide 2D, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el porcentaje óptimo del biopolímero xantano, para la estabilización de un talud en suelo areno limoso, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025.

1.4.2. Objetivos específicos

Identificar las características geomorfológicas, geológicas y estructurales del sector de Agua Buena que condicionan la inestabilidad de un talud en suelo arenoso limoso, como base para su estabilización mediante la aplicación del biopolímero xantano.

Evaluar cuál es el efecto del biopolímero xantano en las propiedades físicas, para la estabilidad de un talud en suelo areno limoso, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025.

Evaluar en qué medida influye el biopolímero xantano en el corte directo, para la estabilidad de un talud en suelo areno limoso, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025.

Modelar un talud en suelo areno limoso, después de la estabilización con el biopolímero xantano, para evaluar el factor de seguridad en el software Slide 2D, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Justificación metodológica

El presente trabajo de investigación tendrá como resultado la evaluación y modelado del talud areno limoso después de la aplicación del biopolímero xantano, y se sustenta en la necesidad de aplicar un enfoque técnico, basado en conocimiento científico, normas técnicas vigentes, reglamentos nacionales, etc. Para el uso de las medidas correctivas de agentes químicos.

1.5.2. Justificación académica

El trabajo de investigación concebirá nuevos conceptos sobre el uso de la estabilización para un talud areno limoso, utilizando el biopolímero xantano, para garantizar el factor de seguridad y que también servirá como un antecedente importante para futuras investigaciones relacionadas a este campo de estudio de la ingeniería geotécnica.

1.5.3. Justificación práctica

La investigación se enfoca en la implementación de la estabilización con un agente ecoamigable (biopolímero xantano) en comparación con otros métodos de

estabilización de taludes para el incremento del factor de seguridad y garantizar su estabilidad.

1.5.4. Justificación social

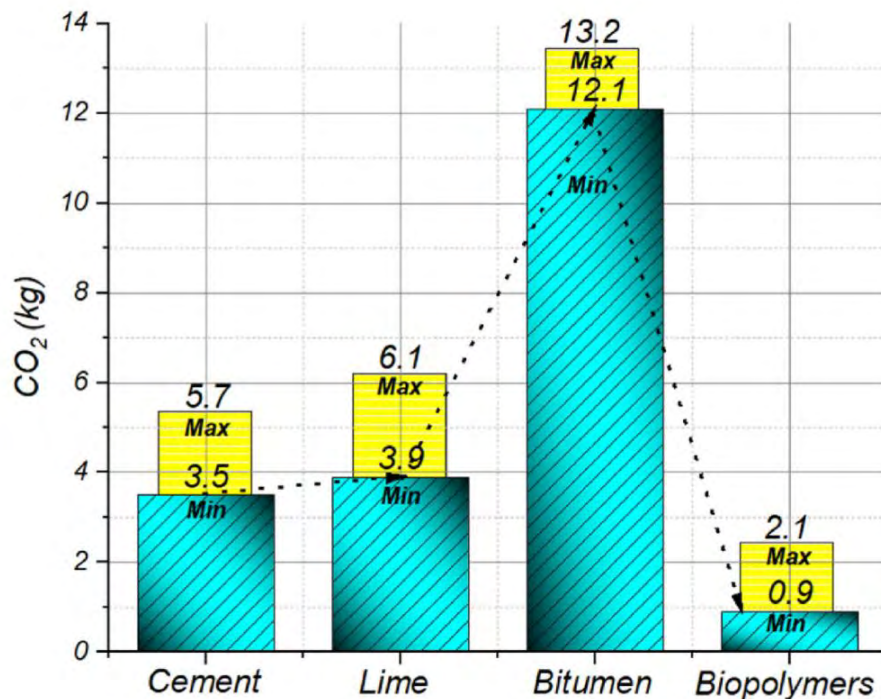
El presente trabajo de investigación plantea una alternativa innovadora, para así poder evitar los derrumbes, deslizamientos, bloqueos de la infraestructura vial, afecciones en viviendas y pérdida de vidas humanas, a causa de este tipo de evento, promoviendo una estrategia dentro de las medidas correctivas con el uso de biopolímeros estabilizadores, beneficiando de forma directa a la comunidad de la zona afectada (sector de Agua Buena) que incluyen alrededor de 32 personas.

1.6. Importancia de la investigación

El uso del biopolímero xantano, al tratarse de un agente eco amigable, frente a otros aditivos estabilizadores como el cemento, cal, bitumen. Reduce la huella de CO₂ por cada 100 kg de suelo estabilizado, tal como lo indica la Figura 2.

Figura 2

Comparación de la emisión de CO₂ de biopolímeros y otros agentes estabilizadores convencionales para estabilizar 100 kg de suelo.



Nota. El gráfico destaca la importancia de los biopolímeros como una alternativa mucho más ecológica en términos de emisiones de dióxido de carbono para la estabilización del suelo en comparación con otros agentes convencionales. **Fuente:** Anabani, Shalchian & Baghbani (2024).

1.7. Limitaciones del estudio

Al tratarse de un tema innovador, el estudio del uso de biopolímeros para estabilizar taludes en el país es escasa, al igual que la bibliografía accesible a nivel internacional, ya que está disponible limitado. Sin embargo, hay investigaciones locales sobre biopolímeros que presentan propiedades semejantes, como la goma gellan y la goma guar, que han evidenciado resultados prometedores en la mejora del suelo. Estos hallazgos, reunidos en la bibliografía libre disponible justifica este estudio acerca del biopolímero xantano como estabilizador, lo cual podría sentar un importante precedente en su una aplicación que será útil para los investigadores en el futuro.

1.8. Hipótesis

1.8.1. Hipótesis general

El porcentaje óptimo del 1.00% del biopolímero xantano, estabiliza un talud en suelo areno limoso, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025.

1.8.2. Hipótesis específica

Las características geomorfológicas (pendiente, relieve y topografía), geológicas (litología) y estructurales (fallas) del sector de Agua Buena influyen en la inestabilidad del talud en suelo arenoso limoso, lo que es relevante para la evaluación de su estabilización con el biopolímero xantano.

El biopolímero xantano incrementa de forma positiva al 1.00% de adición, en las propiedades físicas; granulometría, límites de consistencia, peso unitario, para la estabilidad de un talud en suelo areno limoso, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025.

El biopolímero xantano influye de forma positiva al 1.00% de adición, en el corte directo; ángulo de fricción y cohesión, para la estabilidad de un talud en suelo areno limoso, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025.

El biopolímero xantano influye de forma positiva al 1.00% en la estabilidad de un talud en suelo areno limoso, al modelar en el software Slide 2D, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025.

1.9. Sistema de variables

1.9.1. Variable independiente

Biopolímero xantano

1.9.2. Variables dependientes

Estabilización de un talud en suelo areno limoso

Matriz de operacionalización de variables

Tabla 3

Matriz de operacionalización de variables

HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
El porcentaje óptimo del 1.0% del biopolímero xantano, estabiliza un talud en suelo areno limoso, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025.	Variable Independiente: BIOPOLÍMERO XANTANO	Viscosidad Tamaño de las partículas del biopolímero Entrelazamiento de partículas Solución con agua	0.00% BX (Adición)
			0.50% BX (Adición)
			1.00% BX (Adición)
			1.50% BX (Adición)
HIPÓTESIS ESPECÍFICAS			
Las características geomorfológicas (pendiente, relieve y topografía), geológicas (litología) y estructurales (fallas) del sector de Agua Buena son determinantes en la inestabilidad del talud en suelo arenoso limoso, lo que facilita la evaluación de su estabilización con el biopolímero xantano.	Variables Dependientes: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO.	Identificación de la Geomorfología de la zona de estudio. Identificación de la Geología de la zona de estudio Identificar la geología estructural de la zona de estudio	Pendiente, relieve, topografía
			Litología
			Fallas geológicas
El biopolímero xantano influye de forma positiva al 1.0% de adición, en las propiedades físicas para la estabilidad de un talud en suelo areno limoso, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025.		Propiedades físicas de un talud en suelo areno limoso: Contenido de humedad Distribución de los granos por el método del tamizado por gravedad Límite líquido Límite plástico Índice de plasticidad Peso unitario Proctor Estándar Permeabilidad de carga constante	Relación de peso entre contenido de la muestra húmeda y seca en límite líquido
			Relación de peso entre contenido de la muestra húmeda y seca en límite plástico
			Diferencia aritmética entre el LL y LP expresado en porcentaje
			Diferencia aritmética entre el peso de la muestra parafinada y peso sumergido de la muestra parafinada
El biopolímero xantano influye de forma positiva al 1.0% de adición, en el corte directo para la estabilidad de un talud en suelo areno limoso, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025.		Propiedades mecánicas de un talud en suelo areno limoso: índice de la cohesión (c) índice del ángulo de fricción interna (φ)	Atracción entre partículas de suelo (kPa) Resistencia al corte debido a la fricción entre partículas de suelo (grados)
El biopolímero xantano influye de forma positiva al 1.0% de adición en el factor de seguridad utilizando el software Slide 2D, para la estabilización de un talud en suelo areno limoso, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025.		MODELADOS SOFTWARE SLIDE 2D	Factor de seguridad (adimensional)
	Perfil topográfico Método de equilibrio límite Ecuación de Mohr Coulomb Aceleración sísmica del suelo		

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Marco referencial

2.1.1. Antecedentes internacionales

Soldo & Miletic (2019) llevaron a cabo una investigación titulada “Estudio sobre la resistencia al corte de suelos modificados con goma xantana”, con el objetivo principal de examinar la influencia de este biopolímero en la fortaleza de diversas categorías de suelos. Para la fase experimental, emplearon materiales clasificados como arena, arcilla y arena limosa. La adición de goma xantana fue constante al 1.0% del peso de la muestra para todas las evaluaciones, las cuales incluyeron ensayos de compresión no confinada, triaxial y corte directo. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: en la prueba de compresión, la arena limosa experimentó un notable incremento del 180%, pasando de 1.2 MPa a 3.35 MPa; la arena tratada con xantana alcanzó 2.02 MPa; y la arcilla modificada mostró un aumento de 0.3 MPa en comparación con su estado original. En cuanto al ensayo triaxial no consolidado no drenado, la arena limosa exhibió una tensión desviadora máxima de 1.7 MPa, lo que significó un aumento del 42% con la incorporación de xantana; la arena logró una tensión desviadora máxima de 1.47 MPa; y la arcilla sin tratar, con una tensión máxima desviadora de 1.63 MPa, también incrementó su valor en un 42% tras ser modificada. Finalmente, los resultados de la prueba de corte directo para la arena limosa revelaron que, con tensiones normales de 0.1, 0.38 y 0.77 MPa, las tensiones cortantes máximas pasaron de 0.18, 0.26 y 0.60 MPa a 0.27, 0.43 y 0.88 MPa, respectivamente, en las muestras tratadas. En conclusión, se puede deducir de las evaluaciones efectuadas que el ensayo de compresión sin confinamiento demostró que la arena limosa alcanzó la mayor resistencia; en la prueba triaxial, la arena limosa

y la arcilla tratada con xantana presentaron magnitudes semejantes de tensión desviadora máxima; y la prueba de corte directo evidenció que la goma xantana puede potenciar significativamente la resistencia al corte en arena y arena limosa, aunque su impacto fue menor en la arcilla.

Un estudio de Soldo & Miletic (2022) se centró en evaluar la durabilidad cíclica (humectación-secado) de suelos tratados con biopolímeros, específicamente goma guar (GG) y goma xantana (BX). La investigación utilizó dos tipos de suelos: una arena limosa (SM) y una arena mal gradada (SP), empleando concentraciones de biopolímero del 0.5%, 1% y 2%. Para la arena limosa, se observó que la concentración del 1% de BX fue la más efectiva para mantener la masa del suelo frente a los ciclos de humectación-secado; dosis del 0.5% y 2% de BX mostraron una pérdida de masa más pronunciada, especialmente hacia el sexto ciclo, sugiriendo que el 1% de BX es la dosificación óptima para la resistencia al agua en este suelo. En contraste, la arena limosa con solo 0.5% de GG experimentó pérdidas de masa considerablemente mayores entre ciclos, indicando que la dosificación óptima de GG para este proceso también es del 1%. En síntesis, para la arena limosa, tanto el 1% de GG como de BX se revelaron como las concentraciones más eficaces frente a la exposición a ciclos de humectación y secado. Es importante destacar que una concentración del 2% de BX provocó una mayor retención de agua, acelerando la pérdida de masa del suelo, mientras que el 0.5% de BX generó enlaces suelo-biopolímero demasiado frágiles, resultando en una degradación más rápida del suelo. Adicionalmente, se determinó que las concentraciones del 0.5% de GG y BX fueron insuficientes o ineficaces para el ensayo de compresión no confinada. Por ende, la investigación concluye que la aplicación de biopolímeros GG y BX representa una alternativa viable para la

construcción de terraplenes y estructuras de larga vida útil en entornos con climas áridos.

La investigación realizada por Ramani Sujatha y Anandha Kumar (2020), de tipo experimental, sobre la resistencia al corte y las propiedades de deformación de arenas arcillosas que han sido tratadas con goma guar (GG) y goma xantana (BX), tiene como objetivo explorar y comparar la estabilización de suelos mediante biopolímeros de manera ecoamigable, proporcionando un enfoque exploratorio sobre estos aditivos. El estudio describe un experimento de estabilización de material de arena arcillosa en el sur de la India, sometido a ensayos de deformación y resistencia al corte. Los autores mencionan con dosificación del 2% de la goma xantana y goma guar, mejora la resistencia del suelo, mejora las propiedades mecánicas del suelo y disminuye su permeabilidad. En consecuencia, se puede deducir que las dosificaciones óptimas para la resistencia al corte fueron del 2% para GG y BX. Por lo tanto, ambos biopolímeros demuestran una mejora prometedora en las cualidades mecánicas del material (arena arcillosa) en los diversos porcentajes de contenido y periodos de curado investigados.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Bustillo (2019), En su trabajo de pregrado sobre el análisis bidimensional de la estabilidad de un talud en la falla geológica utilizando el método de equilibrio limite, realizado en Huánuco – Perú. Tiene como objetivo determinar la estabilidad de un talud analizando la influencia de la falla geológica. Para cumplir con su objetivo caracteriza la topografía del terreno, la geología, geotecnia y la hidrogeología. Señala que la morfología de la zona es un área escarpada ocasionada por la meteorización y erosión, y está compuesta de brechas de fallas y una matriz fina. Respecto a la hidrogeología, menciona que no se encontró presencia de aguas subterráneas.

Finalmente, indica que la falla geológica esta inactiva. Respecto a la influencia de la geomorfología, geología y estructural, concluye que la falla geología no es un factor crítico para la estabilidad del talud, y que la geomorfología y geología se utilizaron para el análisis del factor de seguridad en condiciones estático y pseudo-estático, llegando a la conclusión de que el talud es inestable con factor de seguridad de 0,381 y 0.214, respectivamente.

Un estudio experimental realizado por Villalta y Bernal (2020) en San Cristóbal-Huancavelica se centró en evaluar las propiedades físicas, mecánicas y la resistencia de suelos arcillosos mediante la incorporación de puzolana natural, polvo de ladrillo y goma guar. El objetivo principal de la investigación fue identificar la proporción óptima de estos aditivos para mejorar las cualidades físico-mecánicas y la resistencia del suelo clasificado como arcilloso. Este trabajo se diseñó para abordar una problemática empírica, por lo que fue necesario obtener resultados a través de ensayos de laboratorio pertinentes. Los hallazgos específicos al tratar el suelo con goma guar (GG) revelaron que, para 1%GG, 2%GG y 3%GG, los límites líquidos (LL) fueron 39.25, 38.99 y 55.65; los límites plásticos (LP) 27.58, 31.02 y 27.39; y los índices de plasticidad (IP) 11.67, 7.97 y 28.26, respectivamente. En el ensayo Proctor Modificado, la Densidad Seca Máxima (DSM en gr/cm^3) alcanzó 1.95, 1.92 y 1.88, con humedades óptimas de 10.70, 10.80 y 10.80, en cada caso. Consecuentemente, la adición del biopolímero goma guar disminuyó el índice de plasticidad al 7.97% con una incorporación del 2%GG; sin embargo, al emplear 3%GG, el índice de plasticidad se incrementó significativamente hasta 28.26%. Además, la DSM mostró un valor de 1.95 gr/cm^3 con 1%GG, pero a partir de adiciones de 2%GG y 3%GG, los valores de la DSM se redujeron a 1.92 gr/cm^3 y 1.88 gr/cm^3 , respectivamente. En cuanto al mejoramiento de la resistencia con GG, se observó un aumento en la cohesión (C) a

1.06 kg/cm² con 1%GG. Sin embargo, las subsiguientes incorporaciones de 2%GG y 3%GG resultaron en cohesiones de 0.94 kg/cm² y 0.82 kg/cm², respectivamente. Esta disminución posterior podría ser atribuida a factores como la saturación química, variaciones de pH, el tipo de suelo y la temperatura.

En su investigación para la titulación de ingeniero civil, titulada “Incremento de la capacidad de soporte de los suelos inestables de la Av. Naranjal de San Martín de Porres-Lima, mediante estabilización con biopolímero Lignina”, Retuerto & Jurado (2022) tuvieron como objetivo principal determinar la influencia del biopolímero lignina en la optimización de la capacidad de soporte y la resistencia CBR de la subbase de un suelo arcilloso (CL) ubicado en el tramo de avenida estudiado. La metodología empleada incluyó estudios de gabinete y ensayos de caracterización de suelos, mecánicos y CBR, basándose en las normas AASTHO y SUCS. Las dosificaciones de lignina utilizadas para las pruebas Proctor modificado y CBR fueron del 0.75%, 1.50% y 2.50%. A los ocho días de curado, los resultados para la máxima densidad seca (MDS) y el contenido óptimo de humedad (COH) fueron: MDS de 1.769 gr/cm³, 1.785 gr/cm³, 1.833 gr/cm³ y COH de 13.800%, 13.800%, 16.300%, 15.000% respectivamente. Para un tiempo de curado de dieciséis días, los resultados del Proctor modificado para la MDS y COH (%) arrojaron: MDS de 1.824 gr/cm³, 1.860 gr/cm³, 1.819 gr/cm³ y COH de 14.200%, 15.800%, 14.400% respectivamente. En cuanto a las pruebas CBR, a los 8 días de curado, los valores para CBR 0.1” y CBR 0.2” fueron: 79.50, 85.40, 54.10 y 95.30, 118.60, 74.50 respectivamente. Similarmente, a los dieciséis días de curado, los resultados para CBR 0.1” y CBR 0.2” fueron: 82.10, 88.40, 55.90 y 195.00, 100.40, 69.70 respectivamente. En consecuencia, las adiciones del biopolímero lignina mostraron una mejora en la MDS y en el CBR tanto a los 8 como a los 16 días de curado, logrando un incremento del

104.90% en la capacidad de soporte y resistencia con una adición del 1.50% de lignina.

La investigación de Morales (2024), una tesis ingenieril de 2023 tuvo como objetivo primordial la estabilización de suelo cohesivo en la subrasante de la avenida Yuracoto, Caraz, Áncash, mediante biopolímeros goma guar-xantana. Con un enfoque cuantitativo, el estudio usó herramientas estadísticas y matemáticas para generar una base de datos numérica. Se extrajeron dos muestras de suelo natural de calicatas a dos metros de profundidad, pesando 53.00 kg y 52 kg, ambas de la Av. Yuracoto. Se realizaron ensayos de límites de consistencia, densidad seca máxima y CBR. La caracterización de las muestras naturales M-1 y M-2 reveló: granulometría CL; LL: 36.39% y 34.97%; LP: 20.88% y 20.38%; IP: 15.51% y 14.59%; y humedades de 29.41% y 30.62%. Al adicionar goma guar y xantana en 0.75%, 1.5% y 2.25%, los resultados fueron: reducción del IP de 15.51% a 3%, 1.17% y 0.52%; incremento de la densidad seca máxima de 1.363 gr/cm³ a 1.45 gr/cm³, 1.458 gr/cm³ y 1.457 gr/cm³; y aumento del CBR al 100% de la MDS de 13.10% (M-1) y 11.82% (M-2) a 31.33%, 34.08%, 39.92% para M-1 y 30.62%, 36.01%, 41.81% para M-2. Se concluye que las dosificaciones empleadas lograron disminuir el IP, elevar la MDS y aumentar el CBR en este suelo cohesivo.

2.1.3. Antecedente regional

Achahuanco & Huaman (2022), en su investigación sobre el uso de la goma Xantano como material cementante adicional de suelo - cemento en la calle principal de Urpay, en la localidad de Quispicanchi – Cusco, 2021, se enfocaron principalmente en: Establecer que el biopolímero xantano ejerce una influencia aglutinante extra en la vía analizada. La investigación es de tipo aplicada, dado que busca desarrollar y confrontar conceptos teóricos a través de la resolución de problemas; asimismo, es

de diseño experimental porque permite controlar los elementos externos de las variables. Se implementaron pruebas de resistencia y cohesión, junto con la evaluación de las propiedades cementantes del xantano. Con una adición del 1% de xantano, se obtuvo una cohesión de 0.917 (kg/cm²). En cuanto a la resistencia a la compresión, el estudio arrojó un valor de 58.55 kg/cm². Este resultado valida la hipótesis de que la goma xantano aporta un efecto cementante adicional al suelo cemento. Por consiguiente, se puede deducir que la incorporación del 1% de este biopolímero optimiza la resistencia a la compresión simple en el suelo tratado, incrementándola de 8.4 kg/cm² a 58.55 kg/cm². Adicionalmente, la absorción fue del 2.5% para la adición, mientras que en el suelo sin aditivo y el suelo tratado, la absorción pasó del 34% al 28% respectivamente, lo cual confirmó la capacidad del xantano para reducir la absorción.

2.2. Bases teóricas

Biopolímero Xantano

También conocido como goma xantano, utilizado como espesantes y emulsiones en alimentos y productos cosméticos, por lo que su comercialización es amplia en el mercado peruano. Según Carmona (2015) es un polisacárido natural extracelular y es industrialmente producido por la fermentación de cultivos puros del microorganismo *Xantomonas campestris*, y se utiliza principalmente como espesante y estabilizador en la industria alimentaria, se disuelve en agua fría, formando soluciones con un comportamiento pseudoplástico y su viscosidad se mantiene bastante estable en un amplio rango de pH y temperatura, además de ser resistente a la degradación por enzimas.

- **Viscosidad**

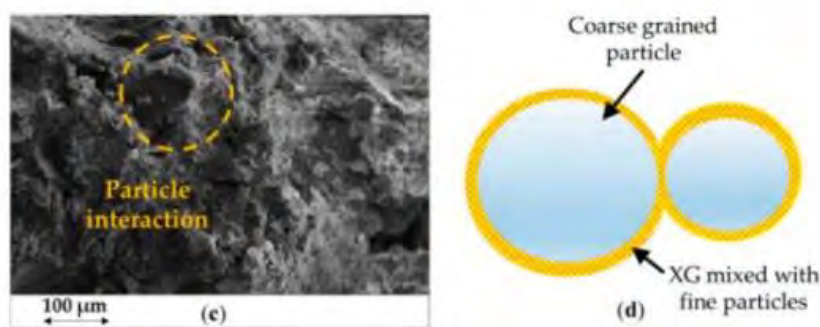
Las soluciones del biopolímero xantano presenta una alta viscosidad, inclusive a bajas concentraciones (Instituto Europeo de Dermocosmetica, s.f). De acuerdo a Grupo químico de Oregón (s.f.) en su ficha técnica emitida sobre la goma xantano menciona que la viscosidad de la solución de esta goma se encuentra debajo de los 1200 cps (centipoise).

- **Entrelazamiento de partículas de biopolímero xantano - suelo**

Martinez y Pineda (2021) mencionan que en el análisis en el microscopio electrónico de barrido (SEM) en los suelos areno limosos tratados con el biopolímero xantano al 1% se observó que se crea una fuerte interacción suelo – biopolímero, donde el biopolímero xantano rodea a las partículas que componen el suelo (Figura 3).

Figura 3

Interacción suelo – biopolímero visto en SEM



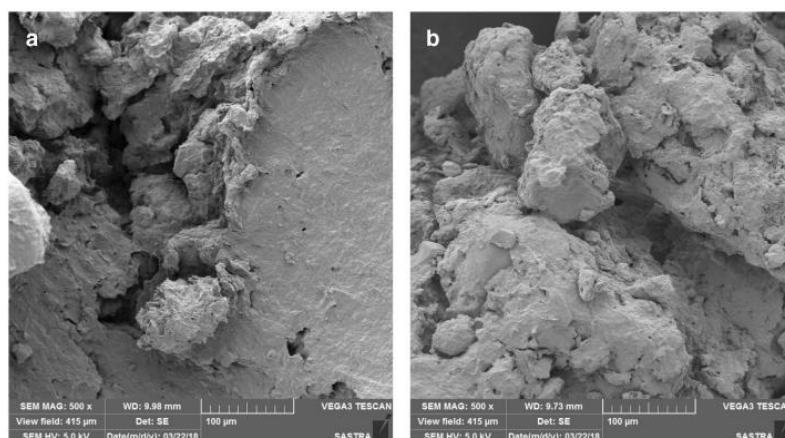
Nota. La imagen de la derecha muestra una representación gráfica de la interacción suelo – biopolímero, el biopolímero rodea (color amarillo) rodea a las partículas del suelo (color celeste). Tomado de Martinez y Pineda (2021)

Ramani, Sivaraman y Kumar (2020) también realizan un estudio en un microscopio electrónico de barrido de un suelo tratado con la goma guar al 2%, que

es un biopolímero similar a la goma xantano, y señala que en el suelo tratado con esta goma se reducen los espacios vacíos, comparados con el suelo natural (Figura 4).

Figura 4

Interacción del suelo con el biopolímero guar



Nota. En (a) se muestra el suelo natural y en (b) el suelo tratado con el biopolímero guar, donde, se observa un relleno de los espacios vacíos con el biopolímero. Tomado de Ramani, Sivaraman y Kumar (2020).

- **Solubilidad con agua**

Según Carmona (2015), el biopolímero xantano es soluble tanto con agua fría o caliente y produce soluciones viscosas incluso a bajas concentraciones. A concentraciones de 0,15% las disoluciones de la goma en agua muestran características de gel débil.

Cruz y Hurtado (2013) indican que las partículas del biopolímero se dispersan en el agua a temperaturas entre 20 °C y 35 °C, y que la solución resultante es altamente pseudoplastica y resistente a variaciones de pH, es decir, la viscosidad de la solución en condiciones acidas o alcalinas (pH de 1 a 13) es casi invariable.

Estabilización de un talud

La norma CE. 020 de suelos y taludes indica que la estabilización de un talud es una solución geotécnica integral, que se plantea a un talud, para asegurar su estabilidad de manera sostenible y garantizar el equilibrio frente a cargas sísmicas y gravitatorias, medidas mediante su factor de seguridad.

Talud

Según Suárez (2009) un talud es la masa de tierra comprendida entre dos puntos con considerable diferencia de altura, formados por procesos artificiales. Además, menciona que un talud también puede ser llamado ladera y lo define como un talud creado por procesos naturales. Igualmente, la norma CE 20 de suelos y taludes establece que una ladera es un talud natural y define el término como un perfil inclinado natural de un suelo en contacto con la atmósfera.

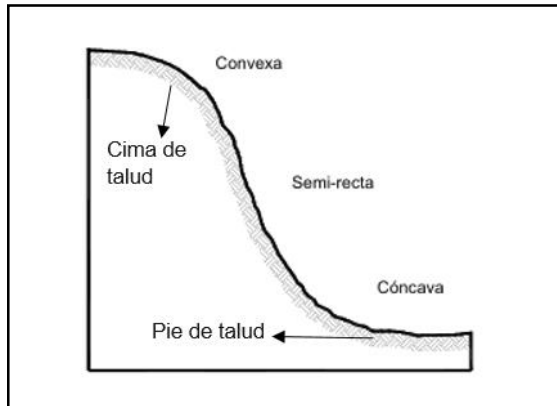
Partes de un talud

Un talud está compuesto por diferentes partes (Figura 5), Suarez (2009) define a las partes del talud de la siguiente manera:

- **Pie o base:** Parte inferior del talud en donde ocurre un cambio brusco de la pendiente y generalmente tiene una forma cóncava.
- **Cabeza o cima:** También llamado corona, es el segmento más alto del talud en el que se produce una variación abrupta de la pendiente y suele tener un contorno convexo. Si la pendiente es casi vertical o tiene una inclinación alta de este punto hacia abajo, se le llama escarpa y puede coincidir con las coronas de deslizamiento.
- **Altura:** Distancia medida entre el pie y la cima del talud.
- **Pendiente:** Es la inclinación medida en grados, que presenta la superficie del talud.

Figura 5

Partes de un talud

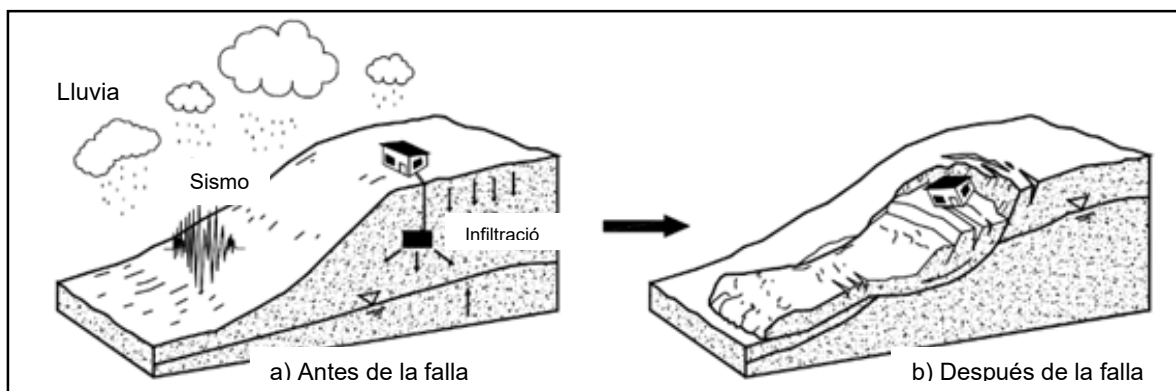


Nota. En la figura se aprecia la forma cóncava en parte del pie del talud y una forma convexa en la cabeza del talud. Modificado de Suarez (2009)

Por lo general los taludes parecen ser estables y estáticos, pero en realidad son sistemas dinámicos en constante cambio, es decir, un talud estable, por procesos naturales, puede perder su estabilidad con el tiempo y generar deslizamientos (Figura 6) (Suarez, 2009).

Figura 6

Influencia de procesos naturales en la estabilidad de taludes.



Nota. En la imagen se muestra cómo los procesos naturales como la lluvia (por infiltración o escorrentía superficial) y los sismos, generan la inestabilidad de un talud estable. Modificado de Suarez (2009).

Factores condicionantes y desencadenantes

García et al. (1998) define a los factores condicionantes y desencadenantes como:

❖ Factores condicionantes

García et al. (1998) indica que la estabilidad de un talud depende de la litología, geomorfología, hidrogeología y estructuras geológicas, y que una modificación natural o humana de estos elementos puede incrementar o reducir el esfuerzo de corte, lo cual tiene el potencial de provocar inestabilidad en el talud.

- **Litología:** De acuerdo a Suarez (2009) la litología tiene diferente comportamiento geotécnico. Para taludes con un solo tipo de materiales, la interpretación del comportamiento del talud es más sencillo en comparación con los taludes de varios tipos de materiales.
- **Geomorfología:** La morfología o relieve actual del talud indica la probabilidad de deslizamiento (García et al., 1998).
- **Hidrogeología:** El agua, tanto subterránea como superficial, es el agente que más afecta la estabilidad de los taludes. Las aguas superficiales ayudan a que el terreno se meteorice en su superficie, mientras que las subterráneas pueden causar cambios fisicoquímicos y disoluciones, lo que lleva a una disminución de la resistencia al corte del terreno. Asimismo, las aguas subterráneas incrementan las subpresiones del terreno (García et al., 1998).
- **Estructuras geológicas:** Son discontinuidades (como planos de estratificación, planos de foliación, fracturas, etc.) conocidos como planos de debilidad, por donde, generalmente se producen los deslizamientos (Suarez, 2009).

❖ Factores desencadenantes

Para Suarez (2009) los factores que desencadenan el movimiento de material son las intensas precipitaciones, la sismicidad, incremento de carga sobre el talud y cortes en el pie del talud.

Suelo areno limoso

Un suelo arenoso limoso es un tipo de suelo que presenta una mezcla de partículas de arena y limo lo que significa que, al observar una muestra de este suelo, se encontrará una combinación de granos de arena (más grandes y visibles proporcionalmente) y partículas de limo (más finas y casi imperceptibles a simple vista) (Juárez y Rico, 2005).

Según García et al. (1998) las propiedades físicas y mecánicas básicas de los suelos utilizados para la estabilización de taludes son:

Propiedades físicas

❖ Contenido natural del agua (Contenido de humedad)

Relaciona el peso del agua contenida en el suelo y el peso de la parte sólida, medida en porcentaje (NTP 339.127):

$$W (\%) = W_{\text{agua}}/W_{\text{sólido}}$$

Donde:

- W (%): Contenido de agua
- W_{agua}: peso de agua
- W_{sólido}: Peso del sólido

❖ **Análisis Granulométrico**

La finalidad de realizar el análisis granulométrico es obtener la distribución de partículas del suelo, en función de su tamaño, y su posterior clasificación en los sistemas SUCS y AASHTO (NTP 339.128). A partir de las clasificaciones del suelo, ya se puede tener una idea del comportamiento frente a los esfuerzos cortantes (Ayala et al., 1986), según Gracia et al. (1998) los suelos de grano grueso presentan menos problemas de deslizamiento, en tanto que, los suelos como los limos y arenas presentan mayores problemas de estabilidad.

- **Método AASHTO:**

Este método fue creado en 1929 y utilizado por la Administración de Carreteras. “De acuerdo con este sistema el suelo se clasifica en siete grupos principales: A-1 a A-7. Los suelos que clasifican en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde el 35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz número 200. Los suelos donde más de 35% pasa a través del tamiz número 200 se clasifican en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7” (Das, 2015) (Figura 7):

Figura 7

Cuadro de clasificación de sistema AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)						
	A-1			A-2			
Grupo de clasificación	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)							
Núm. 10	50 máx.						
Núm. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
Núm. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la fracción de paso núm. 40							
Límite líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Limo o grava arcillosa y arena			
Clasificación general de la subrasante	Excelente a bueno						

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)			
				A-7 A-7-5* A-7-6†
Grupo de clasificación	A-4	A-5	A-6	
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)				
Núm. 10				
Núm. 40				
Núm. 200	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción de paso núm. 40				
Límite líquido	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Clasificación general de la subrasante	Regular a malo			

*Para A-7-5, $PI \leq LL - 30$

†Para A-7-6, $PI > LL - 30$

Nota. Se pone no presenta (NP) cuando el suelo no presenta índice de plasticidad. Tomado de Das (2015)

- **Método SUCS**

Método propuesto por Casagrande, que divide a los suelos en dos categorías: finos y gruesos. La arena y la grava son parte de los gruesos, con menos del 50 % de

sus partículas atravesando el tamiz número 200. Se identifican con los símbolos G (grava) y S (arena o suelo arenoso). Dentro de los finos se encuentran los limos y las arcillas, más del 50% de partículas atraviesan el tamiz número 200 (Figura 8) (Das, 2015). Otros símbolos que también se utilizan para la clasificación son: W: (bien clasificado), P (mal clasificado), L: baja plasticidad (límite líquido menor de 50) y H, alta plasticidad (límite líquido mayor de 50).

Figura 8

Cuadro de clasificación de sistema AASHTO

Criterio para la asignación de símbolos de grupo				Símbolos de grupo	
Suelos de grano grueso Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	Gravas Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4	Gravas limpias Menos de 5% finos ^a	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_L \leq 3^c$ $C_u < 4$ y/o $1 > C_L > 3^c$	GW GP	
		Gravas con finos Más de 12% finos ^{a,d}	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2) $PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	GM GC	
	Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Arenas limpias Menos de 5% finos ^a	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_L \leq 3^c$ $C_u < 6$ y/o $1 > C_L > 3^c$	SW SP	
		Arenas con finos Más de 12% finos ^{a,d}	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2) $PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	SM SC	
		Suelos de grano fino 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	Limos y arcillas Límite líquido menor que 50	Inorgánico $PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2) ^e $PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2) ^e	CL ML
				Orgánico Límite líquido: secado Límite líquido: no secado < 0.75 ; vea la figura 4.2; zona OL	OL
Limos y arcillas Límite líquido 50 o más	Inorgánico Gráficos PI en o por encima de línea "A" (figura 4.2) Gráficos PI por debajo de "A" línea (figura 4.2)		CH MH		
			Orgánico Límite líquido: secado Límite líquido: no secado < 0.75 ; vea la figura 4.2; zona OH	OH	
	Suelos altamente orgánicos: Materia orgánica principalmente, color oscuro y orgánico				Pt

^aGravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC.

^bArenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}; \quad C_L = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

^dSi $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo GC-GM o SC-SM.

^eSi $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo CL-ML.

Nota. Cu es el coeficiente de uniformidad y PI es índice de plasticidad. Tomado de Das (2015).

• Comportamiento plástico

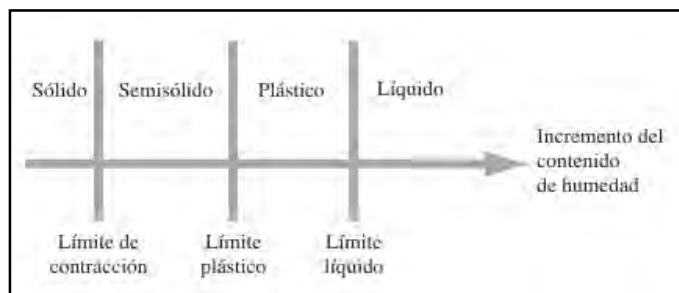
La plasticidad en los suelos se debe a la presencia de minerales arcillosos. El término, hace referencia a la capacidad que tiene el suelo para sufrir deformaciones

irrecuperables sin cambios de volumen o sin presentar agrietamientos (García et al., 1998). El suelo, en función de su humedad, tiene un comportamiento plástico, líquido y semisólido (Juárez y Rico, 2005)

Albert Atterberg define seis límites de consistencia o de Atterberg, siendo los más utilizados el límite líquido, límite plástico y en ocasiones el límite de contracción (Figura 9) (NTP 339.129):

Figura 9

Esquema de límites de consistencia



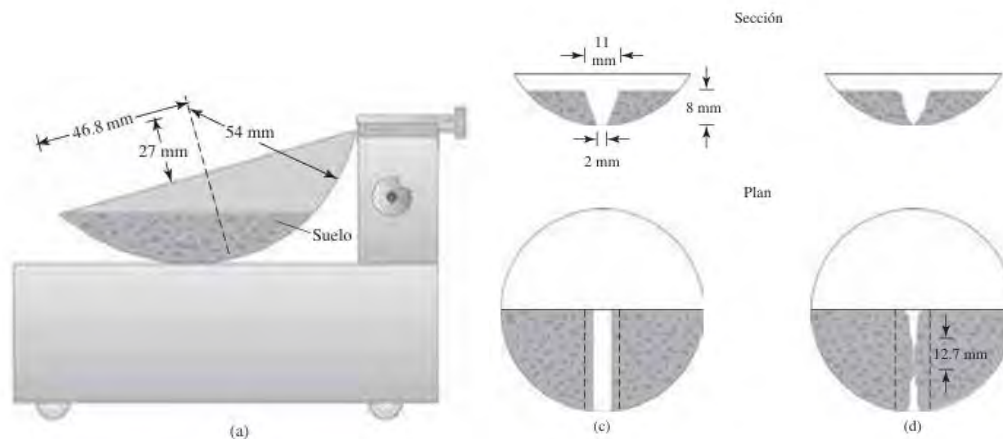
Fuente: Das (2015)

- **Límite líquido LL**

Porcentaje de humedad donde el suelo se encuentra en el límite entre el estado líquido y el plástico. el valor se obtiene mediante el ensayo en laboratorio mediante la cuchara de Casagrande y consiste que una pasta de suelo se una en el fondo de un surco de 13 mm de ancho, después de que una copa de prueba cae 25 veces desde 1 cm de altura, a una velocidad de dos caídas por segundo (NTP 339.129), según la figura 10.

Figura 10

Representación gráfica del ensayo de límite líquido



Nota. La imagen muestra el ensayo de LL, a la izquierda se muestra la cuchara de Casagrande con la pasta de suelos dentro de la cuchara. A la derecha se muestra el antes y después del ensayo.

Fuente: Das (2015)

Según la NTP 339.129 el cálculo del límite líquido se realiza con la siguiente expresión:

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

Donde:

- ✓ LL: Límite líquido
- ✓ W: Contenido de humedad del suelo
- ✓ N: número de golpes

- **Límite plástico**

Es el porcentaje de humedad, en el que el suelo se encuentra en el límite entre el estado plástico y semisólido (NTP 339.129). Según Das (2015), es el porcentaje de humedad con el que la masa del suelo se enrolla en hilos de 3.2 mm de diámetro sin

desmoronarse. El ensayo implica hacer rodar la muestra de suelo con las palmas de las manos sobre el vidrio esmerilado, tal como se ilustra en la figura 11.

Figura 11

Ensayo del límite plástico



Nota. El ensayo se realiza sobre una superficie rugosa. **Fuente:** Das (2015)

Según la MTC E 111 el cálculo del límite plástico se realiza con la siguiente expresión:

$$LP = (\text{Peso de agua} / \text{Peso de suelos seco}) \times 100$$

- **Índice de plasticidad**

Es el rango de contenidos de humedad en el que el suelo tiene un comportamiento plástico. cuanto mayor sea el índice de plasticidad del suelo, mayor será su probabilidad de que se generen problemas de deslizamiento (García et al., 1998). Según la norma técnica peruana NTP 339.129 el índice de plasticidad, numéricamente, se representa como:

$$IP = LL - LP$$

Donde:

- IP: Índice de plasticidad

- LL: Límite líquido
- LP: Límite plástico
- **Peso unitario**

Es la relación del peso del suelo con su unidad de volumen (Das, 2015):

$$Y = W_s/V$$

Donde:

- Y: Peso unitario
- W_s : Peso del suelo
- V: Volumen del suelo

Para García et al. (1998) el peso unitario del suelo está controlado por el peso de sus minerales y la densidad de su estructura, a mayor densidad de suelos aumenta su peso específico y la probabilidad de resistir a probables deslizamientos.

La norma NTP 339.12 permite relacionar el peso unitario seco obtenido en laboratorio y en contenido de humedad mediante el ensayo de proctor estándar. El ensayo (Método A) consiste en compactar la muestra de suelo pasante a la malla N° 4 en tres capas de 25 golpes, en un molde de diámetro de 101.6 mm. Los golpes se realizan con un pisón de 24.4 N y una altura de caída de 305 mm. El ensayo tiene como objetivo obtener el contenido óptimo de humedad (CHO), con el que el suelo alcanza la máxima densidad seca (MDS).

- **Permeabilidad**

La norma técnica peruana NTP 339.147 establece procedimientos para determinar el coeficiente de permeabilidad (K) de un suelo, mediante el ensayo de permeabilidad de carga constante, en laboratorio. El ensayo consiste en medir el tiempo y volumen de flujo de agua que transcurre en circular desde una altura H_o a H_f (h), en una muestra compactada y saturada dentro de un permeámetro. El valor K se obtiene mediante la fórmula de ley de Darcy.

$$K=QL/Ath$$

Donde:

- K: Coeficiente de permeabilidad
- Q: Cantidad de carga descargada
- L: Distancia entre manómetros
- A: Área transversal de la muestra
- t: Tiempo total de descarga
- h: Diferencia de cargas entre manómetros

Propiedades mecánicas

❖ Resistencia a esfuerzo cortante de suelos

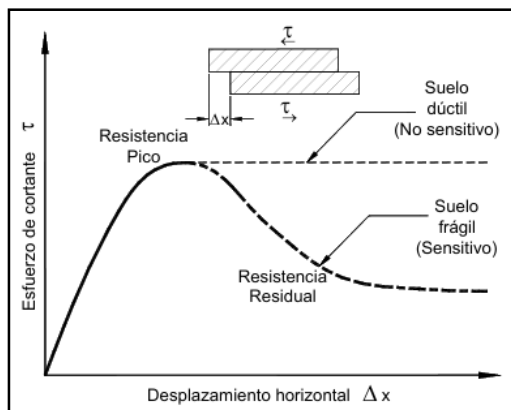
Según García et al. (1998), en un estudio de estabilidad de un talud, es imprescindible establecer el valor de la resistencia a la fuerza cortante y el estado tensional dentro del terreno del talud. Esto se debe a que, durante un deslizamiento, ocurren esfuerzos cortantes en la superficie de falla que provocan el movimiento, así como esfuerzos tangenciales que se oponen al movimiento.

- **Resistencia pico y residual**

Es el valor máximo de esfuerzo cortante donde el suelo aún no ha fallado, después de la falla del material los esfuerzos cortantes se les conoce como resistencia residual. En la gráfica esfuerzo tangencial vs deformación, la resistencia pico está representada por el punto más alto de la curva de esfuerzo-deformación (Figura 12) (Suarez, 2009).

Figura 12

Curva esfuerzo - deformación



Fuente. Suarez (2009)

Según la normativa internacional ASTM D 3080-11 los resultados obtenidos en el ensayo de corte directo son adecuados para determinar la resistencia al esfuerzo cortante:

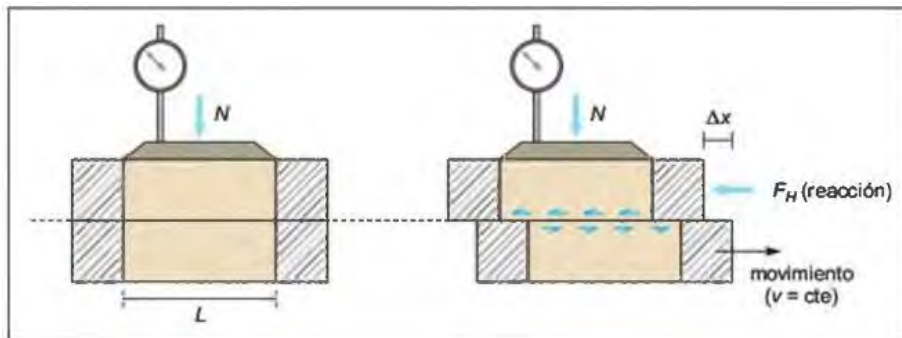
- **Ensayo de corte directo**

Según la norma técnica peruana NTP 339.171 y la normativa internacional ASTM D 3080-11 el ensayo consiste en colocar el espécimen en el dispositivo de corte, aplicar un esfuerzo normal para la consolidación, y aplicar un esfuerzo

tangencial para generar la falla a través de un plano establecido (Figura 13). Los resultados obtenidos del ensayo son la cohesión y el ángulo de fricción.

Figura 13

Esquema de dispositivo de corte



Nota. La figura de la izquierda representa el espécimen de suelo consolidado con un esfuerzo normal "N". A la derecha se muestra el espécimen fallado a lo largo de un plano de falla inducido, por la acción de un esfuerzo tangencial. **Fuente:** Gonzales (2004).

- **Ángulo de fricción (ϕ)**

Para Suarez (2009), es la representación matemática del coeficiente de fricción, entre las partículas del suelo, cuyo valor depende de la mineralogía, la forma y distribución de las partículas, el tamaño de los granos, la densidad, la permeabilidad y la presión de confinamiento del suelo.

- **Cohesión (c)**

Es un indicador del grado de cementación o adherencia entre las partículas del suelo, en mecánica de suelos representa la resistencia al esfuerzo cortante por la adherencia entre las partículas del suelo. Para suelos granulares sin ningún tipo de cementante la cohesión se asume como cero. (Suarez, 2009).

El corte del espécimen se debe realizar hasta alcanzar un esfuerzo tangencial constante o hasta que se logre una deformación del espécimen del 10% de su diámetro, y a una velocidad lo suficientemente baja como para no generar exceso de presión de poros (NTP 339.171)

- **Velocidad de corte**

Según la norma técnica peruana NTP 339.171 el tiempo estimado para la falla (T_f) y velocidad de desplazamiento (D_r) se calcula como:

$$D_r = D_f / T_f, \text{ y } T_f = 50 \times T_{50}$$

Donde:

- T_{50} : tiempo requerido para que el espécimen alcance el 50% de su consolidación
- D_f : Estimación del desplazamiento horizontal de falla

- **Esfuerzo de corte nominal (τ) y esfuerzo normal (σ_n)**

La norma técnica peruana NTP 339.71 establece que el esfuerzo de corte nominal es la relación de fuerza cortante y área inicial del espécimen, y el esfuerzo normal es la relación de la fuerza normal aplicada al espécimen y el área inicial.

$$\tau = F/A \qquad Y \qquad \sigma_n = N/A$$

Donde:

- F : fuerza cortante
- N : Fuerza normal
- A : Área inicial del espécimen

Software Slide 2D

De acuerdo con la página oficial de Rocscience, es un programa que permite calcular el factor de seguridad en las superficies de falla (ya sean circulares o no) de

suelos y rocas, utilizando el método de equilibrio límite. Se distingue por llevar a cabo la evaluación de factores de seguridad utilizando los procedimientos de Janbu, Spencer, Bishop, Morgenstern-Price y otros. Su análisis toma en cuenta el nivel freático y los impactos sísmicos (método pseudoestático o Newmark).

Gonzales (2004) plantea dos métodos de análisis; método determinístico y probabilístico, y menciona que estos métodos se basan en un análisis físico – matemático en el que se analizan las fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras que intervienen sobre el talud y que determinan su comportamiento y condiciones de estabilidad.

Modelo determinístico

Según Gonzales (2004), este método se utiliza para establecer la estabilidad del talud. Se basa en asignar valores óptimos a los parámetros físicos y resistentes que regulan el comportamiento del material, lo cual permite determinar, a partir de dichos valores y de las leyes de comportamiento correspondientes, el valor del factor de seguridad. El mismo autor señala que este método se divide en dos categorías: el equilibrio límite y los tensodeformacionales. En este estudio, se utilizará el método de equilibrio límite para llevar a cabo el análisis.

Método de equilibrio límite

Para Gonzales (2011), se basa en examinar la condición de equilibrio de una masa con tendencia a moverse a lo largo de una superficie de falla, comparando las fuerzas que producen el desplazamiento y las fuerzas que resisten dicho movimiento. En otras palabras, este método consiste en elegir una superficie teórica de falla y utilizar el criterio de rotura Mohr-Coulomb para determinar el coeficiente de seguridad (o factor de seguridad). Asimismo, el autor indica que para determinar la ecuación de

equilibrio, es necesario que la superficie de falla teórica elegida tenga una geometría que posibilite el movimiento. Además, se debe tener en cuenta que la distribución de fuerzas sobre esta superficie puede calcularse con datos conocidos, como la presión del agua o el peso específico del material. Por otro lado, se supone que la resistencia se desplaza de manera simultánea a lo largo de toda la superficie de falla.

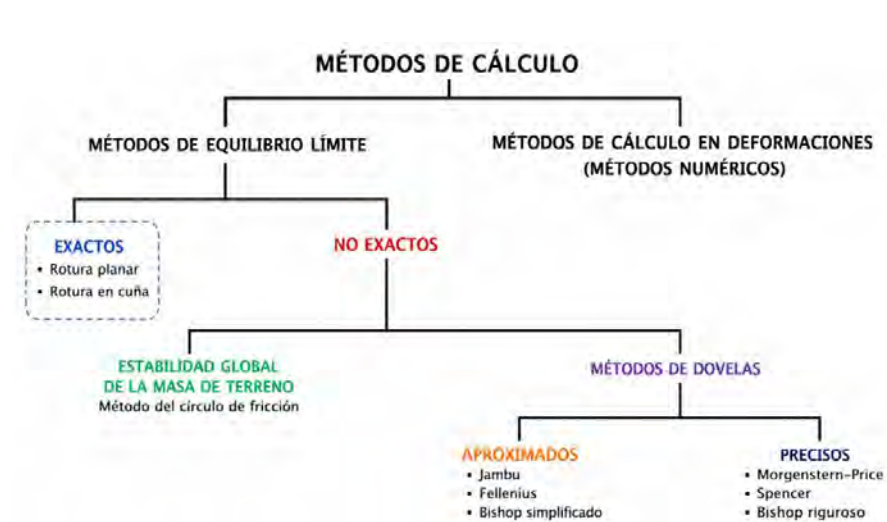
Suarez (2009) menciona que este método permite analizar y modelar los casos de falla traslacional y rotacional, para así determinar un factor de seguridad o valores de resistencia al corte en el momento de la falla.

Métodos de cálculo de equilibrio límite

García M. et al., (1998) realiza una clasificación de los métodos de cálculo de estabilidad de taludes (Figura 14)

Figura 14

Clasificación de métodos de análisis de estabilidad de taludes



Nota. Tomado de García et al., (1998)

En esta investigación se utilizará el método de dovelas utilizando los principios de Janbu, fellenius, Bishop y Spencer.

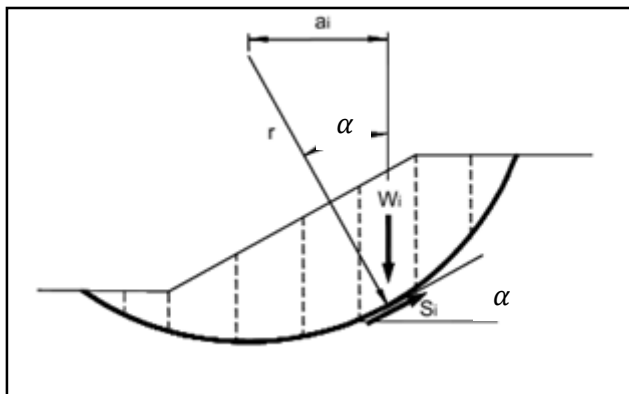
Método de dovelas

Este método divide en “n” tajadas verticales la masa de la parte superior de la superficie de falla (Figura 15), el número “n” de tajadas está sujeto a la geometría del talud y de la presión requerida para el análisis (a mayor número de tajadas, mayor precisión) (Suárez, 2009)

El método considera el problema bidimensional, por lo que el análisis de la estabilidad se realiza en secciones transversales distribuidos en la zona de terreno con probabilidad de deslizarse, siendo uno de los métodos más utilizados debido a que permite considerar las presiones intersticiales, cargas externas, diferentes tipos de materiales, y en muchos casos se puede aplicar a superficies de rotura de cualquier forma (García et al., 1998).

Figura 15

Diagrama típico del método de dovelas



Nota. W_i es el peso de la dovela, r es el radio del círculo de falla, α es el ángulo formado por el círculo de falla con la horizontal en el centroide de la falla. **Fuente:** Suárez, 2009.

- **Método simplificado de Fellenius**

También conocido como método ordinario. Parte de la suposición de superficies de falla circulares y divide la zona de falla en secciones verticales, donde,

calcula las fuerzas actuantes y resultantes para cada sección, y mediante la sumatoria de los momentos respecto al centro del círculo (generados por esas fuerzas), determina el factor de seguridad (Suarez, 2009):

$$F.S = \frac{\Sigma [c' \Delta l + (W \cos \alpha - \mu \Delta l \cos 2(\alpha)) \text{Tang} \phi']}{\Sigma W \text{sen} \alpha}$$

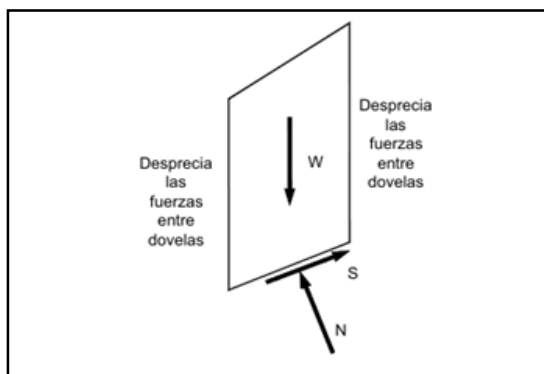
Donde:

- α : Ángulo del radio del círculo de falla con la vertical bajo el centroide en cada tajada
- W: Peso total de cada dovela
- μ : Presión de poros
- Δl : Longitud del arco de círculo en la base de la dovela
- c' : Cohesión efectiva
- ϕ' : Ángulo de fricción efectiva

Para Suarez (2009), el método de Fellenius toma en cuenta las fuerzas que se ejercen sobre una dovela, como la fricción y la cohesión, que actúan tangencialmente al plano de falla, además del peso de la dovela (que puede dividirse en normal y tangencial a la superficie de falla). Además, menciona que este método solo satisface el equilibrio de momentos y no de fuerzas (Figura 16).

Figura 16

Fuerzas que actúan sobre la dovela en el método de Fellenius.



Nota. W es el peso de la dovela, s y N resultan de la descomposición tangencial y normal del peso respectivamente. Tomado de Suarez (2009)

Este método es menos preciso que los otros métodos, donde la precisión es menor cuando la presión de poros aumenta (Suarez, 2009)

- **Método simplificado de Bishop**

Para Suarez (2009), es uno del método más utilizado, debido a que los resultados de factor de seguridad no difieren mucho de los obtenidos con métodos más precisos, además, este método considera la fuerza entre dovelas y lo asume como fuerzas horizontales por lo que no tienen en cuenta las fuerzas de corte, y solo satisface el equilibrio de momentos. La ecuación de Bishop, el mismo autor, lo expresa como:

$$F.S = \frac{\sum \left[\frac{c' \Delta l \cos \alpha + (W' \mu \Delta l \cos \alpha) \tan \phi'}{\cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi') Fs} \right]}{\sum W \sin \alpha}$$

Donde:

- α : Ángulo del radio del círculo de falla con la vertical bajo el centroide en cada tajada
- W: Peso total de cada tajada
- μ : Presión de poros
- Δl : Longitud del arco de círculo en la base de la dovela
- c' : Cohesión efectiva
- ϕ' : Ángulo de fricción efectiva

Este método solo es aplicable para superficies de falla circulares (Ayala et al., 1986).

- **Método simplificado de Spencer**

Para Suarez (2009) este método que satisface tanto el equilibrio de momentos y de fuerzas, y nace a partir de la suposición de que las fuerzas entre dovelas son

paralelas, es decir, tiene el mismo ángulo de inclinación. El ángulo de inclinación entre esta fuerza es desconocido por lo que Spencer plantea ecuaciones tanto para el equilibrio de momentos como de fuerzas, cuya solución implica un procedimiento de prueba y error en el que se asume valores para el factor de seguridad y el ángulo de inclinación hasta satisfacer el equilibrio de momentos y fuerzas (Suarez, 2009).

- **Método Janbu**

Según Suarez (2009) este método puede aplicarse a planos de falla circulares y no circulares. Para evaluar el factor de seguridad, Janbu, divide una sección transversal del talud en dovelas y analiza las fuerzas gravitacionales, fuerza normal y fuerzas resistentes al corte. Solo considera el equilibrio de fuerzas más no de momentos.

Criterio de rotura

Gonzales (2004) sostiene que, con respecto a los suelos, la teoría de Morh Coulomb es el criterio de rotura más comúnmente empleado. Esta teoría establece una relación entre las tensiones tangenciales y las tensiones normales efectivas que se presentan en una superficie del suelo.

Ecuación de Coulomb para suelos saturados

Para el análisis de la ecuación de Coulomb, en suelos saturados, es necesario conocer los parámetros de cohesión y ángulo de fricción (propiedades intrínsecas del suelo), además de tener en cuenta el efecto de la presión de poros, el cual, le resta valor a la presión normal cuya resultante se le conoce como presión efectiva (1), por lo tanto, la ecuación se expresa como (2): (Suarez, 2009):

$$\sigma' = \sigma - \mu \dots \dots \dots (1)$$

$$\tau = c' + (\sigma - \mu) \times \tan(\phi) = c' + \sigma' \times \tan(\phi) \dots \dots \dots (2)$$

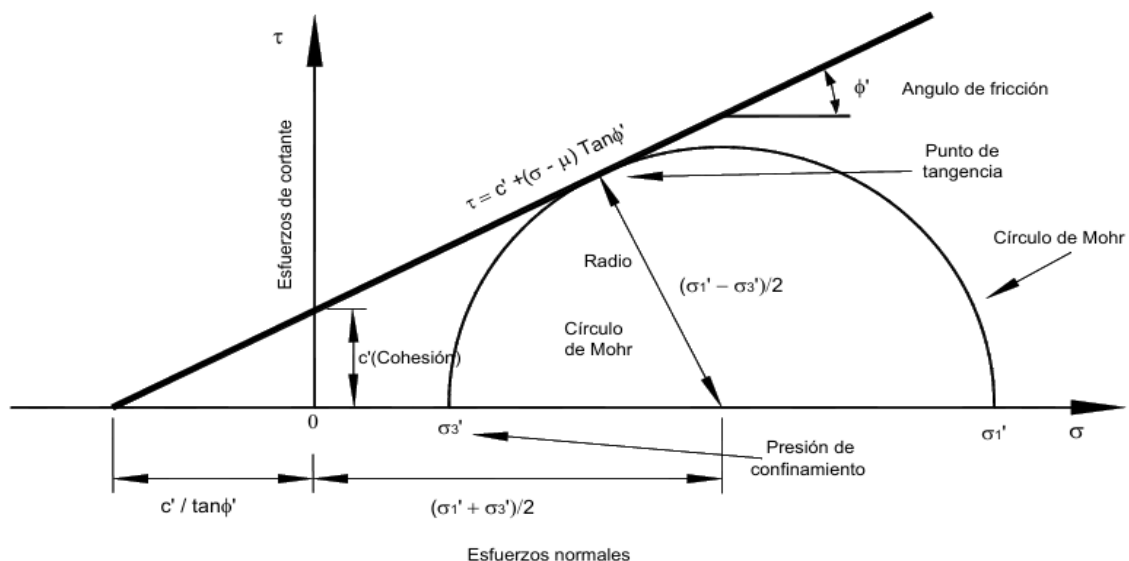
Donde:

- τ : Esfuerzo de resistencia al corte
- c' : Cohesión efectivas
- σ : Esfuerzo normal total
- σ' : Presión efectiva
- μ : presión de poros o intersticial
- ϕ' : Ángulo de fricción interno efectivo

Suarez (2009) realiza una representación gráfica de la ecuación de Coulomb (Figura 17)

Figura 17

Representación gráfica de la ecuación de Coulomb



Nota. Tomado de Suarez (2009)

Suarez (2009) menciona que se puede utilizar la ecuación (1) cuando el suelo presente una saturación mayor al 85%, caso contrario se debe tratar mediante la ecuación de Coulomb para suelos no saturados.

Presión de poros (μ)

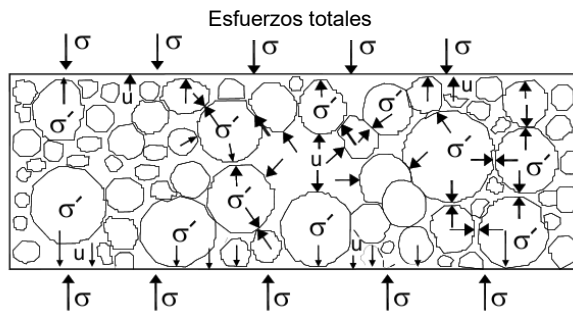
Según Suarez (2009), la presión que el agua subterránea ejerce sobre las partículas del suelo disminuye la presión efectiva, intenta separar las partículas del suelo y reduce su resistencia a la fricción y al corte. Asimismo, indica que no se puede establecer el exceso de presión de poros en la práctica. Por ende, no es factible hacer un análisis exacto con los esfuerzos efectivos. No obstante, se puede llevar a cabo un análisis utilizando presiones efectivas (esfuerzo efectivo) sin necesidad de emplear valores de excesos porosos en las condiciones no drenadas. drenadas.

Esfuerzos total y efectivo

Cualquier esfuerzo aplicado sobre un suelo saturado, será soportado por sus partículas y el agua entre las partículas. Tanto las partículas como el agua ejercen esfuerzos; las partículas de suelos generan esfuerzos normales y cortantes en el punto de contacto entre ellas, en tanto, el agua ejerce presiones hidrostáticas en todas direcciones (Presión de poros) (Figura 18), los esfuerzos efectivos (σ') controlan el comportamiento del suelo frente a esfuerzo cortante y son aquellos esfuerzos transmitidos solo por las partículas del suelo, mientras, los esfuerzos totales (σ) es la suma de todo los esfuerzos incluyendo a la ejercida por las partículas y la presión de poros (Suarez, 2009)

Figura 18

Esfuerzos que actúan en la estructura del suelo.



Nota. Tomado de Suarez (2009)

Condiciones Drenada y No-drenada

Según Suarez (2009) el objetivo de analizar la condición drenado o no drenado es saber si una carga aplicada en el suelo es capaz o no de producir presión de poros, se dice condición drenado cuando el agua en el suelo puede fluir fuera o dentro del suelo y no generar presión de poros al momento de someter una carga, caso contrario, se conoce como condición no drenada. Generalmente, los taludes se comportan en condiciones drenadas.

Acción sísmica

Los eventos sísmicos inducen fuerzas (Cíclicas) de gran magnitud, las cuales pueden generar la falla del talud, debido a que generan deformaciones cíclicas que reducen la resistencia la corte del suelo (Suarez, 2009).

Valiente, Sobrecases y Díaz (2016) mencionan que la acción sísmica se puede representar mediante las aceleraciones horizontales y constantes (Estáticas), además, indican que Terzaghi en el año 1959 planteo un modelo pseudo - estático para analizar la estabilidad de un talud durante un sismo. Mediante este modelo los

efectos sísmicos se representan a través de aceleraciones pseudoestáticas, generando fuerzas de inercia que actúan en el centro de gravedad de cada dovela.

En el Perú la norma E.030 Diseño sismo resistente divide al Perú en cuatro zonas sísmicas (Figura 19) y les asigna valores de la aceleración máxima del suelo (PGA) para un periodo de retorno de 500 años (Tabla 4).

Figura 19

Mapa de zonificación sísmicas del Perú



Nota. La zona de estudio se encuentra en la zona 2. Tomado de E030. Diseño sismo resistente

Tabla 4

Valores de PGA según la zona sísmica

Zona	Factor de zona de Perú			
	4	3	2	1
PGA	0.45	0.35	0.25	0.1

Nota. Modificado de la norma E.030 Diseño sismo resistente.

La misma norma E.030 le asigna un factor de suelo (S) en función del tipo de suelo y la zona sísmica (Tabla 5).

Tabla 5*Valores del factor de suelo*

		Factor del Suelo " S "			
Zona	Suelo	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
	Z₄	0.8	1	1.05	1.1
	Z₃	0.8	1	1.15	1.2
	Z₂	0.8	1	1.2	1.4
	Z₁	0.8	1	1.6	2

Nota. Modificado de la norma E.030 Diseño sismo resistente.

La aceleración máxima horizontal de diseño (A_{max-d}) se determina de la siguiente forma (Valiente, Sobrecases y Díaz, 2016):

$$A_{max-d} = PGA \times S$$

Factor de seguridad

Para Fellenius (1922), es la relación entre “la resistencia al corte real” del material del talud y “los esfuerzos de corte crítico” que tratan de producir la falla a lo largo de una supuesta superficie de falla. Según Gonzales (2004), es el coeficiente que resulta de dividir las fuerzas tangenciales resistentes y fuerzas tangenciales deslizantes (o multiplicarse las fuerzas de corte desestabilizadoras) para alcanzar el equilibrio (Figura 20), y puede expresarse en términos de fuerza o tensión:

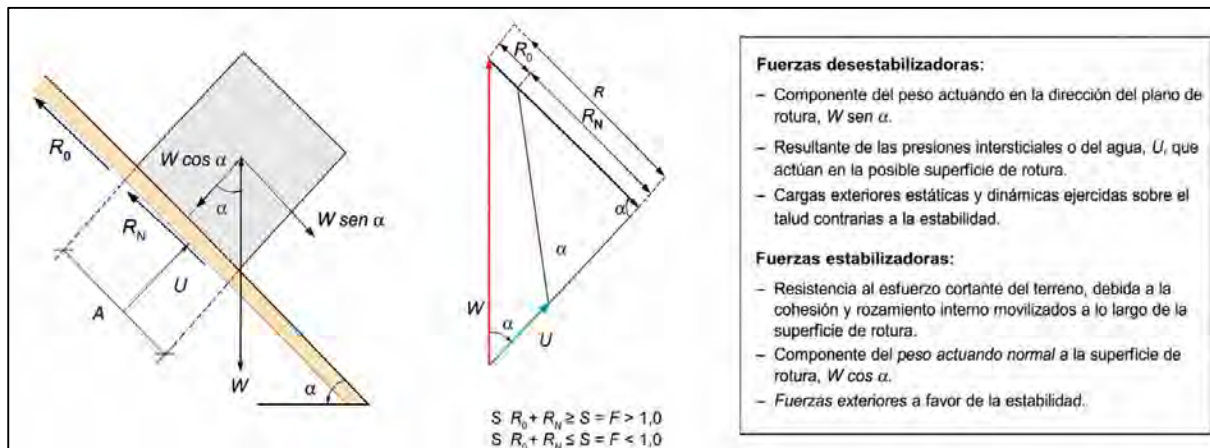
$$FS = \frac{\text{Fuerzas estabilizadoras}}{\text{Fuerzas desestabilizadoras}} = \frac{\text{Tensiones tangenciales resistentes}}{\text{Tensiones tangenciales deslizantes}}$$

Una vez determinado el factor de seguridad, de la superficie supuesta, es necesario analizar otras superficies, hasta encontrar una superficie con el mínimo factor de seguridad el cual se aceptará y se tomará como una superficie potencial de

rotura del talud (González, 2004). Suarez (2009) a esta superficie de falla lo denomina como la superficie de falla crítica.

Figura 20

Fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras de un talud



Nota. Tomado de González, 2004

La norma CE 020 de suelos y taludes recomienda que el factor de seguridad para taludes permanentes tiene que ser mayor a 1.5, y para taludes temporales, 1.25.

2.3. Marco conceptual

Arena

Los granos de arena son lo suficientemente grandes para ser visibles a simple vista, pero lo suficientemente pequeños para pasar a través de un tamiz de 4,75 mm y quedar retenidos en uno de 0,075 mm (Gonzales, 2004).

Areno limoso

Un suelo arenoso limoso es un tipo de suelo que presenta una mezcla de partículas de arena y limo lo que significa que, al observar una muestra de este suelo, se encontrará una combinación de granos de arena (más grandes y visibles

proporcionalmente) y partículas de limo (más finas y casi imperceptibles a simple vista) (Juárez y Rico, 2005).

Biopolímero

Son sustancias producidas por los organismos vivos y desempeñan diversas funciones. Ofrece un desempeño equivalente a los productos sintéticos tradicionales. Al ser biodegradable y no tóxico, este material contribuye a la reducción de la huella de carbono y a la preservación de los recursos naturales. Estos compuestos se encuentran en una amplia variedad de fuentes naturales, incluyendo algas, plantas, animales, bacterias y hongos (Rodriguez et al., 2020).

Condición de equilibrio

Termino que hace referencia a la condición en que el factor de seguridad es igual a la unidad (Gonzales, 2009)

Deslizamiento

Movimientos, ladera abajo, de masas de suelos o rocas a lo largo de una superficie de falla o una zona delgada donde se producen grandes deformaciones cortantes (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007)

Deslizamiento rotacional

Es aquel deslizamiento donde la masa se desplaza a lo largo de una superficie de falla curva o cóncava (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007).

Estabilización de suelos

Es un Proceso físico o químico, mediante el cual se mejora las condiciones mecánicas de un suelo (CE 020 Suelos y taludes).

Esfuerzo

Fuerza por unidad de superficie que soporta un cuerpo, es decir es la relación entre la fuerza aplicada y la superficie en la cual se aplica (Gonzales, 2004).

Fuerza

Magnitud física expresada en newtons (N) que mide la interacción entre dos o más cuerpos, y puede modificar el movimiento o deformar un cuerpo (Gonzales, 2004).

Suelo

Son agregados naturales compuestos por partículas minerales y que pueden separarse mediante métodos mecánicos de baja energía o por agitación en agua (CE 020 Suelos y taludes).

Solubilidad

La solubilidad es la capacidad de una sustancia para disolverse en otra, por ejemplo, el agua, que es una molécula polar, disolverá compuestos polares, como el azúcar (Mendez, Penieres y Ortega, 2023)

Tensión

Tipo de esfuerzo que se genera por la deformación del material al aplicar fuerzas opuestas en sus extremos (Gonzales, 2004).

plano de falla

Es la superficie asumida por donde podría ocurrir la rotura del talud o deslizamiento (Suarez, 2009)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Según Arias y Covinos (2021), la investigación aplicada busca a partir de la teoría resolver problemas prácticos, y se basa en hallazgos, descubrimientos y soluciones que se establecieron en los objetivos, por lo que esta investigación es de tipo aplicada, cuyo propósito es generar conocimiento útil para la solución de problemas específicos en un contexto real. Para ello, se emplearán los principios teóricos establecidos en la literatura científica, así como las recomendaciones técnicas contenidas en el Manual de Ensayo de Materiales y la Norma Técnica Peruana. De esta manera, se busca contribuir al desarrollo de soluciones prácticas y eficientes.

3.1.2. Nivel de investigación

La investigación de nivel explicativo se caracteriza por manipular y establecer causa (variable independiente) – efecto (variable dependiente) de sus variables, y su objetivo es explicar cómo y por qué ocurren los hechos (Arias y Covinos, 2021)

La presente investigación, alineada con los objetivos propuestos, se desarrollará bajo un enfoque de nivel explicativo. Esto implica que se buscará profundizar en la comprensión de los resultados obtenidos a partir de los ensayos de laboratorio, y diseño del modelado mediante el uso del software Slide 2D, estableciendo relaciones causales y generando conocimiento sólido y fundamentado.

3.2 Diseño y enfoque de investigación

3.2.1. Diseño de investigación

Según Badii y otros (2007), el propósito de un diseño experimental es identificar si hay variaciones en los resultados entre los distintos tratamientos aplicados en el experimento. Es decir, busca verificar cuantitativamente la causalidad de una variable sobre otra.

Se ha optado por un diseño experimental para esta investigación, ya que este enfoque metodológico permite ejercer un control absoluto sobre la variable independiente. Al poder manipular de manera intencionada esta variable. Se busca establecer una relación causal clara y precisa con la variable dependiente, lo cual es fundamental para alcanzar los objetivos del estudio.

3.2.2. Enfoque de la investigación

La investigación de enfoque cuantitativo se basa en la recolección de datos numéricos para identificar patrones y comprobar las hipótesis planteadas (Haro et al., 2024)

Esta investigación adopta un enfoque cuantitativo, ya que se centra en la recolección y análisis de datos numéricos. A través de la medición precisa de variables, se busca responder a las preguntas de investigación y comprobar las hipótesis planteadas.

Población

La zona de estudio se encuentra en el sector Agua Buena, en el distrito de San Sebastián, provincia y departamento del Cusco, específicamente en el paquete de arena limosa que aflora en la zona de estudio.

Muestra

Se recolectó muestras de dos calicatas de 50 kg cada una, del talud areno limoso de la zona de estudio ubicada en el sector de Agua Buena, en el distrito de San Sebastián, provincia y departamento del Cusco, para realizar estudios de laboratorio. Estas muestras serán utilizadas para evaluar el suelo extraído a través de cuatro dosificaciones (D) diferentes, y respetando los días de período de reposo (DPR) de 7 días y 14 días como indica el concepto científico y se detallan a continuación.

- D1: 0.00% BX (suelo natural)
- D2: 0.50% BX + 7 DRP
- D3: 1.00% BX + 7 DRP
- D4: 1.50% BX + 7 DRP
- D2: 0.50% BX + 14 DRP
- D3: 1.00% BX + 14 DRP
- D4: 1.50% BX + 14 DRP

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

para realizar los diferentes estudios de laboratorio se utilizarán los siguientes equipos y dispositivos:

- Copa de Casagrande marca ELE INTERNATIONAL
- Juego de tamices marca ELE INTERNATIONAL
- Balanza de precisión 0.1 gr marca OHAUS CORPORATION
- Balanza de precisión de 0.01 gr marca OHAUS CORPORATION
- Horno geotécnico marca ECOCELL
- Equipo de corte directo marca PINZUAR
- Equipo de permeabilidad de carga constante marca ELE INTERNATIONAL

Se realizó la caracterización del suelo a través de la observación directa de las muestras y el análisis del biopolímero estabilizador (goma xantano) que se empleó para estabilizar un talud areno-limoso. La información recolectada en campo permitió una adecuada delimitación estratigráfica y clasificación del terreno.

Observación directa: Se recopiló información a través de

- Archivos digitales (puntos GPS)
- Fotografías
- Visitas in situ

3.4 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio se organizaron en un sistema estructurado de base de datos. Para ello, se emplearon tablas en Microsoft Excel para el correcto análisis comparativo de la información.

El cálculo del sistema de información se realizó en plantillas técnicas que cumplen con lo exigido por la NTP y normas internacionales. Se presenta un resumen de la información técnica relevante, como indican las figuras 21, 22, 23 y 24.

- Ficha técnica N° 01. Contenido de humedad

Figura 21

Ficha técnica del contenido de humedad

		J&T INGEOTECNIA SAC				Codigo		GAE			
		ENSAYO DE HUMEDAD ASTM D2216-MTC E 108				Version		2			
						Fecha		21/04/2025			
						Pagina		3			
TESIS: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025						LUGAR DEL ENSAYO: LABORATORIO DE SUELOS CUSCO					
SOLICITA: DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA						FECHA DE EJECUCION: 21 - 04 - 2025		CONSECUTIVO		4052	
UBICACIÓN: SECTOR DE AGUA BUENA						UBICACIÓN		Cusco	OK		
SONDEO		TIPO DE MUESTRA	SPT		COORDENADAS						
MUESTRA	C - 1		SHELBY								
PROF.(m)	0.50 - 1.00 m		INALTERADA								
			OTRA								
UBICACIÓN DE LA MUESTRA:						C - 1					
CALCULO DE HUMEDAD											
ITEM	DATOS					ENSAYOS					
	NUMERO DE RECIPIENTE					B - 26					
1-	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (M_{cws})					315.18 gr					
2-	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (M_{cs})					271.49 gr					
3-	PESO DEL RECIPIENTE (M_r)					0.00 gr					
4-	PESO DEL AGUA					43.69 gr					
5-	PESO DEL SUELO SECO (W_s)					271.49 gr					
6-	CONTENIDO DE HUMEDAD ($W\%$)					16.09 %					

- Ficha técnica N° 02. Límites de consistencia

Figura 22

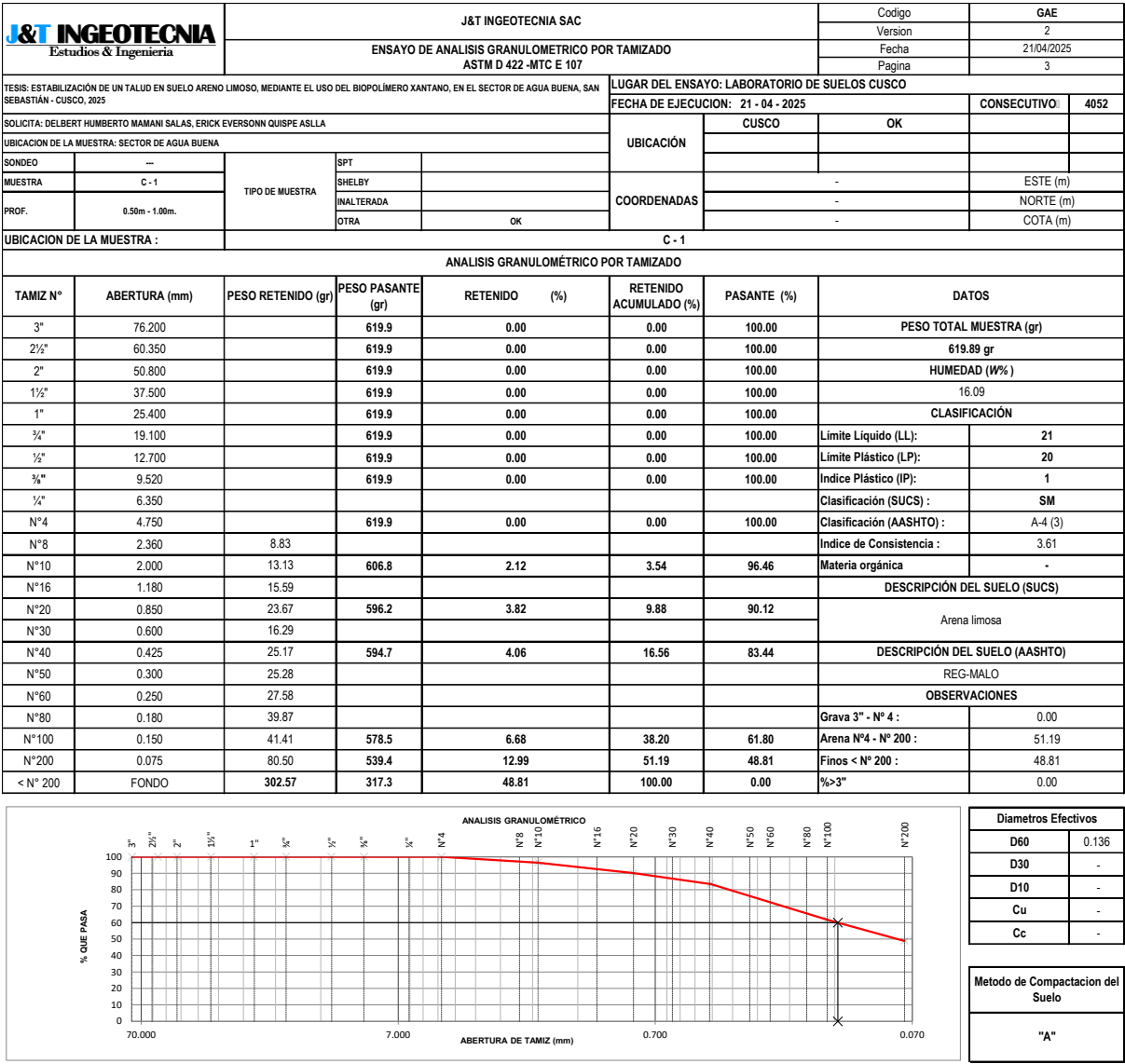
Ficha técnica para determinar los límites de consistencia, e índice de plasticidad

		J&T INGEOTECNIA SAC		Codigo	GAE						
		ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D 422 -MTC E 107		Version	2						
				Fecha	21/04/2025						
				Pagina	3						
TESIS: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025				LUGAR DEL ENSAYO: LABORATORIO DE SUELOS CUSCO							
SOLICITA: DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA				FECHA DE EJECUCION: 21 - 04 - 2025	CONSECUTIVO 4052						
UBICACION DE LA MUESTRA: SECTOR DE AGUA BUENA				UBICACIÓN							
				CUSCO	OK						
SONDEO	---	TIPO DE MUESTRA	SPT								
MUESTRA	C - 1		SHELBY								
PROF.	0.50m - 1.00m.		INALTERADA								
			OTRA	OK							
UBICACION DE LA MUESTRA :				C - 1							
LÍMITE LÍQUIDO											
ITEM	DATOS		ENSAYOS								
	NUMERO DE RECIPIENTE		T - 08	Z - 0	T - 01						
1	PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (M _{chw})		66.23 gr	65.31 gr	67.65 gr						
2	PESO RECIPIENTE + SUELO SECO (M _{cs})		64.39 gr	63.90 gr	66.03 gr						
3	PESO DEL RECIPIENTE (M _c)		57.15	57.48 gr	57.48 gr						
4	NUMERO DE GOLPES (N)		18	24	31						
5	PESO DEL AGUA		1.84 gr	1.41 gr	1.62 gr						
6	PESO DEL SUELO SECO (W _s)		7.24 gr	6.42 gr	8.55 gr						
7	CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)		25.41	21.96	18.95						
8	LÍMITE LÍQUIDO (L.L.)		24.42	21.85	19.45						
LÍMITE PLÁSTICO											
ITEM	DATOS		ENSAYOS								
	NUMERO DE RECIPIENTE		T - 16	T - 07							
1	PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (M _{chw})		27.46 gr	26.30 gr							
2	PESO RECIPIENTE + SUELO SECO (M _{cs})		26.49 gr	25.48 gr							
3	PESO DEL RECIPIENTE (M _c)		21.56 gr	21.36 gr							
4	PESO DEL AGUA		0.97 gr	0.82 gr							
5	PESO DEL SUELO SECO (W _s)		4.93 gr	4.12 gr							
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)		19.68	19.90							
LÍMITE LÍQUIDO W% HUMEDAD NÚMERO DE GOLPES (N) <table><tr><td>LÍMITE LÍQUIDO (L.L.)</td></tr><tr><td>21</td></tr><tr><td>LÍMITE PLÁSTICO (L.P.)</td></tr><tr><td>20</td></tr><tr><td>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)</td></tr><tr><td>1</td></tr></table>						LÍMITE LÍQUIDO (L.L.)	21	LÍMITE PLÁSTICO (L.P.)	20	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)	1
LÍMITE LÍQUIDO (L.L.)											
21											
LÍMITE PLÁSTICO (L.P.)											
20											
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)											
1											

Ficha técnica N° 03. Granulometría

Figura 23

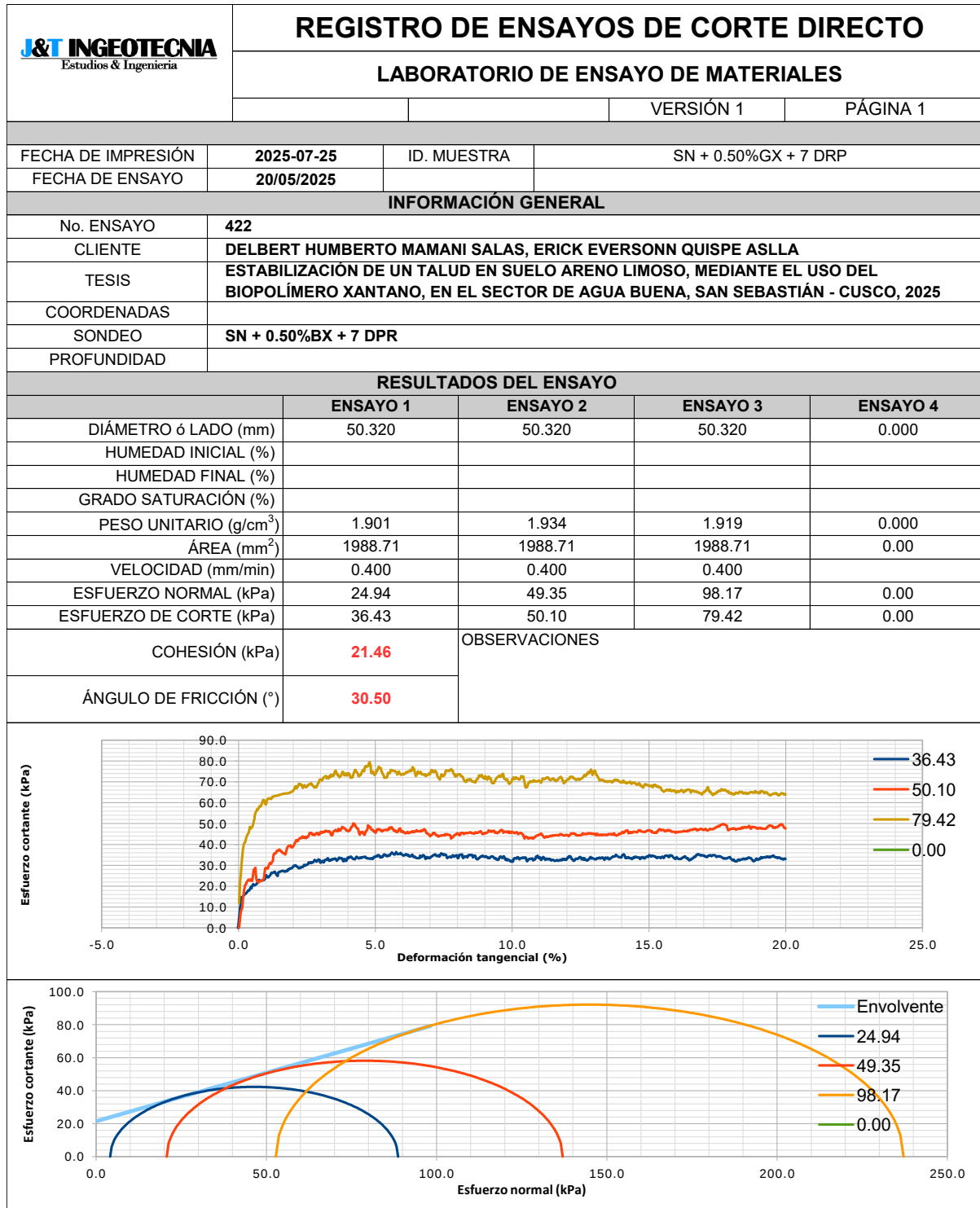
Ficha técnica para determinar la granulometría por tamizado



- Ficha técnica N° 04. Corte directo

Figura 24

Ficha técnica para determinar el corte directo



Experimentación

Las muestras de suelo extraídos, fueron analizados en el laboratorio mecánica de suelos “INGEOTECNIA – ESTUDIOS & INGENIERÍA”. Se estableció un suelo patrón – suelo natural (SN) y que sirvió como referencia para comparar con las muestras que contengan el biopolímero xantano (BX) adicionada al suelo en proporción al peso de la muestra ensayada. Además, se agregarán muestras que contengan días de período de reposo (DPR) de 7 y 14 días.

Aspectos éticos

Los hallazgos de este estudio servirán como referencia para investigaciones futuras, ya que validan el planteamiento del problema, los objetivos y las hipótesis formuladas. Una vez incorporados al repositorio institucional, estarán disponibles para toda la comunidad académica, enriqueciendo el conocimiento en ingeniería geotécnica y facilitando el desarrollo de nuevos proyectos en esta área.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Descripción de proceso de obtención de resultados

4.1.1. Procedimiento general

La presente investigación, permitió analizar el proceso de hidratación que presenta el biopolímero xantano en combinación con suelo y agua, y de esta forma el suelo pueda ser mejorado o estabilizado en sus propiedades mecánicas. Las dosificaciones que se utilizó fueron las del 0.50%, 1.00% y 1.50% del biopolímero con relación al peso expresado en porcentaje, estas dosificaciones tendrán sus DRP de 7 y 14 días. Las mezclas se analizaron en el laboratorio de mecánica de suelos, como indica la figura 25 y figura 26, luego del análisis de las propiedades físicas y mecánicas se procederá a desarrollar los cálculos requeridos y posterior resultado.

Figura 25

Incorporación del biopolímero xantano en la muestra de suelo, en sus cuatro dosificaciones propuestas para determinar los límites de consistencia



Figura 26

Incorporación del biopolímero xantano en la muestra de suelo para respetar el proceso de hidratación y los días de período de reposo de 7 y 14 días



4.1.2. Exploración en campo

Se logró identificar en la zona de estudio, un paquete de suelo areno limoso, donde se realizó trabajos de profundidad (2 calicatas) (Figura 27 y 28), la elección de la ubicación de estas calicatas estuvo basadas en nuestros criterios de investigadores, ubicando los puntos de mayor riesgo y sin comprometer la estructura de concreto armado, como indica la tabla 6.

Tabla 6

Ubicación UTM de las calicatas en el sector de Agua Buena

Calicata	Sector	Norte	Este	Zona	Cantidad
C – 01	Agua Buena	8500302.89	183668.49	19 L	50 kg
C – 02	Agua Buena	8500319.17	183667.58	19 L	50 kg

Nota. Se presenta los puntos GPS en coordenadas UTM del talud de estudio con nombre Agua Buena.

Figura 27

Perfil estratigráfico de la calicata 01

Prof. (m)	Muestra		Simbología	Características Físicas de la Muestra	Clasificación		Fotografía
	Estrato	Espesor (m)			SUCS	AASHTO	Cal - 01
0.1	E - 01	1.50		Suelo inorganico Arena limosa de consistencia Estable ,suelo de color Marron	SM	A-4(2)	
0.2							
0.3							
0.4							
0.5							
0.6							
0.7							
0.8							
0.9							
1.0							
1.1							
1.2							
1.3							
1.4							
1.5							

Figura 28

Perfil estratigráfico de la calicata 02

Prof. (m)	Muestra		Simbología	Características Físicas de la Muestra	Clasificación		Fotografía
	Estrato	Espesor (m)			SUCS	AASHTO	Cal - 02
0.1	E - 01	1.50		Suelo inorganico Arena limosa de consistencia Estable ,suelo de color Marron	SM	A-4(3)	
0.2							
0.3							
0.4							
0.5							
0.6							
0.7							
0.8							
0.9							
1.0							
1.1							
1.2							
1.3							
1.4							
1.5							

4.1.3. Proceso de incorporación del biopolímero Xantano

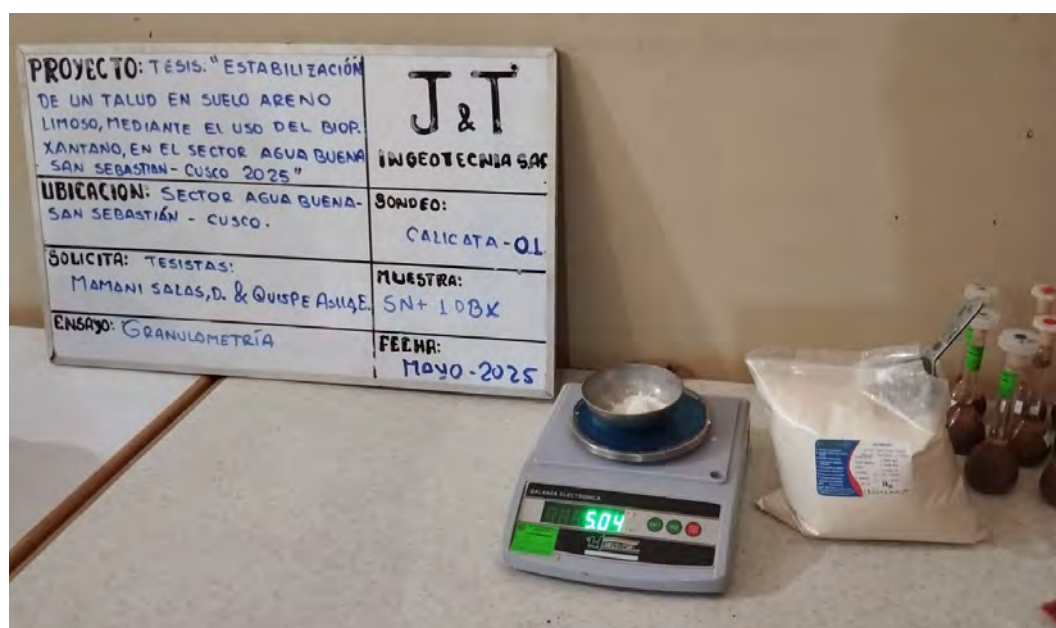
Para la mezcla del biopolímero xantano con el suelo, se utilizó el método de batido en seco – manual a las proporciones de adiciones del 0.50%, 1.00% y 1.50%

en relación con el peso del espécimen a ser ensayado. Para el agua incorporada se consideró la humedad natural del suelo.

Para realizar el proceso de incorporación del biopolímero xantano, se consideró el peso neto de la muestra del espécimen como punto de referencia, y se hizo la relación de manera proporcional al peso del aditivo expresado en porcentaje para cada una de las modificaciones propuestas dentro de la investigación, como indica la figura 29.

Figura 29

Peso de la proporción del biopolímero xantano en relación con el peso de la muestra a ser ensayada



Nota. Se presenta el peso del aditivo expresado en gramos (5 gr) para la muestra del 1.0% de adición, utilizando 500 gr de muestra para el desarrollo del análisis granulométrico.

La mezcla se llevó a cabo con bastante cuidado, dado que el biopolímero xantano es un producto en polvo fino y ligero, con la intención de no generar pérdidas de concentración en el desarrollo del ensayo, como indica la figura 30.

Figura 30

Proceso de mezclado del biopolímero xantano con el suelo y agua para lograr la hidratación.



4.2. RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECIFICO 1

Respecto al objetivo específico 1 de identificar las características geomorfológicas, geológicas y estructurales del sector de Agua Buena que condicionan la inestabilidad de un talud en suelo arenoso limoso, se determinó que la zona inestable es el talud lateral de la cárcava, compuesta de material deluvial.

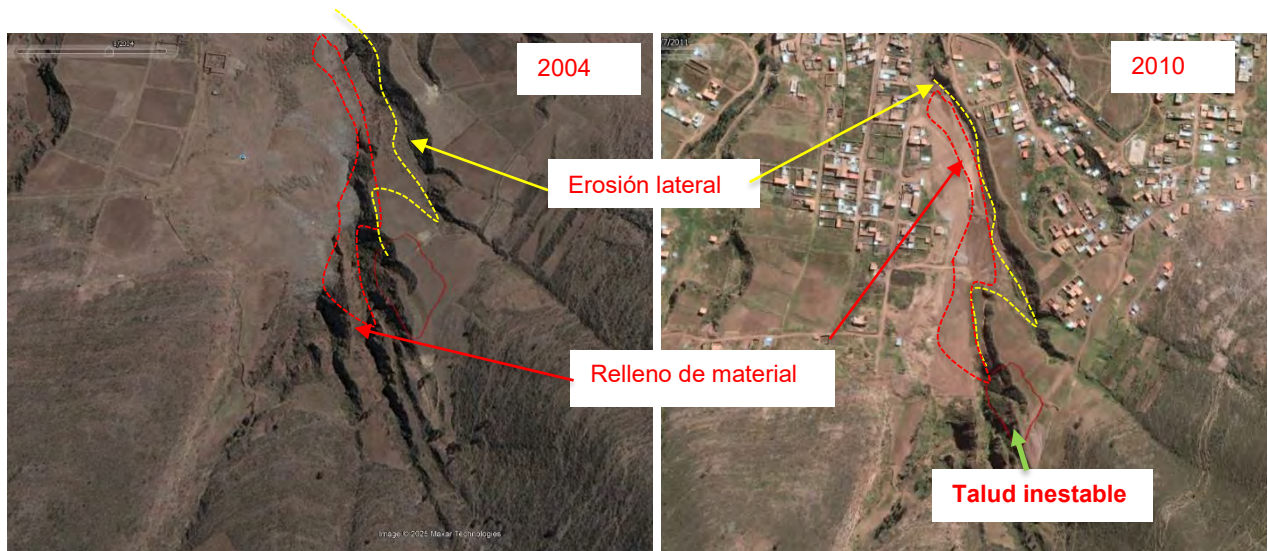
4.2.1. Geomorfología local

Respecto a la geomorfología, en el análisis temporal de imágenes satelitales de Google Earth entre los años 2004 y 2025, se evidencia que la zona de estudio inicialmente son zonas de cárcavas profundas (2004) generadas por la erosión de aguas superficiales en temporadas de lluvia. Durante el periodo de 2004 a 2010 la evolución de estas geoformas se evidencia por la erosión lateral de la cárcava, lo que

incrementa la pendiente del talud y en consecuencia la inestabilidad del terreno. Además, por el crecimiento demográfico, estas cárcavas son rellenas (Figura 31).

Figura 31

Proceso de erosión lateral y relleno con material antrópico de la cárcava.

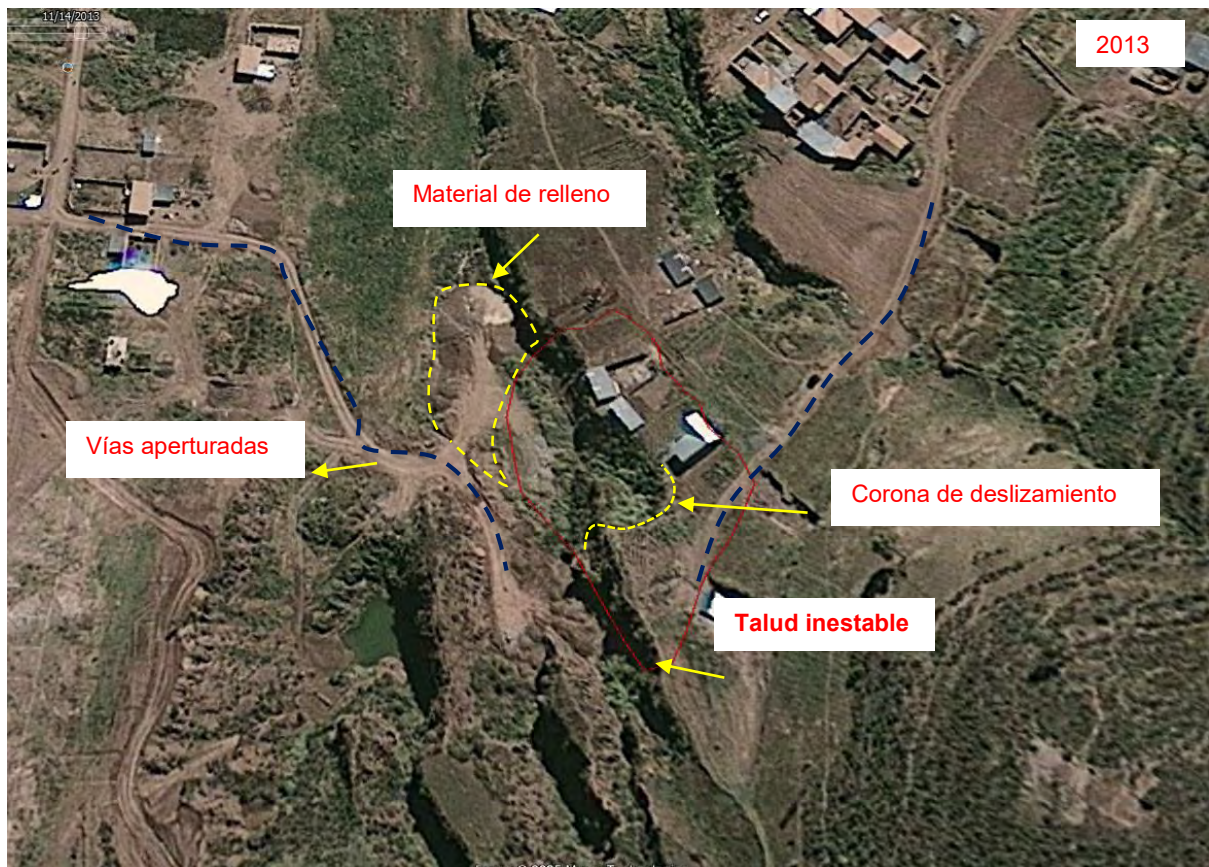


Nota. Imágenes satelitales tomados de Google Earth

Los eventos de interés para el estudio ocurren en los años 2013 y 2014. En la imagen satelital del año 2013, se observa la corona de un posible deslizamiento en la misma zona del talud inestable estudiado en esta investigación, evidenciando procesos previos de inestabilidad (Figura 32). Posteriormente en el 2014, se observa claramente un deslizamiento en la misma zona donde ocurre el posible evento en el año 2013, donde se aprecia la corona del deslizamiento y el material desplazado en el pie del talud (Figura 33). Estos eventos pueden estar asociados al incremento de la pendiente del talud, por la erosión lateral de la cárcava, y por una mayor infiltración de agua de lluvia ocasionada por la apertura de vías cercana al talud, lo que ha generado la saturación del material, y en consecuencia el deslizamiento.

Figura 32

Evidencia de un posible deslizamiento en la zona de estudio en el año 2013



Nota. Imagen satelital tomados de Google Earth

Figura 33

Deslizamiento ocurrido en el año 2014

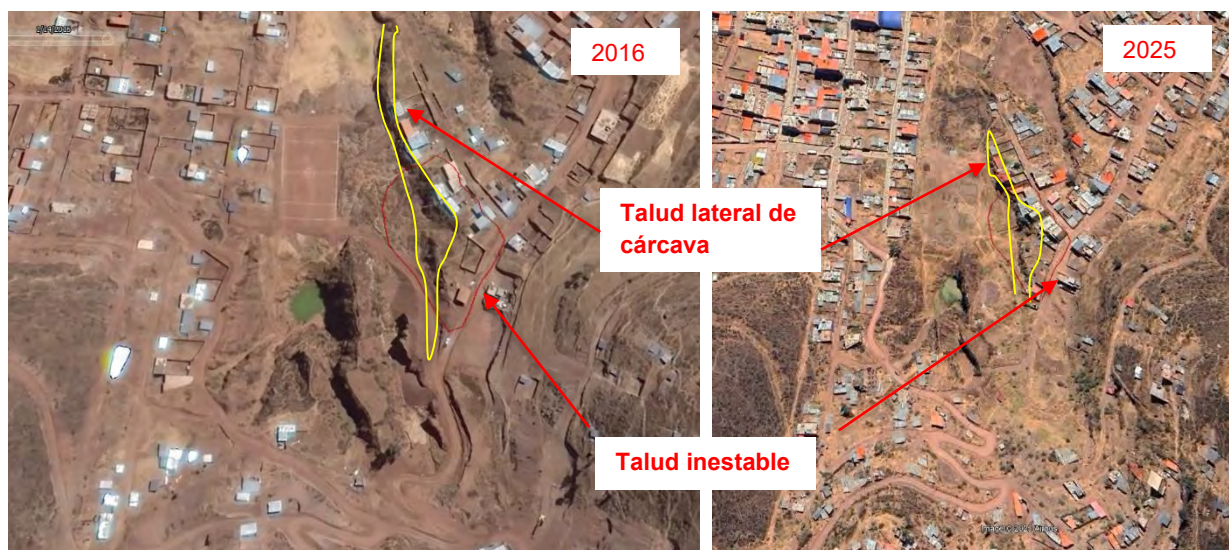


Nota. Imagen satelital tomado de Google Earth

Durante el periodo de 2016 a 2025, por la expansión urbana y rellenos con material antrópicos en las cárcavas, estas geoformas presentan una variación drástica, quedando en la actualidad solo los taludes laterales de las cárcavas (Figura 34).

Figura 34

Evolución de la geomorfología en el periodo 2016 a 2025



Nota. Imágenes satelitales tomados de Google Earth

En la actualidad, el talud inestable es el talud lateral de la cárcava (T-cv) compuesta por material deluvial, con una altura de 15 metros, pendiente inclinada y evidencia de erosión en pie del talud (Figura 35). Aledaño a la zona de estudio también se aprecia la montaña estructural en roca sedimentaria de la Formación Kayra (RME-rs), en el cerro San Antonio, y las planicies de terraza alta (PI-a) y baja (PI-b) ubicados en la corona y pie del talud, respectivamente (Figura 36).

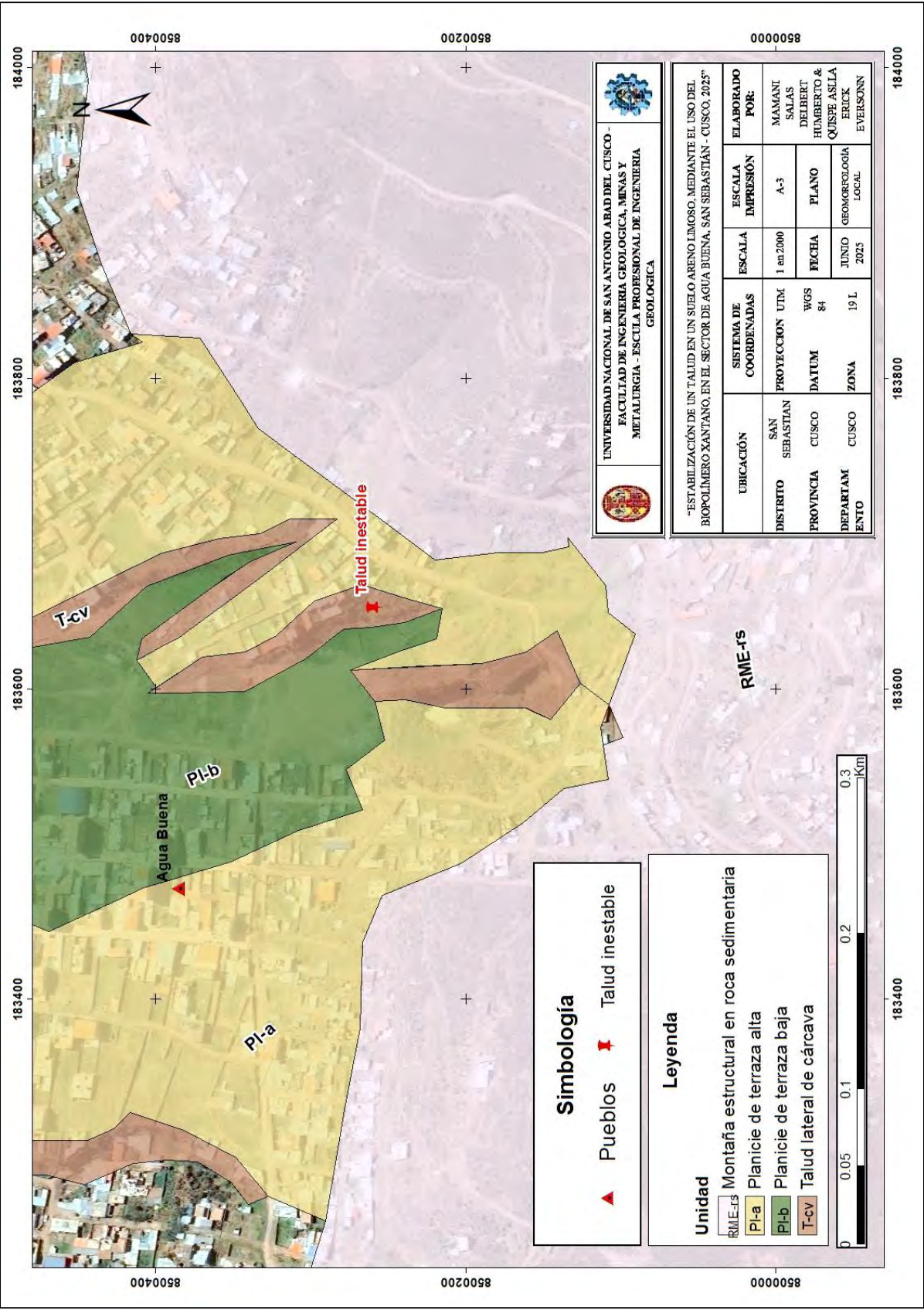
Figura 35

Vista de talud lateral de cárcava en la zona inestable, montaña estructural y planicie de terraza baja.



Figura 36

Mapa de geomorfología local de la zona de estudio.



4.2.2. Geología local

El talud inestable se encuentra compuesto principalmente por depósitos deluviales, provenientes la Formación Kayra. Además, en el pie del talud se observa rellenos antrópicos (Figura 39). Estas características sugieren que el material del talud es un material poco consolidado, de baja cohesión y de alta permeabilidad.

4.2.2.1. Formación Kayra (Peo-k)

Esta unidad geológica sobreyace a la Formación San Sebastián. En la zona de estudio, aflora a unos 50 metros al sur del punto de estudio, específicamente en el cerro San Antonio (Figura 37). De acuerdo con lo observado en campo esta formación está compuesta principalmente por areniscas feldespáticas fracturadas, de grano medio a grueso, que alternan con capas de lutitas rojas y marrones. Este conjunto se desarrolló en un ambiente fluvial entrelazado y en una llanura de inundación. (Lazarte y Barrios, 2021). Según Carlotto et al (2011) esta formación pertenece al eoceno inferior.

Figura 37

Afloramiento de la Formación Kayra, donde se muestra la intercalación de areniscas feldespáticas con lutitas rojas. Está ubicado a unos 50 metros al sur del punto de estudio.



4.2.2.2. Cuaternario

El talud inestable está compuesto por depósitos deluviales (Q-dl) de arenas, limos y arcilla en menor proporción (Figura 38). Estos materiales son producto de la erosión y transporte pluvial de sedimento de la Formación Kayra, que son depositados a lo largo del pie de la montaña (Cerro San Antonio). Así mismo, en las zonas aledañas al talud existen rellenos antrópicos, localizadas en el fondo o lecho de las antiguas cárcavas, compuestos de material removidos de los taludes laterales de las cárcavas y desmontes generados por la población.

Figura 38

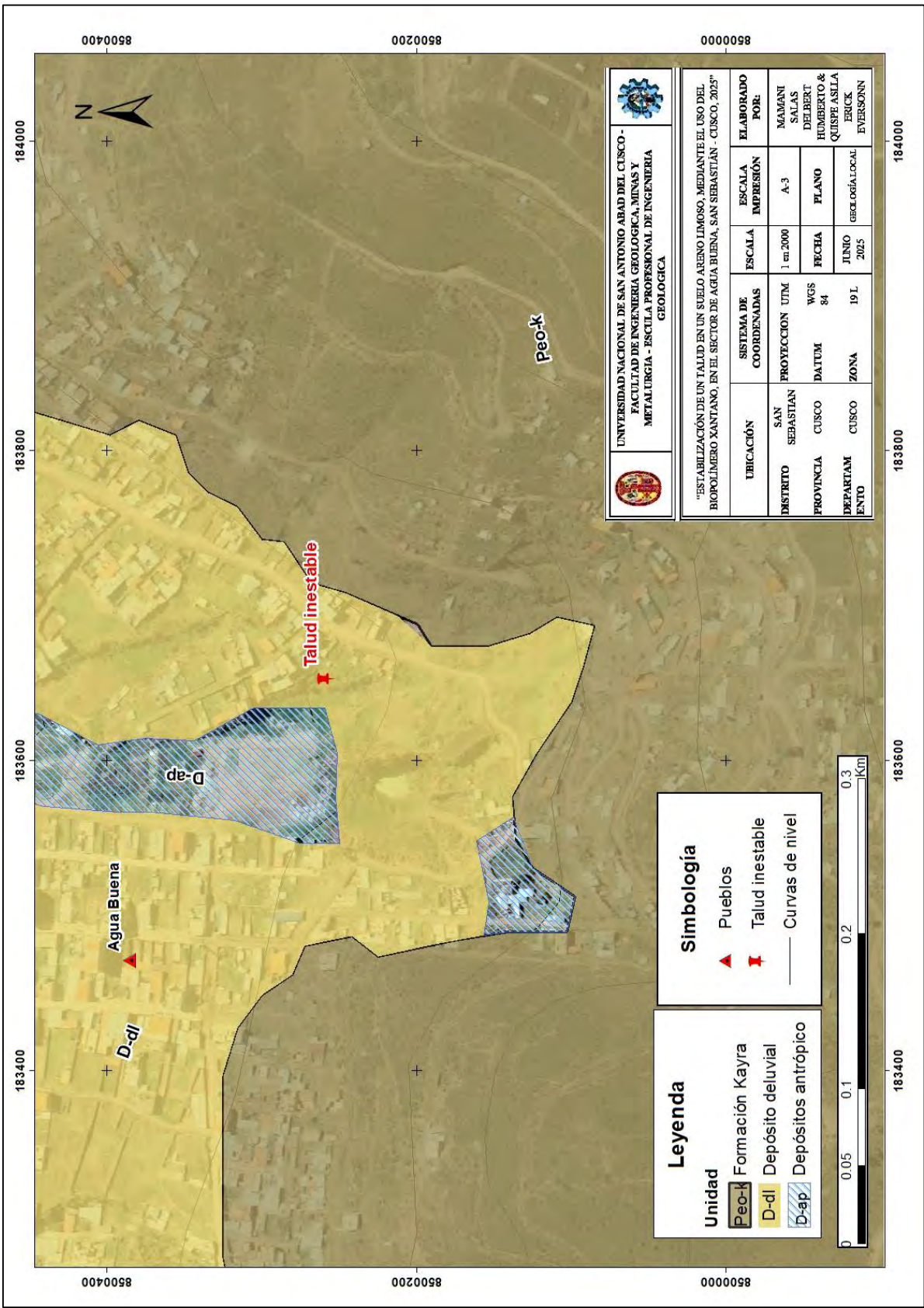
Depósito deluvial areno limoso con presencia de arcilla en menor cantidad. Está ubicada en la zona del talud inestable.



Nota. En la imagen de la izquierda se aprecia depósitos areno limosos. Todo el material observado en la zona inestable corresponde a este tipo de material.

Figura 39

Mapa de geología local de la zona de estudio



4.2.3. Geología estructural

El talud está siendo afectado principalmente por las fallas de Tambomachay, que se encuentra a 4.2 km de la zona de estudio, y la falla de Cusco que se encuentra a 0.5 km de la zona de estudio (Figura 40). Según el Instituto Geofísico del Perú (IGP), en Andahuaylillas Quispicanchi se han registrado sismos de hasta 4 grados en los últimos meses del 2024 en la escala de Mercalli, también fue sentida en el sureste de la ciudad del Cusco; así como en los distritos de Oropesa, Saylla, San Jerónimo, Santiago, Wanchaq, San Sebastián, Poroy y otras localidades. El año 1950, y recientemente el año 1986 se registró un sismo de 5.4 grados en la escala de Mercalli cuyo epicentro fue a 8 Km al Noreste de la ciudad del Cusco con una profundidad de 19 Km, generados por la falla de Tambomachay, durante el sismo se produjo licuefacción de suelos, levantamiento del nivel freático y pequeños deslizamientos al Sur de la cuenca del Cusco (IGP, 2024). Estos eventos pueden ser un factor que incremente el riesgo de deslizamiento del talud inestable objeto de estudio por lo que para su evaluación en el software Slide 2D se considerará la carga sísmica.

4.2.3.1. Falla Cusco

La falla Cusco posee alineamiento NO-SE que coincide con el piso de valle del río Huatanay, tiene una longitud que va de la ciudad de Cusco hasta Saylla-Oropesa. Se asume como una falla antigua sellada y cubierta con los sedimentos cuaternarios de la Formación San Sebastián. Esta falla separa en parte el Altiplano de la zona intermedia con la Cordillera Oriental. Actualmente esta estructura no muestra signos de reactivaciones recientes (Carlotto, Cárdenas y Carlier, 2011).

4.2.3.2. Falla Tambomachay

Se encuentra a 4 km al norte de la ciudad del Cusco y actúa como límite entre la Meseta de Saqsaywaman y las Montañas del Cusco, poniendo en contacto las

formaciones del Grupo Yuncaypata (Cretácico) con las del Grupo San Jerónimo (Eoceno-Oligoceno). Esta falla, con una orientación NO - SE a ONO-ESE y una extensión de 20 km, es una estructura antigua que ha experimentado múltiples movimientos desde el Mesozoico, y en el Cenozoico ha presentado desplazamientos de rumbo e inverso (Carlotto, Cárdenas y Carlier, 2011). La disposición actual de las rocas sugiere que es una falla inversa. No obstante, existen evidencias de un desplazamiento cuaternario antiguo de 400 m, caracterizado por facetas triangulares. El plano de la falla tiene un buzamiento entre 60 y 70° hacia el sur, y está parcialmente cubierto por detritos de pendiente de los conos de deyección (Cabrera, 1988).

Figura 40

Mapa de geología estructural



4.3. RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECIFICO 2

Respecto al objetivo específico 2: Evaluar cuál es el efecto del biopolímero xantano en las propiedades físicas, para la estabilidad de un talud en suelo areno limoso, se realizaron ensayos en laboratorio de mecánica de suelos para las dos calicatas (C – 01, C – 02) para su caracterización física del suelo en su estado natural (SN) y sus respectivas modificaciones (0.50%, 1.00% y 1.5%) con el biopolímero xantano, respetando el concepto científico de aplicar los días de períodos de curados de 7 días y 14 días.

4.3.1. Contenido de humedad

En este presente trabajo de investigación se tomó las muestras de dos calicatas para determinar el contenido de humedad. Se observó que existe una ligera diferencia 0.86% de la muestra que corresponde a la calicata C – 01, respecto de la C – 02, como indica la tabla 7 y figura 41.

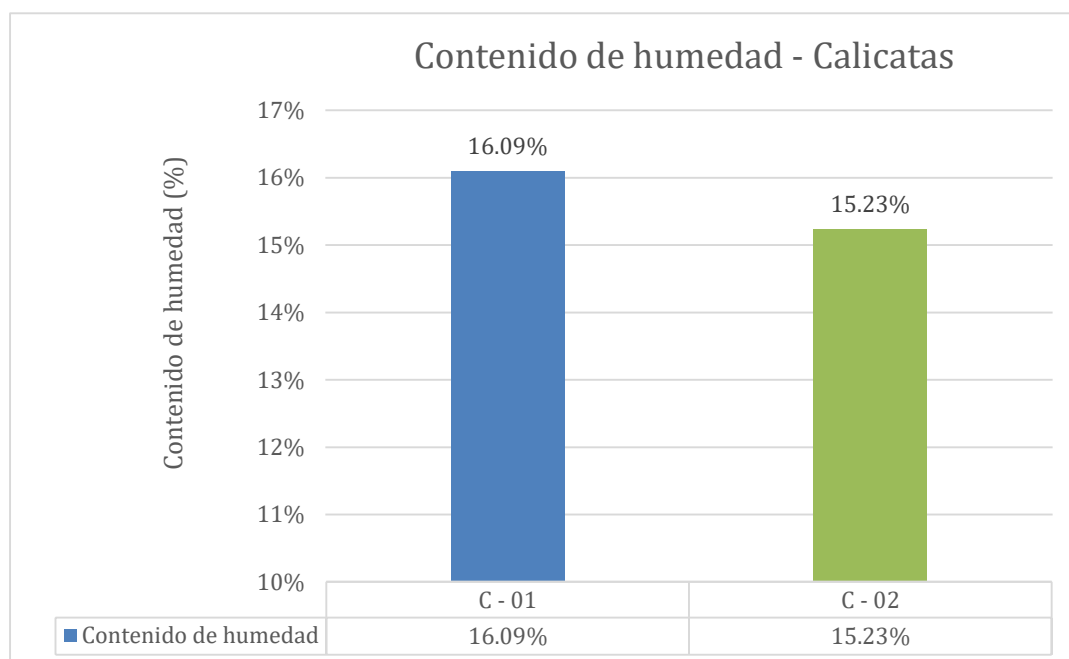
Tabla 7

Resultados del contenido de humedad de las muestras ensayadas que corresponden a las dos calicatas.

Descripción	Unidad	Contenido de humedad
C – 01	%	16.09
C – 02	%	15.23

Figura 41

Representación gráfica del contenido de humedad de las muestras ensayadas.



4.3.2. Análisis granulométrico

4.3.2.1. Granulometría del suelo natural

En los ensayos del análisis granulométrico realizado a las dos calicatas del sector de Agua Buena, resultó el mismo tipo de suelo para C – 01 y C – 02, clasificándolas dentro del sistema SUCS como una Arena Limosa (SM) y su correspondiente clasificación ASSHTO como A – 4 (2) para C – 01 y A – 4 (3) para C – 02, obteniendo, para ambas muestras, como descripción de Regular – Malo (Tabla 8)

Tabla 8

Resultados del análisis granulométrico de las dos muestras ensayadas que corresponden a las dos calicatas, del suelo en su estado natural.

Muestra	Granulometría		Clasificación		Descripción del suelo (AASHTO)
	% que pasa Tamiz N° 4	% que pasa Tamiz N° 200	AASHTO	SUCS	
C – 01	100.00	44.72	A - 4 (2)	SM	REG - MALO
C – 02	100.00	49.97	A – 4 (3)	SM	REG - MALO

4.3.2.2. Granulometría del suelo con sus modificaciones

Los ensayos de análisis granulométrico realizado a las distintas muestras que fueron modificadas con el biopolímero xantano (BX), involucrando las proporciones del 0.50%, 1.00% y 1.50% con relación al peso seco de la muestra ensayada, no presentan mayores cambios significativos como se detalla en la tabla 9. Esto sería debido a que el agente estabilizador, es un producto en polvo fino y necesita de agua para poder realizar el proceso de hidratación, y para este ensayo, las muestras estaban secas y el mecanismo de mezcla fue un batido en seco mecánico, en la que no se evidenció mayor cambio en el comportamiento físico que pueda percibirse a simple vista. En ese sentido, de manera análoga de la anterior muestra se clasificará como una Arena Limosa en el sistema SUCS y A – 4 (3) en el sistema AASHTO, obteniendo una descripción de regular a mala, como se detalla en la tabla 9.

Tabla 9

Resultados del análisis granulométrico de las muestras con sus respectivas dosificaciones del biopolímero xantano que corresponden a las dos calicatas.

Muestra	Granulometría		Clasificación		Descripción del suelo (AASHTO)
	% que pasa Tamiz N° 4	% que pasa Tamiz N° 200	AASHTO	SUCS	
C – 01 + 0.50% BX	100.00	49.27	A - 4 (3)	SM	REG - MALO
C – 01 + 1.00% BX	100.00	49.62	A - 4 (3)	SM	REG – MALO
C – 01 + 1.50% BX	100.00	50.15	A - 4 (3)	SM	REG – MALO
C – 02 + 0.50% BX	100.00	50.55	A - 4 (3)	SM	REG – MALO
C – 02 + 1.00% BX	100.00	50.10	A - 4 (3)	SM	REG – MALO
C – 02 + 1.50% BX	100.00	50.50	A - 4 (3)	SM	REG – MALO

4.3.3. Límites de consistencia

4.3.3.1. Límites de consistencia del suelo natural

Se presenta los resultados realizados a las muestras que corresponden a las dos calicatas del suelo en su estado natural. Para C – 01 se determinó un límite líquido de 22%, lo que indica una consistencia relativamente baja al pasar al estado líquido, y límite plástico de 19 %, con índice de plasticidad de 3. Para C – 02 se determinó que no presenta plasticidad (NP). Estos valores bajos de Índice de Plasticidad son coherentes con un suelo predominantemente areno-limoso, donde la fracción de arena reduce la plasticidad general del limo, lo que implica una menor capacidad para deformarse plásticamente sin desintegrarse, y una moderada sensibilidad a los cambios de humedad, como indica la tabla 10.

Tabla 10

Resultados de los límites de consistencia de las dos calicatas que corresponden al suelo en su estado natural.

Muestra	Descripción	Unidad	Límite líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad
C – 01	Suelo Natural	%	22	19	3
C – 02	Suelo Natural	%	NL	NP	NP

4.3.3.2. Límites de consistencia del suelo modificado con el biopolímero

Para las adiciones de xantano de 0.5%, 1.0% y 1.5% se determinó valores de LL de 42%, 48% Y 52% e IP de 24, 27 y 30, respectivamente (Tabla 11). De acuerdo a la interpretación convencional de los límites de Atterberg, estos valores de IP corresponderían a suelos de alta a muy alta plasticidad y gran capacidad de retener el agua en la estructura del suelo, lo que modificaría la clasificación del suelo natural de SM a Arena Arcillosa (SC). Sin embargo, de acuerdo con su ficha técnica el biopolímero xantano tiene la propiedad de absorber gran cantidad de agua y formar hidrogeles. Llanh,et al, (2023) en su estudio de la consistencia de suelos con goma xantano, mencionan que el límite líquido puede aumentar debido a la formación de hidrogeles. Así mismo, Nourhen, Ákos, y István (2024), señala que, en arenas limosas, la goma tiende a formar una estructura gelatinosa, entre las partículas, al combinarse con agua, y presume que este es el responsable del cambio en los límites de consistencia. Estos antecedentes sugieren que el comportamiento plástico de la muestra suelo – biopolímero está controlado por los hidrogeles formados entre las partículas del suelo y no por el propio comportamiento del suelo. Por lo tanto, en esta investigación, los valores obtenidos no serán considerados para la clasificación, de la mezcla suelo –biopolímero, con los sistemas de SUCS y ASHTTO.

Tabla 11

Resultados de los límites de consistencia para todas las muestras modificadas con el biopolímero xantano.

Muestra	Descripción	Unidad	Límite líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad
C – 01	SN + 0.50% BX	%	42	18	24
C – 01	SN + 1.00% BX	%	48	21	27
C – 01	SN + 1.50% BX	%	52	22	30
C – 02	SN + 0.50% BX	%	43	18	25
C – 02	SN + 1.00% BX	%	49	23	26
C – 02	SN + 1.50% BX	%	54	22	32

Tras un análisis exhaustivo sobre las dos calicatas C – 01 y C – 02, respecto a sus propiedades físicas; contenido de humedad, granulometría y límites de consistencia evaluadas respecto al suelo en su estado natural, y analizando la similitud de los resultados, se logró presumir una conclusión anticipada de que ambas calicatas, presentan el mismo suelo de evaluación, esta conclusión estaría respaldada en el punto de la zona de estudio, debido a que es un talud donde no presenta una extensión considerable para su evaluación y los puntos de geolocalización de las calicatas difieren de 5 metros aproximadamente, según la elección basada en los criterios de investigación. En ese sentido para realizar los siguientes ensayos especiales, se tomará en cuenta la cantidad total de la muestra que corresponde a la calicata C – 01, y poder determinar el comportamiento con sus diferentes modificaciones y días de periodo de tiempo de reposo.

4.3.4. Peso unitario

Se ilustra la variación del peso unitario de la mezcla de suelo con diferentes porcentajes de adición de biopolímero xantano (BX). Se observa una tendencia inicial de incremento en el peso unitario a medida que se incorpora el biopolímero, pasando de un valor de 18.96 kN/m³ para el suelo sin aditivo (0.00% BX) a 19.05 kN/m³ con

0.50% de BX, y alcanzando un valor máximo de 20.10 kN/m³ con 1.00% de BX. Sin embargo, al aumentar la concentración a 1.50% de BX, el peso unitario de la mezcla experimenta un ligero descenso, situándose en 19.00 kN/m³. Esta evolución sugiere que existe una concentración óptima de biopolímero (alrededor del 1.00% en este caso) que favorece la densificación de la mezcla, mientras que adiciones superiores podrían generar un efecto negativo, posiblemente debido a una sobresaturación o alteración de la estructura del suelo que dificulta una mayor compactación, como indica la tabla 12 y figura 39.

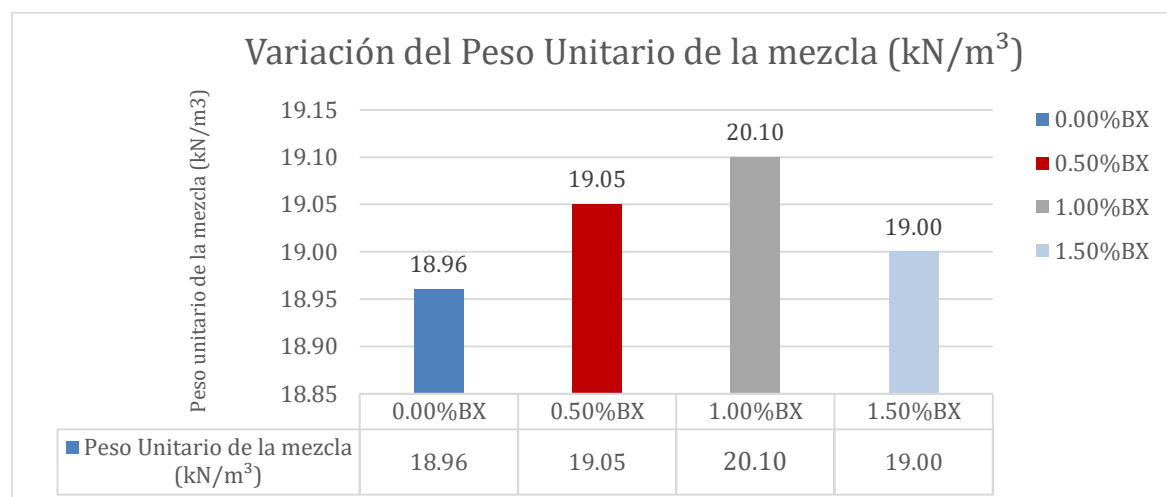
Tabla 12

Resultados del peso unitario para el suelo en su estado natural y todas las muestras modificadas con el biopolímero xantano.

Parámetro	0.00%BX	0.50%BX	1.00%BX	1.50%BX
Peso Unitario de la mezcla (kN/m ³)	18.960	19.050	20.100	19.000

Figura 42

Representación gráfica de la variación del peso unitario de las mezclas del suelo con el biopolímero xantano



4.3.5. Pruebas de compactación de Proctor Estándar

Se presenta los resultados de pruebas de compactación Proctor Estándar para muestras de suelo natural (SN) con diferentes porcentajes de adición de BX. Se observa una tendencia inicial de mejora en la máxima densidad seca a medida que se incorpora el biopolímero, pasando de 1.970 gr/cm³ para el suelo sin aditivo a un valor pico de 2.043 gr/m³ con 1.00% de BX. Esta densificación se acompaña de un incremento gradual en el contenido de humedad óptima, lo que sugiere que el biopolímero altera la interacción entre las partículas de suelo y el agua, requiriendo más humedad para alcanzar la máxima compactación. Sin embargo, al aumentar la adición a 1.50% de BX, la máxima densidad seca disminuye ligeramente a 1.978 gr/cm³, indicando que existe una concentración óptima del aditivo más allá de la cual su beneficio en la densificación del suelo puede reducirse, como indica la tabla 13 y figura 43.

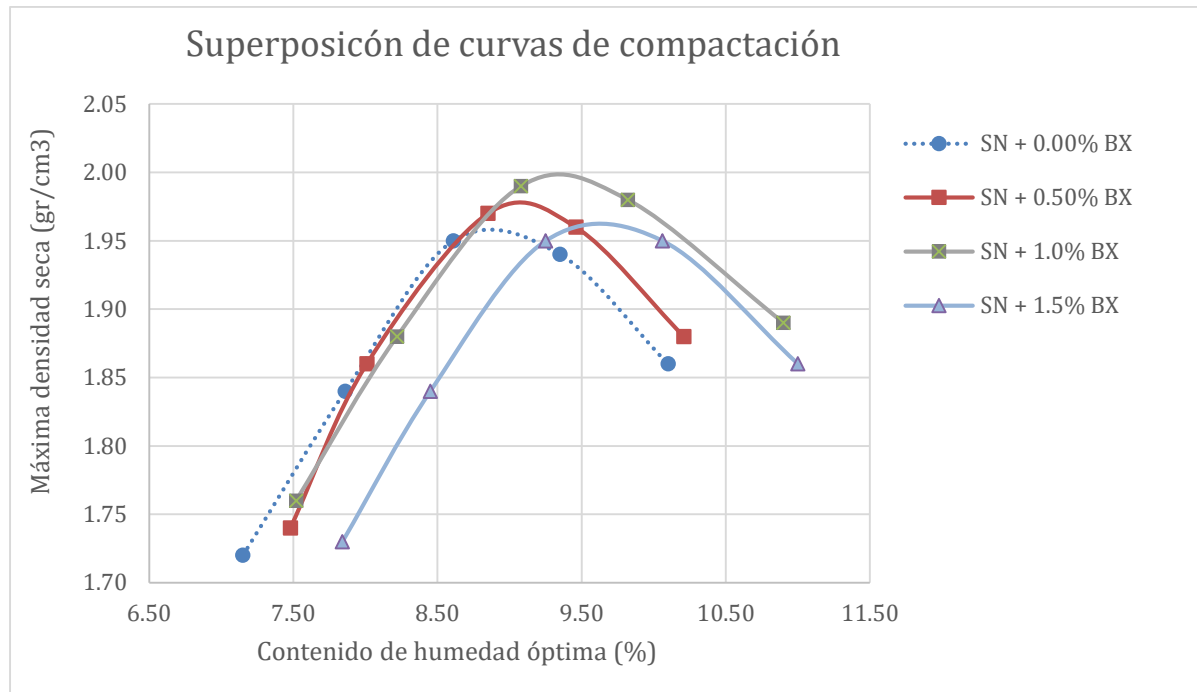
Tabla 13

Resultados de la prueba de compactación con sus dosificaciones de biopolímero xantano.

Descripción	Máxima densidad seca (gr/cm ³)	Contenido de humedad óptima (%)
SN + 0.00% BX	1.970	8.759
SN + 0.50% BX	2.011	9.584
SN + 1.00% BX	2.043	9.946
SN + 1.50% BX	1.978	9.586

Figura 43

Representación gráfica de la superposición de curvas de compactación de las dosificaciones del biopolímero xantano, respecto a la muestra natural.



4.3.6. Permeabilidad de carga constante

Se presenta los resultados de permeabilidad para el suelo natural y muestras modificadas con biopolímero xantano, considerando periodos de reposo de 7 y 14 días. El hallazgo más importante es la reducción drástica de la permeabilidad al añadir xantano, pasando de valores en el orden de 10^{-7} m/s para el suelo natural a valores de rangos de 10^{-8} m/s y cerca de 10^{-9} m/s, con la adición del biopolímero. Específicamente, el suelo natural (0.00% BX) muestra una permeabilidad de aproximadamente 1.2×10^{-7} m/s. Con 0.50% de xantano, la permeabilidad disminuye a alrededor de 8×10^{-8} m/s después de 7 días y a 8×10^{-8} m/s después de 14 días. Para 1.00% de xantano, los valores son ligeramente inferiores, alrededor de $7-8 \times 10^{-8}$ m/s. Además, con 1.50% de xantano, la permeabilidad se mantiene en un

rango similar al 0.50% y 1.00% (alrededor de $7-8 \times 10^{-8}$ m/s), lo que podría indicar que, a partir de cierta concentración, la mejora en la reducción de permeabilidad se estabiliza o incluso podría volverse menos eficiente en este rango, como se presenta en la tabla 14.

Tabla 14

Resultados de la permeabilidad aplicado al suelo natural y suelo modificado, respetando los días de periodo de reposo de 7 y 14 días.

Descripción	Reposo (días)	Diversos valores del gradiente hidráulico de la Permeabilidad (m/s)				
		5	10	20	30	50
SN+0.00%BX	0	1.29×10^{-7}	1.27×10^{-7}	1.26×10^{-7}	1.24×10^{-7}	1.22×10^{-7}
SN+0.50%BX	7	8.76×10^{-8}	8.63×10^{-8}	8.51×10^{-8}	8.59×10^{-8}	8.49×10^{-8}
	14	8.06×10^{-8}	7.98×10^{-8}	7.95×10^{-8}	7.91×10^{-8}	8.11×10^{-8}
SN+1.00%BX	7	8.19×10^{-8}	7.95×10^{-8}	8.13×10^{-8}	7.94×10^{-8}	7.91×10^{-8}
	14	7.59×10^{-8}	7.55×10^{-8}	7.68×10^{-8}	7.73×10^{-8}	7.59×10^{-8}
SN+1.50%BX	7	8.33×10^{-8}	8.05×10^{-8}	8.32×10^{-8}	8.16×10^{-8}	8.25×10^{-8}
	14	7.68×10^{-8}	7.71×10^{-8}	7.73×10^{-8}	7.84×10^{-8}	7.66×10^{-8}

Se presenta el resumen general, expresado en gráfico de barras, de la totalidad de las muestras ensayadas; desde la muestra natural hasta las que están modificadas con el biopolímero xantano, así como también utilizando los días de periodo de reposo (DPR) de 7 y 14 días, como indica la figura 44 y 45.

Figura 44

Representación gráfica del resumen de los valores de la permeabilidad de los especímenes ensayados con 7 días de periodo de reposo.

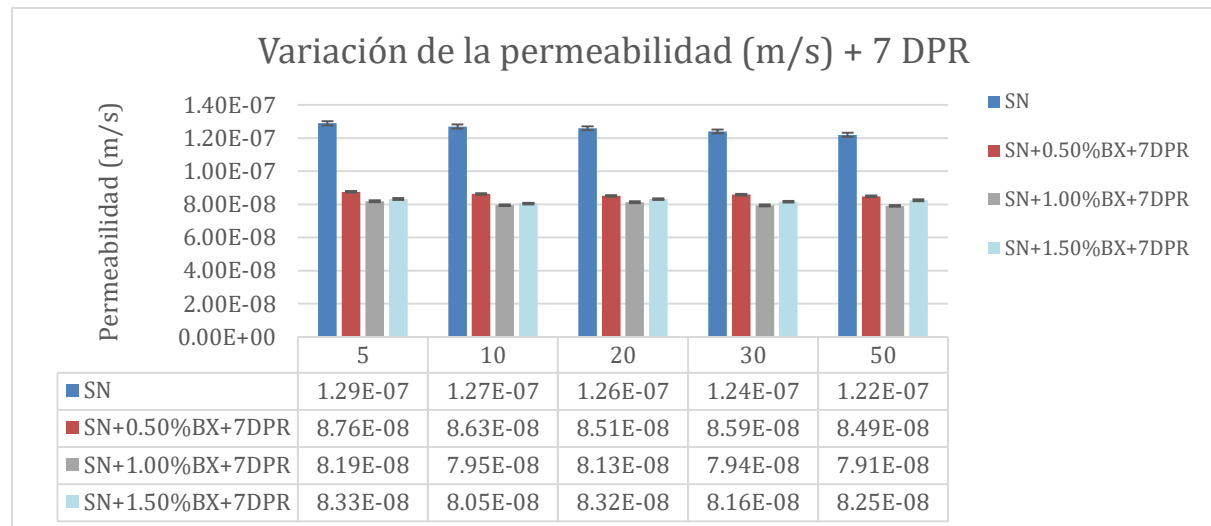
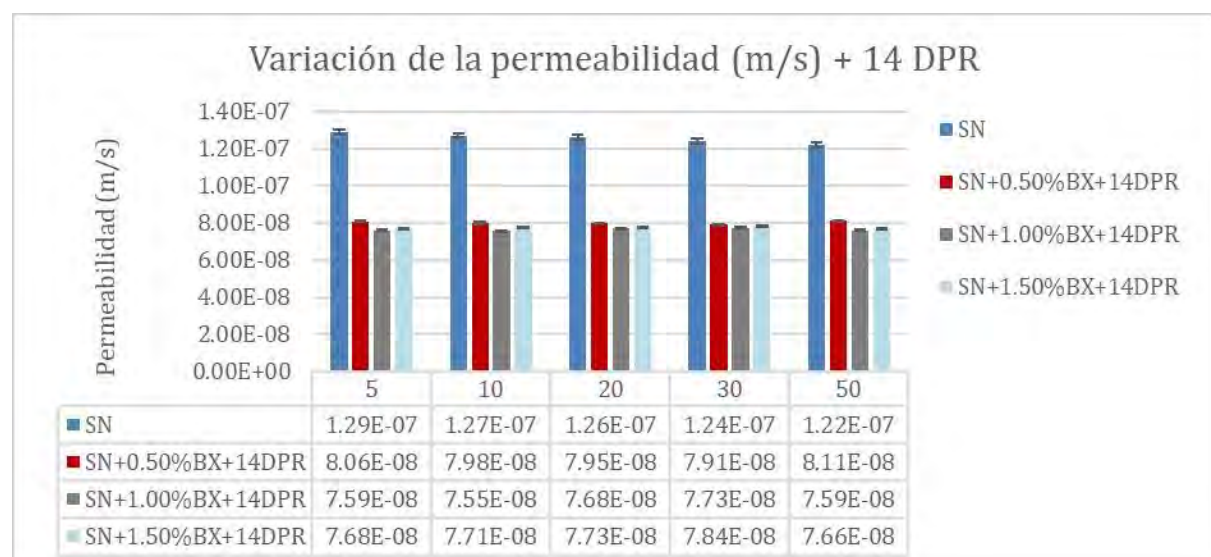


Figura 45

Representación gráfica del resumen de los valores de la permeabilidad de los especímenes ensayados con 14 días de periodo de reposo.



4.4. RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECIFICO 3

Para cumplir con el objetivo específico 3; evaluar en qué medida influye el biopolímero xantano en el corte directo, para la estabilidad de un talud en suelo areno limoso, se realizó el ensayo de corte directo del suelo natural y con las adiciones del biopolímero al 0.5%, 1.0% y 1.5%, respetando los 7 y 14 días de periodo de reposo.

4.4.1. Corte Directo

4.4.1.1. Corte directo de la muestra natural

Se detalla los resultados del ensayo de corte directo para una muestra de suelo natural (SN). Los parámetros de resistencia obtenidos son una cohesión de 17.37 kPa y un ángulo de fricción de 28.81°. Estos valores representan la resistencia intrínseca del suelo al esfuerzo cortante. Complementariamente, se muestran los esfuerzos de corte máximos alcanzados en tres ensayos progresivos: 30.00 kPa para el Ensayo 1, 46.13 kPa para el Ensayo 2, y 70.81 kPa para el Ensayo 3. La progresión de los esfuerzos de corte aplicados en cada ensayo es consistente con el aumento de la carga normal, permitiendo así la determinación de los parámetros de cohesión y ángulo de fricción mediante la envolvente de falla de Mohr-Coulomb, como indica la tabla 15.

Tabla 15

Resultados del corte directo de la muestra de suelo natural.

Muestra	Descripción	Unidad	Resultado
SN	Cohesión	kPa	17.37
SN	Ángulo de fricción	°	28.81
	Esfuerzos de corte		
SN	Ensayo 1	kPa	30.00
SN	Ensayo 2	kPa	46.13
SN	Ensayo 3	kPa	70.81

4.4.1.2. Corte directo de las muestras con el biopolímero xantano a los 7 días de periodo de reposo

Se presentan los resultados del ensayo de corte directo para muestras de suelo natural modificadas con diferentes concentraciones de biopolímero xantano (BX) después de 7 días de reposo. Al comparar estos datos con los del suelo natural previo, se observa una mejora general en la cohesión: pasando de 17.37 kPa para el suelo sin aditivo, la cohesión aumenta progresivamente a 21.46 kPa con 0.50% de BX, a 23.73 kPa con 1.50% de BX, y alcanza su valor máximo de 24.42 kPa con 1.00% de BX. Esta tendencia indica que el biopolímero actúa eficazmente como agente cementante, incrementando la unión entre las partículas del suelo. Por otro lado, el ángulo de fricción interna, que en el suelo natural fue de 28.81°, muestra variaciones más sutiles en las muestras tratadas: asciende a 30.50° con 0.50% de BX y a 32.16° con 1.00% de BX, pero luego disminuye ligeramente a 30.83° con 1.50% de BX. Esto sugiere que, si bien la cohesión es directamente potenciada por el xantano, la resistencia por fricción interparticular se mantiene relativamente estable o presenta variaciones menores dentro del rango evaluado de concentración del aditivo, como indica la tabla 16.

Tabla 16

Resultados de corte directo con sus dosificaciones de biopolímero xantano con 7 días de periodo de reposo.

Muestra	Descripción	Unidad	Resultado
SN + 0.50% BX + 7 DPR	Cohesión	kPa	21.46
	Fricción	°	30.50
SN + 1.00% BX + 7 DPR	Cohesión	kPa	24.42
	Fricción	°	32.16
SN + 1.50% BX + 7 DPR	Cohesión	kPa	23.73
	Fricción	°	30.83

4.4.1.3. Corte directo de las muestras con el biopolímero xantano a los 14 días de periodo de reposo

La Tabla 17 detalla los resultados del ensayo de corte directo para muestras de suelo natural tratadas con biopolímero xantano después de 14 días de reposo, revelando una evolución en los parámetros de resistencia al corte en comparación con los 7 días de curado y el suelo sin aditivo. Se observa una mejora continua en la cohesión para las concentraciones de 0.50% y 1.00% de xantano, alcanzando 24.70 kPa y un máximo de 27.58 kPa respectivamente, superando los valores obtenidos a los 7 días y en el suelo natural. No obstante, en la concentración de 1.50% de xantano, la cohesión disminuye ligeramente a 23.72 kPa tras 14 días de reposo, en contraste con el aumento observado a los 7 días. Respecto al ángulo de fricción interna, este se mantiene relativamente estable alrededor de los 30°–32°, con un ligero incremento; 30.93 para el 0.5% BX y 32.31° para el 1.00% BX, pero una disminución a 30.09° para el 1.50% de BX a los 14 DPR, respecto de las muestras de 7 DPR. Estos resultados sugieren que, si bien el biopolímero generalmente mejora la cohesión, existe una concentración óptima y un tiempo de curado donde los beneficios son máximos, y concentraciones más altas podrían no mantener la misma tendencia de mejora continua en todos los parámetros de resistencia (Tabla 17).

Tabla 17

Resultados de corte directo con sus dosificaciones de biopolímero xantano con 14 días de periodo de reposo.

Muestra	Descripción	Unidad	Resultado
SN + 0.50% BX + 14 DPR	Cohesión	kPa	24.70
	Fricción	°	30.93
SN + 1.00% BX + 14 DPR	Cohesión	kPa	27.58
	Fricción	°	32.31
SN + 1.50% BX + 14 DPR	Cohesión	kPa	23.72
	Fricción	°	30.09

Se presenta el resumen general, expresado en gráfico de barras, de la totalidad de las muestras enyesadas; desde la muestra natural hasta las que están modificadas con el biopolímero xantano, así como también utilizando los días de periodo de reposo (DPR) de 7 y 14 días, como indica la figura 46 y 47.

Figura 46

Representación gráfica del resumen de los valores de la cohesión de todas las muestras ensayadas incluyendo sus días de periodo de reposo de 7 y 14 días.

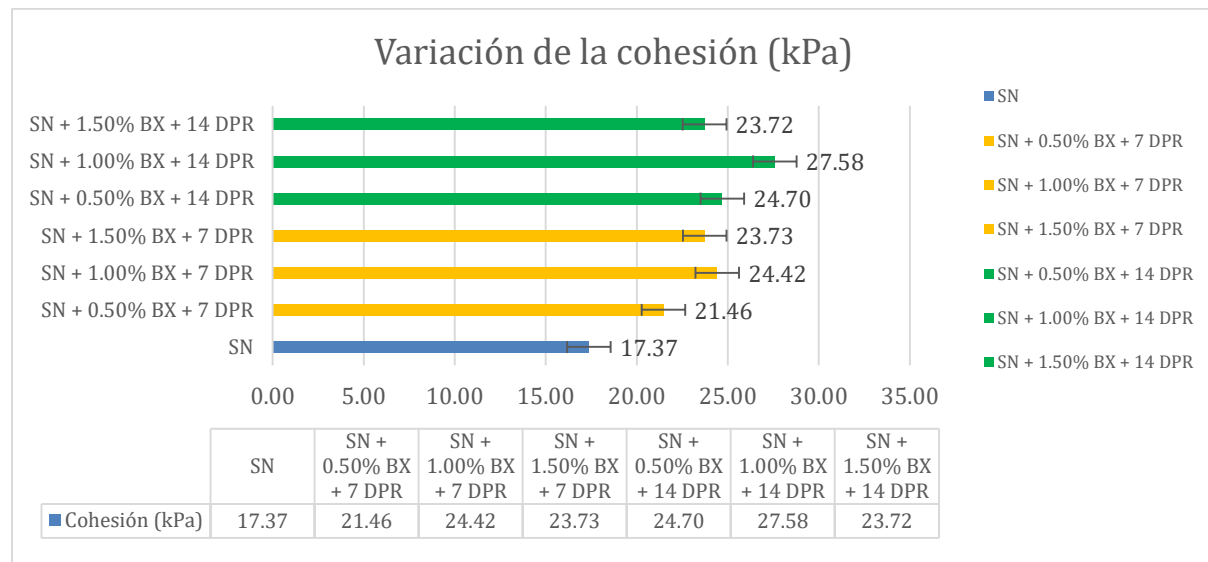
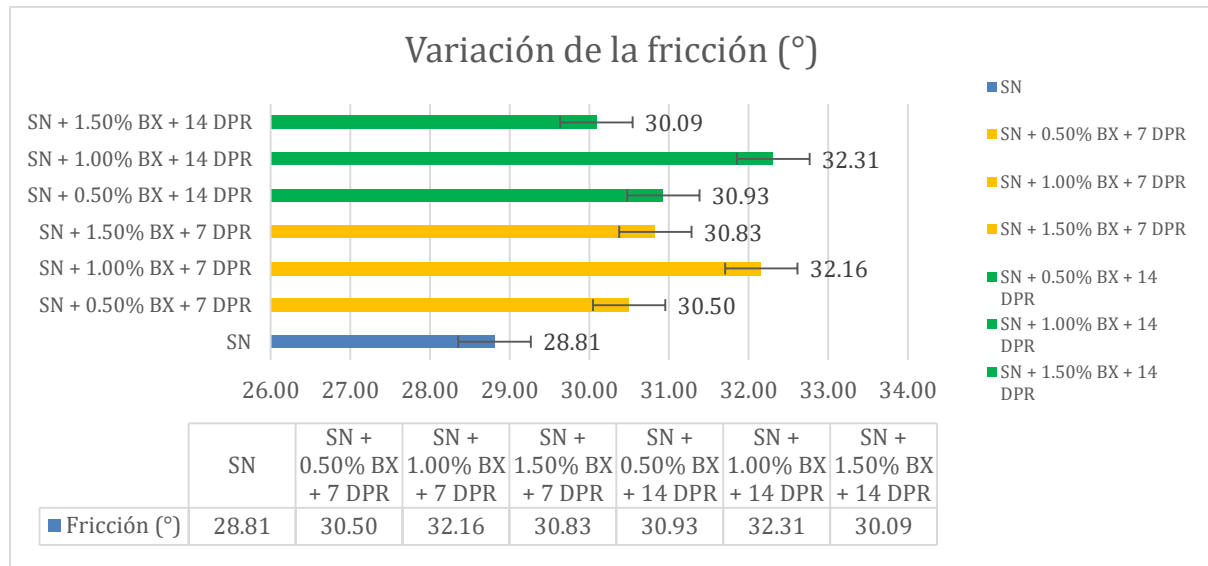


Figura 47

Representación gráfica del resumen de los valores de la fricción de todas las muestras ensayadas incluyendo sus días de periodo de reposo de 7 y 14 días.



4.5. RESULTADOS DE OBJETIVO ESPECIFICO 4

Para el objetivo específico 4 de modelar un talud en suelo areno limoso, después de la estabilización con el biopolímero xantano, para evaluar el factor de seguridad en el software Slide 2D, se realizó el modelado en condiciones pseudoestáticas con una carga sísmica de 0.12 PGA. Se emplearon datos del perfil topográfico del terreno y los valores de cohesión, ángulo de fricción y el peso unitario del suelo natural, y con las dosificaciones del biopolímero para los 7 y 14 días de periodo de reposo.

4.5.1. Condiciones topográficas

El sector de Agua Buena presenta una topografía de talud inclinada a moderadamente escarpada, con una elevación de 3 350.00 a 3 3650.00 metros sobre el nivel del mar y con una longitud horizontal de aproximadamente 43.1 metros y una longitud vertical de 15.00 metros aproximadamente, tal como lo indica la figura 48.

Figura 48

Vista lateral del talud de la zona de estudio con un muro de contención inclinado, cerca de colapsar



Se logró identificar la zona delimitada del área de estudio, para realizar el levantamiento topográfico para el perfil del talud mediante el software Global Mapper que presenta un afloramiento de un paquete de arena limosa como material predominante en el sector de Agua Buena.

Para determinar el perfil del talud, se utilizó la herramienta Google Earth Pro, delimitando el área de estudio expresado en metros cuadrados, enmarcados mediante un polígono para exportarlo en formato KMZ, según la figura 49.

Figura 49

Delimitación del sector de Agua Buena, mediante el Google Earth Pro

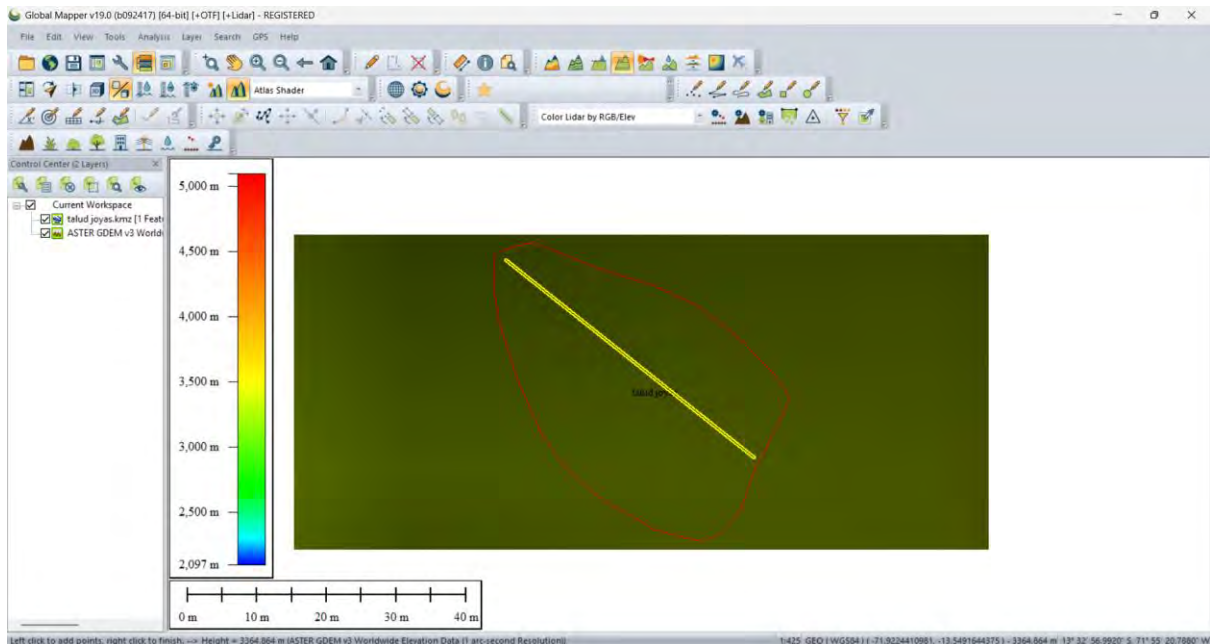


Nota. Se observa viviendas que podrían ser afectadas por la inestabilidad del talud (línea amarilla). La línea negra indica el perfil del talud inestable. Fuente: Google earth

Con el formato KMZ, se importó los datos al software especializado de Global Mapper, para trabajar con imágenes Raster que están enlazados con el satélite ASTER GDEM, de esta forma se pudo determinar la precisión del perfil del talud utilizando herramientas digitales para darle una mayor precisión, tal como lo indica la figura 50.

Figura 50

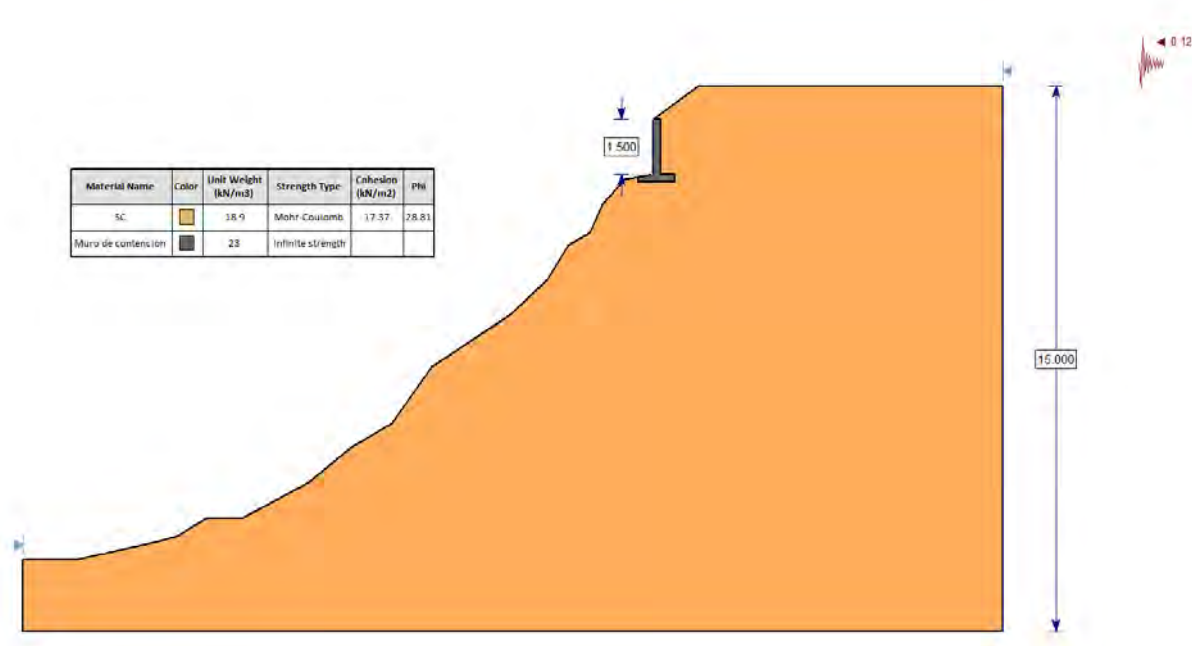
Delimitación del sector de Agua Buena, mediante el software Global Mapper



El modelado del talud en el software Slide 2D, se realizará utilizando los datos de la litología, aceleración sísmica, topografía, datos de cohesión, ángulo de fricción, y peso unitario (Figura 51). Posteriormente se reportarán los factores de seguridad para el suelo natural y las modificaciones con el biopolímero, en condiciones pseudoestáticas, como lo indica la norma E.020.

Figura 51

Perfil del talud del sector de Agua Buena, para el modelado en software Slide 2D



Nota. El elemento de sostenimiento pertenece a un muro de contención en voladizo, con una altura de 1.5 m y 0.20 m de ancho de corona.

4.5.2. Propuesta de estabilización del talud en suelo areno limoso

4.5.2.1. Método de reemplazo de material

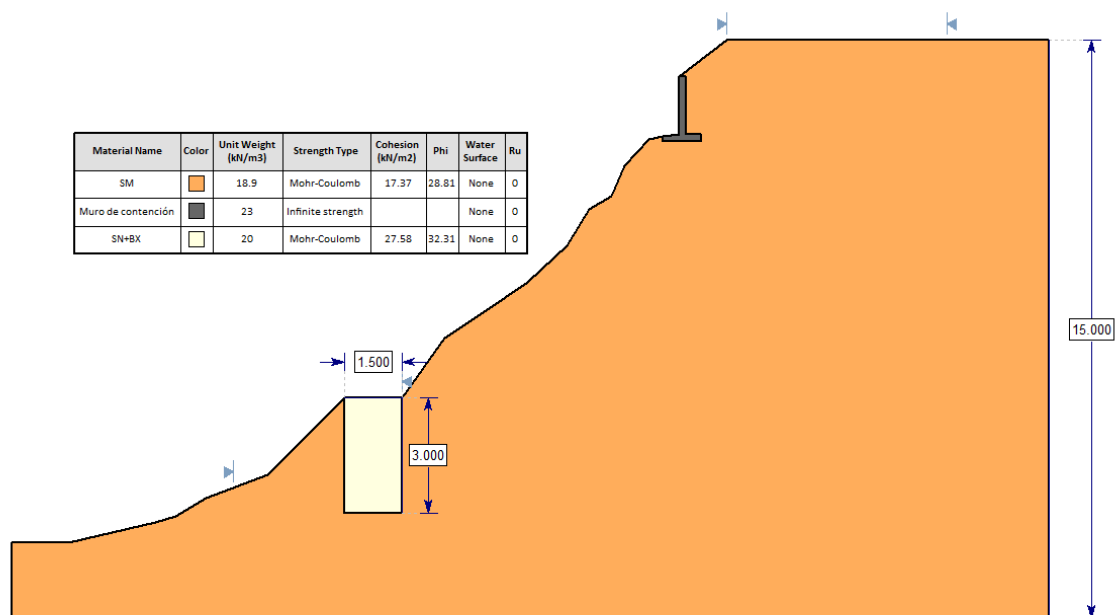
Para la estabilización del talud en suelo areno limoso se realizará mediante el método de remplazo del suelo natural con el suelo tratado con el biopolímero xantano. La propuesta consiste en excavar una zanja a lo largo del pie del talud de 1.5 metros de ancho y 3 metros de profundidad (Figura 52) el cual será relleno con la mezcla de SN+BX, con su humedad óptima, en capas de 20 cm mediante la compactación mecánica (compactador tipo canguro u otros). El grado de compactación deberá alcanzar la máxima densidad seca obtenida en el ensayo de Proctor estándar. Este procedimiento permitirá mejorar las propiedades mecánicas del SN+BX, incrementando la cohesión y el ángulo de fricción.

La columna de material compactado actuará como un elemento de contención (similar al muro de contención), aumentando el factor de seguridad global del talud.

El cálculo del factor de seguridad para la mezcla del suelo natural con incorporaciones del biopolímero xantano (0.50%, 1.00% y 1.50%), se realizará con el nuevo perfil que se plantea:

Figura 52

Perfil del talud del con la propuesta de estabilización



Nota. El muro de contención se está considerando como elemento de esfuerzo infinito. La densidad se pre dimensionó con la fuerza de compresión del concreto ($f'_c=240 \text{ kg/cm}^3$).

4.5.2.2. Método de inyección de biopolímero

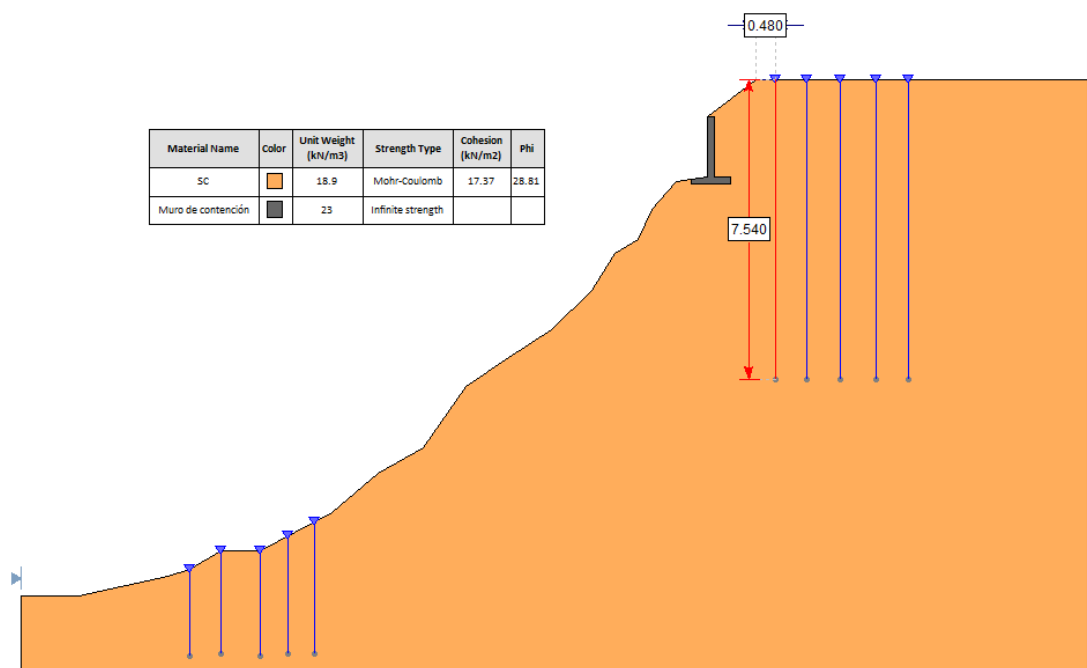
Como una alternativa de aplicación del biopolímero para la estabilización del talud, se plantea el método de inyección por impregnación. Este método consiste en inyectar un fluido al suelo, para que ocupe los espacios vacíos entre las partículas del

suelo, y con el tiempo este mejore las propiedades mecánicas del suelo y la permeabilidad sin alterar su estructura y volumen del suelo (Ovando, 2011). En la actualidad tiene gran aceptación en la ingeniería, como un método para mejorar las propiedades geotécnicas del suelo (Aronés, 2017). Aronés, 2017, recomienda realizar la inyección a 20 o 30 cm de espaciado, mediante perforaciones de maquinaria de rotación. La inyección se debe realizar a una presión inferior a la resistencia a la tracción más su presión de confinamiento, con el fin de evitar una fractura hidráulica del suelo (Ovando, 2011). La norma EN 12715:2020 sobre la ejecución de trabajos geotécnicos especiales para la inyección de lechada, recomienda tener un control adecuado de la presión de inyección, caudal y volumen inyectado, durante la ejecución del trabajo.

Por lo tanto, considerando el área (544 m²) y altura del talud de 15 metros, la propuesta consiste en realizar perforaciones, en la corona y pie del talud, con maquinaria rotatoria, con un espaciado de 30 cm y profundidad de 7.5 metros, y realizar la inyección de la mezcla del biopolímero con agua (pH neutro) al 1 a 1.5% de adición del BX (Figura 53). Se recomienda mantener una presión de 3 a 7 kilopondios, de manera continua e ininterrumpida, y una vez finalizada la inyección se deberá mantener la presión en los conductos de inyección, durante 30 segundos (Dirección General de Carreteras, 2001).

Figura 53

Perfil del talud del con la propuesta de estabilización mediante inyección



Nota. Se muestra un esquema de la propuesta de inyección. La línea azul indica las perforaciones para la inyección del biopolímero.

4.5.2.2. Análisis de factibilidad comparada con otros métodos tradicionales

Se presenta un análisis de precios unitarios para el "Suministro y colocación de gavión de 2.00×1.00×1.00 m", con un rendimiento optimizado de 10.30 m3/día y porcentajes de gastos generales de Mano de Obra (MO) y Equipos (EQ) del 7.5000%. El costo unitario directo total es de S/ 223.04 por m3, lo que refleja un equilibrio entre la eficiencia de la mano de obra y el costo de los materiales. La mayor proporción del costo recae en los materiales, que ascienden a S/ 130.46 (aproximadamente el 58.5% del costo directo), impulsado por la caja de gavión y la piedra mediana. La mano de obra representa el segundo componente más significativo con S/ 88.17 (aproximadamente el 39.5% del costo directo), donde la alta productividad por día

permite un costo unitario por volumen más competitivo. Finalmente, los equipos, limitados a herramientas manuales, constituyen una porción menor del costo, con S/ 4.41 (aproximadamente el 2.0% del costo directo), tal como indica la tabla 18.

En comparación con la estabilización química con el biopolímero xantano (Método de inyección), muestra un rendimiento optimizado de 18.13 m³/día y porcentajes de gastos generales de Mano de Obra (MO) y Equipos (EQ) del 7.5000%. El costo unitario directo total asciende a S/ 191.51 por m³, lo cual es un valor competitivo para este tipo de intervención. La mayor parte del costo se atribuye a los materiales, específicamente al biopolímero xantano, que representa S/ 125.00 (aproximadamente el 65.3% del costo directo total), a pesar de que su precio unitario es relativamente bajo. La mano de obra contribuye con S/ 55.25 (aproximadamente el 28.9% del costo directo), reflejando una alta eficiencia por volumen de trabajo gracias al rendimiento elevado. Finalmente, los equipos suman S/ 8.06 (aproximadamente el 4.2% del costo directo), destacando la bomba de inyección y las lanzas como elementos clave, mientras que la subpartida de agua es marginal. Esta estructura de costos enfatiza la importancia del material estabilizador y la eficiencia operativa en la viabilidad económica de la técnica., como lo indica la tabla 19.

Tabla 18

Análisis de precios unitarios para la instalación de gaviones.

SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE GAVIÓN 2.00x1.00x1.00m								
Rendimiento	10.30 m³/día	MO.	7.5000	EQ.	7.5000	Costo unitario directo	m²	S/. 223.04
Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra								
OPERARIO				hh	0.5000	0.3883	22.98	8.92
OFICIAL				hh	2.0000	1.5534	18.18	28.24
PEÓN				hh	4.0000	3.1068	16.42	51.01
								88.17
Materiales								
ALAMBRE DE AMARRE PARA GAVIONES DE 2.20mm 3 Zinc				kg		0.2500	12.45	3.11
PIEDRA MEDIANA DE 6"				m³		0.5600	51.90	29.06
CAJA DE GAVIÓN 2.0x1.0x1.0m (Zn*5%Al+PVC)				und		0.5000	196.58	98.29
								130.46
Equipos								
HERRAMIENTAS MANUALES				%MO		5.0000	88.17	4.41
								4.41

Tabla 19

Análisis de precios unitarios para la estabilización química utilizando el método de inyección para el biopolímero xantano.

ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON EL BIOPOLÍMERO XANTANO (MÉTODO DE INYECCIÓN)								
Rendimiento	18.13 m ³ /día	MO.	7.5000	EQ.	7.5000	Costo unitario directo	m ²	S/. 191.51
Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra								
CAPATAZ				hh	0.5000	0.2206	29.76	6.56
OPERARIO				hh	1.0000	0.4412	22.98	10.14
OFICIAL				hh	3.0000	1.3238	18.18	24.06
PEÓN				hh	2.0000	0.8825	16.42	14.49
								55.25
Materiales								
BIOPOLÍMERO XANTANO				kg		10.0000	12.50	125.00
								125.00
Equipos								
HERRAMIENTAS				%MO		5.0000	55.25	2.76
BOMBA DE INYECCIÓN (con mezclador)				hm	0.1000	0.0441	50.00	2.21
LANZAS DE INYECCIÓN (alquiler/desgaste)				hm	0.2000	0.0883	20.00	1.77
CISTERNA DE AGUA (para suministro)				hm	0.1000	0.0441	30.00	1.32
								8.06
Subpartidas								
AGUA PARA PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN				m ³		0.2000	16.00	3.20
								3.20

4.5.2. Factor de seguridad mediante el Slide 2D

Se presenta los factores de seguridad calculados para un talud areno limoso de suelo natural (SN) y mezclas con biopolímero BX en diferentes concentraciones (0.50%, 1.00%, 1.50%) y periodos de reposo (0, 7 y 14 días), bajo una carga sísmica constante de 0.12 PGA, utilizando los métodos de Fellenius, Bishop, Janbu y Spencer. Se observa que el suelo natural sin aditivo presenta factores de seguridad cercanos o ligeramente por debajo de la unidad (0.97 a 1.05), indicando una condición de estabilidad crítica o inestable. Sin embargo, la adición de biopolímero BX mejora

consistentemente la estabilidad del talud, con un aumento notable en los factores de seguridad en todas las concentraciones y, de manera más elevada, con el incremento del tiempo de reposo. Específicamente, la concentración de 1.00% BX a 14 días de reposo exhibe los factores de seguridad más altos (1.26 a 1.34), sugiriendo una dosificación óptima y un tiempo de curado que maximizan la estabilidad. No obstante, un aumento adicional a 1.50% BX muestra una ligera disminución en los factores de seguridad, lo que podría indicar una saturación o un efecto negativo en concentraciones más elevadas, como indica la tabla 20.

Tabla 20

Resultados del factor de seguridad, aplicado al suelo natural y suelo modificado, respetando los días de periodo de reposo de 7 y 14 días.

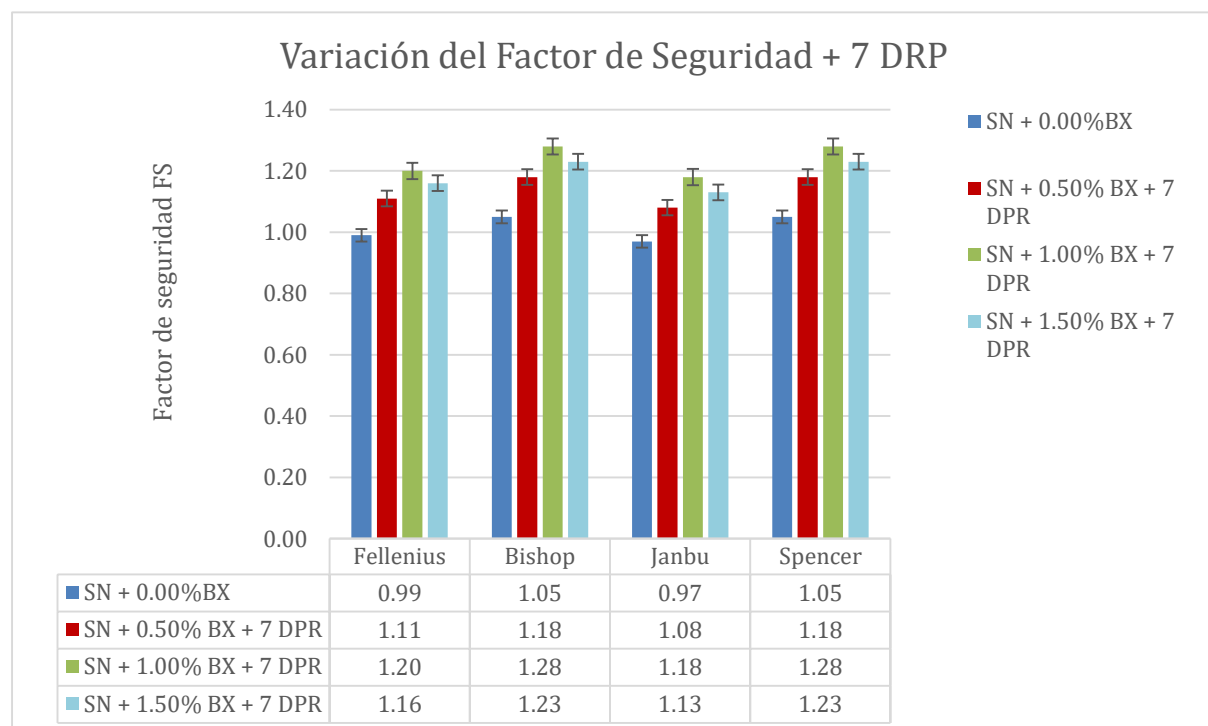
Descripción	Días de periodo de reposo (DRP)	Factor de seguridad (Métodos)				Carga sísmica (PGA)
		Fellenius	Bishop	Janbu	Spencer	
SN+0.00% BX	0	0.99	1.05	0.97	1.05	0.12
SN+0.50%BX	7	1.11	1.18	1.08	1.18	0.12
	14	1.18	1.26	1.15	1.25	0.12
SN+1.00%BX	7	1.20	1.28	1.18	1.28	0.12
	14	1.26	1.34	1.23	1.34	0.12
SN+1.50%BX	7	1.16	1.23	1.13	1.23	0.12
	14	1.13	1.20	1.10	1.18	0.12

Se presentan la variación del Factor de Seguridad (FS) para un talud de suelo natural (SN) y mezclas con biopolímero BX en diferentes concentraciones (0.00%, 0.50%, 1.00%, 1.50%), todas evaluadas tras 7 días de periodo de reposo (7 DPR), utilizando los métodos de Fellenius, Bishop, Janbu y Spencer. Se observa consistentemente que la adición de biopolímero mejora la estabilidad del talud, con un incremento notable en el FS en comparación con el suelo natural (SN + 0.00% BX), que muestra valores cercanos o ligeramente por debajo de 1.00. La tendencia

general indica que el FS aumenta con la concentración de BX hasta el 1.00%, donde se alcanzan los valores más altos (por ejemplo; 1.20 con Fellenius, 1.28 con Bishop, 1.18 con Janbu y 1.28 con Spencer), sugiriendo una dosificación óptima en este punto. Sin embargo, al incrementar la concentración a 1.50% BX, se percibe una ligera disminución en el FS (por ejemplo; 1.16 con Fellenius), lo que podría indicar un efecto de saturación o una eficiencia reducida del aditivo en dosis superiores, como indica la figura 54.

Figura 54

Representación gráfica del resumen de los valores del factor de seguridad de los especímenes ensayados con 7 días de periodo de reposo.

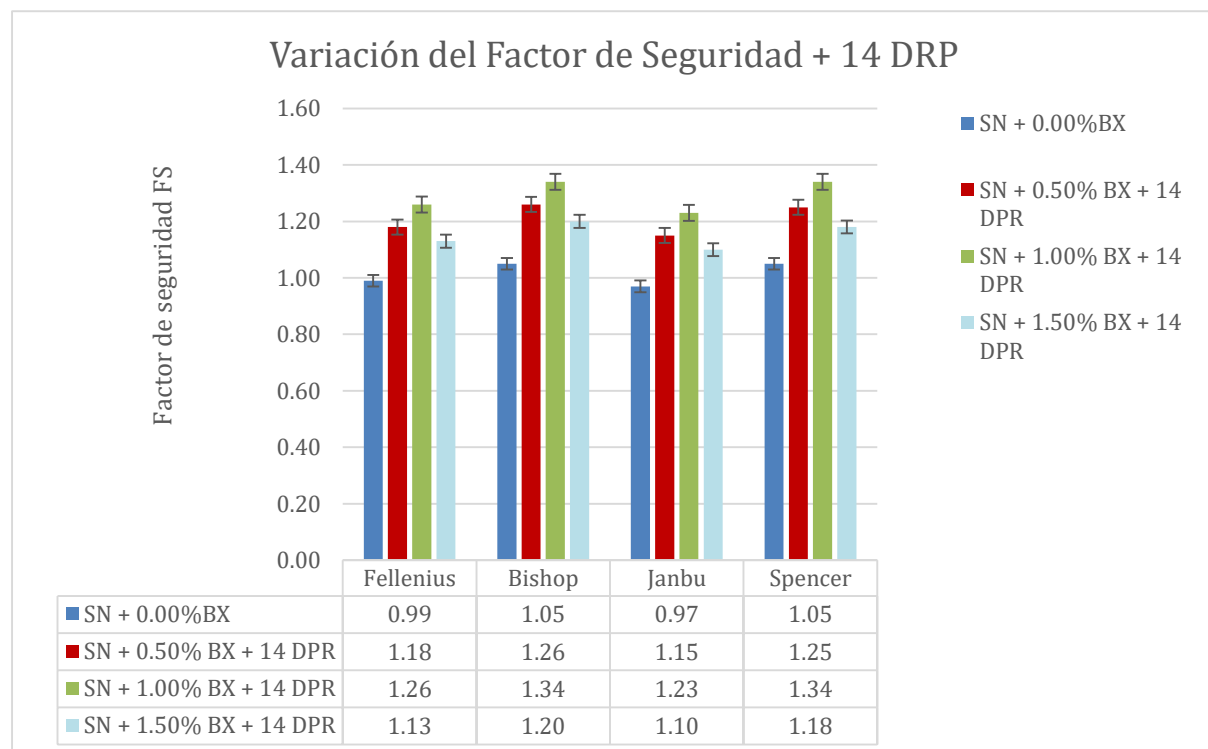


Se presenta la variación del Factor de Seguridad (FS) para un talud de suelo natural (SN) y mezclas con biopolímero BX en diversas concentraciones (0.00%, 0.50%, 1.00%, 1.50%), todas evaluadas tras 14 días de periodo de reposo (14 DPR), utilizando los métodos de Fellenius, Bishop, Janbu y Spencer. Se observa que la

adición de biopolímero mejora consistentemente la estabilidad del talud, con un incremento notable en el FS en comparación con el suelo natural (SN + 0.00% BX), que muestra valores cercanos a 1.00. La tendencia general indica que el FS aumenta con la concentración de BX hasta el 1.00%, donde se alcanzan los valores más altos (ej., 1.26 con Fellenius, 1.34 con Bishop, 1.23 con Janbu y 1.34 con Spencer), sugiriendo que esta dosificación es óptima para maximizar la estabilidad con un curado prolongado. Sin embargo, al incrementar la concentración a 1.50% BX, se percibe una ligera disminución en el FS (ej., 1.13 con Fellenius), lo que podría indicar un efecto de saturación o una eficiencia reducida del aditivo en dosis superiores, incluso con un mayor tiempo de curado, como indica la figura 55.

Figura 55

Representación gráfica del resumen de los valores del factor de seguridad de los especímenes ensayados con 14 días de periodo de reposo.



CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Discusión 1: Respecto al objetivo; Identificar las características geomorfológicas, geológicas y estructurales del sector de Agua Buena que condicionan la inestabilidad de un talud en suelo arenoso limoso, como base para su estabilización mediante la aplicación del biopolímero xantano. Se determinó que el talud inestable es un talud lateral de cárcava compuesta de material deluvial de arenas, limos y arcilla, poco compactos. Durante su evolución en el tiempo, estas cárcavas experimentaron procesos previos de inestabilidad (deslizamientos), erosión lateral, y rellenos con material antrópico. Así mismo, cerca de la zona de estudio existen dos fallas geológicas: Falla Cusco y Tambomachay, y que, de acuerdo con el IGP, los movimientos sísmicos ocasionadas por estas fallas, generaron licuación de suelos y deslizamientos al sur de Cusco. De acuerdo con estos resultados, en la actualidad la inestabilidad del talud está asociada principalmente a la pendiente pronunciada del talud, generada por la erosión lateral de la cárcava. Así mismo, los depósitos deluviales de la zona son suelos poco compactos, de baja cohesión y alta permeabilidad, condiciones que favorecen la infiltración del agua y reducen la resistencia al corte del suelo, lo que incrementa la inestabilidad del talud. Adicionalmente, los movimientos sísmicos generados por las fallas, es un factor condicionante de la inestabilidad del talud. Con estos resultados se valida la hipótesis planteada de que la geomorfología, geología y la geología estructural influyen en la inestabilidad del talud. Estos hallazgos concuerdan parcialmente con lo mencionado por Bustillo (2019), quien indica que una falla no influye en la estabilidad del talud, debido a que no se encuentra activo, sin embargo, concuerda que, para un adecuado modelado de la estabilidad de un talud, se debe estudiar la geomorfología, geología y estructural, como factores que influyen en la estabilidad de un talud. Como

comentario final, tanto el antecedente como el presente estudio confirman que las características geomorfológicas, geológicas y estructurales son factores clave para una adecuada identificación de la inestabilidad del talud que servirá para un modelado representativo, y que el xantano constituye una alternativa viable para la estabilización de taludes en suelos areno limosos, siempre que se ajuste su aplicación a las condiciones particulares del terreno.

Discusión 2: Respecto al objetivo; Evaluar cuál es el efecto del biopolímero xantano en las propiedades físicas para la estabilidad de un talud en suelo areno limoso en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025. Los resultados de los ensayos de laboratorio determinaron que la adición de 0.50%, 1.00% y 1.50% de biopolímero xantano (BX) no altera la granulometría del suelo, debido a que el BX es un polvo con partículas pasantes de la malla 200, por lo que no influye en los pesos retenidos en mallas menores; en cuanto a los límites de consistencia, el suelo natural (C-01) presentó un límite líquido (LL) de 22%, un límite plástico (LP) de 19% y un índice de plasticidad (IP) de 3, mientras que la C-02 se clasificó como NP (no plástico), pero tras la adición del BX en porcentajes de 0.5%, 1% y 1.5%, las muestras presentaron IP de 25, 26 y 32 respectivamente. La interpretación de estos resultados indica que el biopolímero, al entrar en contacto con el agua, tiende a formar hidrogeles entre las partículas del suelo, lo que genera un aparente incremento del índice de plasticidad. Con base en ello, se valida la hipótesis planteada, ya que la adición del biopolímero xantano al 1.0% influye de forma positiva en las propiedades físicas para la estabilidad del talud en suelo arenoso del sector Agua Buena, debido a que, sin modificar la granulometría, incrementa el IP de NP a 26, lo que aporta cohesión al suelo y mejora su capacidad para mantener la forma del talud frente a la erosión y la infiltración de agua. Estos hallazgos no respaldan lo reportado por Morales (2024),

quien determinó que con adiciones de 0.75%, 1.5% y 2.25% de biopolímero xantano y goma guar, los límites de consistencia de su muestra de suelo disminuyeron (IP de 15.51% a valores menores), lo que contrasta con el presente estudio donde el IP aumenta; esta discrepancia podría deberse a que la muestra estudiada por Morales (2024) es una arcilla de baja plasticidad (CL), la cual presenta mayores interacciones químicas entre el biopolímero y la arcilla al entrar en contacto con el agua, generando un comportamiento diferente al observado en suelos areno limosos como los de Agua Buena. Como comentario final, el biopolímero xantano modifica positivamente las propiedades físicas del suelo areno limoso al incrementar su plasticidad sin alterar la granulometría, lo que resulta beneficioso para la estabilidad del talud.

Discusión 3: Respecto al objetivo; Evaluar en qué medida influye el biopolímero xantano en el corte directo para la estabilidad de un talud en suelo areno limoso en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025. Los resultados determinaron que hay una mejora progresiva, a los 14 días de periodo de reposo, de los parámetros de resistencia al corte (cohesión y ángulo de fricción) del suelo con la adición del biopolímero hasta un 1.00%: el suelo natural presentó cohesión de 17.37 kPa y ángulo de fricción de 28.81°; con 0.5% de BX, cohesión de 24.70 kPa y ángulo de 30.93°; con 1% de BX, cohesión de 27.58 kPa y ángulo de 32.31°; y con 1.5% de BX, cohesión de 23.72 kPa y ángulo de 30.09°, observándose que la mayor mejora corresponde a la proporción del 1.00% de BX. La interpretación de estos resultados indica que el comportamiento positivo se atribuye a la formación de una matriz cohesiva que mejora la interacción entre partículas del suelo, mientras que la ligera disminución con el 1.5% podría deberse a un esponjamiento de la mezcla al día 14, probablemente por un exceso de humedad retenida o saturación del biopolímero. Con base en estos resultados, se valida la hipótesis planteada, ya que la adición del biopolímero xantano

al 1.0% influye de forma positiva en la estabilidad del talud en suelo areno limoso del sector Agua Buena, al mejorar notablemente los parámetros de resistencia al corte, demostrando que, además de influir en las propiedades físicas, el biopolímero optimiza las propiedades mecánicas clave para garantizar la estabilidad del talud. Estos hallazgos respaldan parcialmente lo reportado por Soldo y Miletic (2019), quienes mencionan que en suelos areno limosos tratados con BX al 1% se crea una fuerte interacción suelo–biopolímero donde el biopolímero rodea a las partículas del suelo, coincidiendo con la mejora observada en la cohesión y el ángulo de fricción para esa dosificación; sin embargo, el presente estudio evidencia una disminución de ambos parámetros con la dosis del 1.5%, fenómeno no reportado por dichos autores, lo que sugiere que el efecto óptimo del biopolímero está limitado a un rango de concentración y que excederlo puede generar efectos adversos asociados a la retención excesiva de humedad. Como comentario final, el biopolímero xantano al 1% mejora la resistencia al corte del suelo areno limoso, validando su uso para la estabilización de taludes en el sector Agua Buena, aunque debe evitarse sobredosificaciones que podrían comprometer la estabilidad por efectos de esponjamiento y/o saturación.

Discusión 4: Respecto al objetivo; Modelar un talud en suelo areno limoso después de la estabilización con el biopolímero xantano para evaluar el factor de seguridad en el software Slide 2D en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025. Los resultados del modelado mostraron que el factor de seguridad (FS) incrementa de 1.10 (suelo natural) a 1.34 con la adición del 1.00% de BX más 14 días de periodo de reposo (14DPR), mientras que con 0.50% BX+14DPR se obtuvo FS=1.18, y con 1.50% BX+14DPR el FS descendió a 1.20. La interpretación de estos resultados indica que el valor de FS obtenido al 1.00% de adición supera el mínimo

exigido de 1.25 por la norma CE.020 para taludes en condiciones pseudoestáticas, lo que demuestra que la técnica de estabilización es eficaz; sin embargo, con la dosificación del 1.50% el FS no alcanza dicho umbral, lo que se atribuye a la disminución de la cohesión y el ángulo de fricción observada en los ensayos de corte directo para ese porcentaje, confirmando la existencia de una dosificación óptima para este biopolímero. Con base en estos resultados, se valida la hipótesis planteada, ya que el biopolímero xantano al 1.0% influye de forma positiva en la estabilidad del talud en suelo areno limoso del sector Agua Buena, alcanzando un FS de 1.34 que supera ampliamente el mínimo normativo exigido, demostrando así su efectividad para la estabilización. Estos hallazgos respaldan lo reportado por Achanhuanco y Human (2022), quienes también identificaron una mejora óptima de los parámetros mecánicos con dosis cercanas al 1% de biopolímero xantano, y coinciden en que concentraciones superiores pueden generar efectos adversos como la retención excesiva de humedad o el esponjamiento de la mezcla, reduciendo el factor de seguridad. Como comentario final, el modelado en Slide 2D confirma que la estabilización con xantano al 1% y 14 días de reposo es técnicamente viable para alcanzar factores de seguridad superiores a los exigidos por la normativa peruana, Se recomienda esta dosificación como óptima para taludes en suelos areno limosos en el sector de Agua Buena, evitando sobredosificaciones que comprometan la estabilidad.

CONCLUSIONES

1. Se concluye que las características geomorfológicas, geológicas y estructurales del sector de Agua Buena, son factores que condicionan la estabilidad del talud, y su caracterización adecuada permite un modelado representativo del talud en suelo areno limoso, con factores de seguridad reales.
2. El estudio revela que, al incorporar el biopolímero xantano en proporciones de 0,50 %, 1,00 % y 1,50 % respecto al peso de la muestra de suelo, el índice de plasticidad (IP) aparentemente incrementa a 25, 26 y 30. El incremento de la plasticidad resulta de la formación de un gel viscoso entre las partículas del suelo, y no se debe al comportamiento natural del suelo. Sin embargo, las evidencias obtenidas en laboratorio indican que este comportamiento es beneficioso, ya que incrementa la cohesión sin disminuir su ángulo de fricción interna.
3. El tratamiento con 1,00 % de biopolímero xantano (BX) tras 14 días de curado produjo mejoras importantes en las propiedades del talud areno-limoso. La cohesión aumentó de 17,37 kPa a 27,58 kPa, mientras que el ángulo de fricción pasó de 28,81° a 32,31°. En ese sentido, estos resultados confirman que el biopolímero xantano fortalece la cohesión y la fricción interna del suelo.
4. Los resultados confirman que la adición del 1,00 % de biopolímero xantano, tras 14 días de reposo, eleva de forma notable el factor de seguridad del talud areno-limoso (de ≈ 1.0 SN, a >1.25 según Fellenius, Bishop, Janbu y Spencer bajo un PGA de 0,12), logrando garantizar de forma óptima lo exigido en la norma CE. 020 para taludes, mejorando su resistencia a deslizamientos. Por tanto, esta dosificación y tiempo de curado representan una solución técnicamente viable desde el enfoque de la ingeniería geotécnica, ya que contribuyen a la mitigación de riesgos

geodinámicos asociados a la inestabilidad de taludes y al fortalecimiento de la infraestructura en zonas con condiciones similares.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda mantener la dosificación de biopolímero xantano en un rango entre 0,50 % y 2,00 % respecto del peso seco del suelo. Por encima de este límite, la mezcla pierde trabajabilidad debido a la alta capacidad de absorción de agua del xantano, por lo que este intervalo asegura un equilibrio óptimo entre mejoría de propiedades y manejabilidad del material.
2. Se recomienda complementar el estudio con análisis microestructurales — mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) o difracción de rayos X— para caracterizar los enlaces entre partículas en la mezcla suelo–biopolímero y entender por qué, a partir de ciertas dosificaciones superiores, disminuye la eficacia del biopolímero xantano.
3. Se sugiere realizar ensayos de vida útil o de durabilidad, para determinar, a plazo largo, el comportamiento del suelo estabilizado frente a condiciones adversas de calor y frío, muy típicos de la región de Cusco.
4. Se sugiere ampliar los ensayos de laboratorio incorporando períodos de curado más prolongados (semanas o meses) para evaluar la evolución a largo plazo de las propiedades mecánicas y geotécnicas del suelo tratado con biopolímero xantano y confirmar su aplicabilidad en proyectos reales de ingeniería.
5. Se recomienda realizar ensayo de resistencia a la tracción del suelo, a partir de muestras inalteradas, para determinar la presión con que se deberá inyectar el biopolímero.
6. Se debe realizar estudios complementarios para aplicación del método de inyección por impregnación, para determinar de manera exacta el espaciado entre las perforaciones y la profundidad óptima para garantizar la estabilidad del talud.

7. Se recomienda realizar pruebas con otra variedad de suelos, que se consideran inestables, para obtener mayor certeza en su aplicación, dado que, la mayoría de las pruebas se realizaron en suelos finos.
8. Se recomienda delimitar áreas de mayor superficie, para verificar si la propuesta práctica utilizada para esta investigación sigue consignando una viabilidad técnica dentro de la ingeniería geotécnica.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Achahuanco Silva, R., & Huaman Ccorimanya, R. (2022). Uso de Xantano como material cementante suplementario de suelo cemento en la calle principal de Urpay, Quispicanchi, Cusco, 2021 [Tesis para Licenciatura, UCV]. Repositorio Institucional.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/88761>
- Anandha Kumar, S., & Ramani Sujathay, E. (2020). Investigación experimental sobre la resistencia al corte y el comportamiento de deformación de arenas arcillosas tratadas con goma xantana y goma guar. *Geomecánica e Ingeniería*, 26(2), 101-115.
<https://doi.org/10.12989/gae.2021.26.2.101>
- Arabani, M., Shalchian, M. M., & Baghbani, A. (2024). A state-of-the-art review on interactive mechanisms and multi-scale application of biopolymers (BPs) in geo-improvement and vegetation growth. *Journal of Environmental Management*, 358, 120905. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120905>
- Arévalo, G., (2025, 30 de enero). Deslizamiento en el distrito de Ollantaytambo - Cusco. Centro de Operaciones de Emergencia Regional de Cusco.
<https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2025/01/INFORME-DE-EMERGENCIA-N.%C2%BA-0093-30ENE2025-DESLIZAMIENTO-EN-EL-DISTRITO-DE-OLLANTAYTAMBO-CUSCO-1.pdf>
- Arias Gonzáles, J. L., & Covinos Gallardo, M. (2021). Diseño y metodología de la investigación. *Enfoques Consulting EIRL*, 1(1), 66-78.
- Aronés Barbarán, N. (2017). Control del contenido de cemento de inyecciones en suelo. Aplicación práctica [Tesis de máster, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo Digital UPM. <https://oa.upm.es/48642/>
- Ayala, F. J., Andreu, F., & Fe, M. (1991). *Manual de ingeniería de taludes*. Instituto Tecnológico Geominero de España.

- Badii, M. H., Castillo Rodríguez, M., Wong, A., & Villalpando, P. (2007). Diseños experimentales e investigación científica. *Innovaciones De Negocios*, 4(8), 283–330. <https://doi.org/10.29105/rinn4.8-5>
- British Standards Institution. (2020). BS EN 12715:2020. Execution of special geotechnical work – Grouting. British Standards Institution. <https://doi.org/10.3403/30344665>
- Bustillos Cotrado, J. A. (2019). Análisis bidimensional de estabilidad del talud en la falla geológica por el método de equilibrio límite de la progresiva km 37+700 al km 37+800 (Ruta Nacional PE+18A) en Pachachupán, 2018 [Tesis de título profesional, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <https://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/1774>
- Cabalar, O., & Canakci, H. (2011). Improvement of clay soil strength using xanthan gum. *Geotechnical and Geological Engineering*, 29(4), 1131-1140.
- Carlotto, V., Cárdenas, J., y Carlier, G. (2011). Geología del Cuadrángulo del Cusco 28-s - 1:50 000 INGEMMET, Boletín, Serie A: 138. Lima.
- Carmona Gallego, J. A. (2015). Reología de dispersiones acuosas de goma xantana de prestaciones avanzadas (Doctoral dissertation, Universidad de Sevilla). <https://portalinvestigacion.um.es/documentos/638802176c720410d9c8303a?lang=de>
- Centro de salud de Huacaybamba es construido en medio de una ladera. (2024, octubre 29). *Tudiarío*. <https://tudiariohuanuco.pe/actualidad/centro-de-salud-de-huacaybamba-es-construido-en-medio-de-una-ladera/>
- Cruden, D. M., 1991, A Simple definition of a landslide: Bulletin of the International Association of Engineering Geology.
- Cruz Juárez, W., & Hurtado López, C. (2013). Estudio de las características físicoquímicas y texturales de un gel de mango en forma de espagueti elaborado con la mezcla de tres biopolímeros [Tesis, UNAM]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unam.mx/>

- Chang, I., & Cho, G. C. (2012). Strengthening of Korean residual soil with β -1,3/1,6-glucan biopolymer. *Construction and Building Materials*, 30, 33-38
- Das, B. M. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (Cuarta edición ed.). Mexico: CENGAGE Learning.
- Dirección General de Carreteras. (2001). Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG-3) (2.^a ed., ampliada y corregida). Ministerio de Fomento. <https://www.arquitectosdecadiz.com/wp-content/uploads/2017/12/PG3.pdf>
- Garcia, M., Moya, J., & Cañón, J. (1998). *Manual de Estabilidad de Taludes*. Geotecnia Vial. Bogotá Instituto Nacional de Vías 1998.
- Haro Sarango, A. F., Chisag Pallmay, E. R., Ruiz Sarzosa, J. P., & Caicedo Pozo, J. E. (2024). Tipos y clasificación de las investigaciones. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 5 (2), 956 – 966. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i2.1927>
- JRA, (2025, 27 de enero). Cusco: reanudan tránsito en vía al Valle Sagrado de Los Incas afectada por deslizamientos. Agencia Peruana de Noticias - Andina. <https://andina.pe/ingles/noticia-cusco-reanudan-transito-via-al-valle-sagrado-los-incas-afectada-deslizamientos-1016450.aspx>
- Lozano Pineda, a., & Martínez Riasco, C. (2021). Revisión de las tendencias investigativas acerca de la respuesta mecánica de suelos estabilizados con biopolímeros [Tesis de grado, Universidad Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional. <https://repository.udistrital.edu.co/home>
- Méndez, A. M., Penieres Carrillo, J. G., & Ortega Jiménez, F. (2023). Solubilidad. https://ru.cuautitlan.unam.mx/bitstream/123456789/299/1/FESC_Q_2023_07.pdf
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2012). Norma CE.020: Estabilización de suelos y taludes. En Reglamento Nacional de Edificaciones. <https://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2012/Noviembre/09/DS-017-2012-VIVIENDA.pdf>

Morales Bautista, N. R. (2024). Estabilización de suelo cohesivo de la subrasante en la avenida Yuracoto, mediante goma guar-xantana, Caraz, Ancash, 2023.

NTP 339.128. (1999). Suelos. Método de ensayo para el análisis granulométrico. Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

NTP 339.129. (2019). Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

NTP 339.139. (2019). Suelos. Determinación del peso unitario de muestras irregulares mediante el método de la parafina. Instituto nacional de calidad (INACAL).

NTP 339.142. (2019). Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía estándar ($600 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}^3$). Instituto nacional de calidad (INACAL).

NTP 339.147. (2019). Suelos. Método de ensayo de permeabilidad de suelos granulares (carga constante). Instituto nacional de calidad (INACAL).

NTP 339.171. (2017). *Suelos. Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas no drenadas*. Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

NTP. (2002). CE-020 Estabilización de Suelos y Taludes.

Norma Técnica E. 030 (2018). "Diseño Sismorresistente". Reglamento Nacional de Edificaciones.

Oregon Chem Group S.A.C. (s.f). Ficha técnica de goma guar.
<https://oregonchem.com/files-oregon/uploads/ft/2ea80181480fd93681affbef6001d3b6.pdf>

Ovando Pineda, H. A. (2011). Inyección de suelo por medio de la técnica de Jet Grouting [Trabajo de graduación para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Biblioteca Facultad de Ingeniería,

- Proyecto multinacional andino: Geociencias para las comunidades andinas. 2007. *Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas*. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, no. 4
- Retuerto Vergara, G., & Gonzales Jurado, A. (2022). *Incremento de la capacidad de soporte de los suelos nestables de la Av. Naranjal en San Martín de Porres - Lima, mediante estabilización con biopolímero Lignina [Tesis de Licenciatura, UPC]*. Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/10757/660232>
- Rodriguez-Gomez, D., LÓPEZ-RAMÍREZ, V., ALPIZAR-NEGRETTE, A., & CALIXTO-OLALDE, M. E. (2020). Biopolímeros: de principio a fin. *Mujeres en la Ciencia Biología*, ECORFAN, 107-129.
- SIGRID. (2023). Censo de población y vivienda en zonas de riesgo. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/>
- Soldo, A., & Miletic, M., (2022). Durabilidad frente a ciclos de humectación-secado de suelos sostenibles tratados con biopolímeros. *Editora Académica: Magdalena Czemińska*, 14(19), 4247. <https://doi.org/10.3390/polym14194247>
- Soldo, A., Miletic, M., (2019). Estudio de la resistencia al corte de suelos modificados con goma xantana. *Sustainability* 2019, 11(21), 6142. <https://doi.org/10.3390/su11216142>
- Suárez Díaz, J. (2009). *Deslizamientos: Análisis geotécnico*. División de Publicaciones UIS, 2009.
- Sujatha, E. R., Sivaraman, S., & Subramani, A. K. (2020). Impact of hydration and gelling properties of guar gum on the mechanism of soil modification. *Arabian Journal of Geosciences*, 13, 1-12.

- Valiente Sanz, R., Sobrecases Martí, S., & Díaz Orrego, A. (2016). Estabilidad taludes, conceptos básicos, parámetros de diseño y métodos de cálculo. *Revista civilizate*, (7), 50-54.
- Valverde, J., (2025, 30 de enero). *Deslizamiento en el distrito de Tambopata - Madre de Dios*. Dirección Desconcentrada del INDECI Madre de Dios, Municipalidad Provincial de Tambopata. <https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2025/01/REPORTE-COMPLEMENTARIO-N.%C2%BA-1268-30ENE2025-DESLIZAMIENTO-EN-EL-DISTRITO-DE-TAMBOPATA-MADRE-DE-DIOS-1.pdf>
- Vilchez, M., Ochoa, M., y Pari, W. (2019). Peligro geológico en la región Ayacucho. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 70.
- Villalta Vergara, J., & Chang Bernal, E. (2020). *Estudio experimental de las propiedades físicas, mecánicas y de resistencia de suelos arcillosos mediante el uso de puzolana natural, polvo de ladrillo y goma guar en San Cristóbal-Huancavelica [Tesis para Licenciatura, UPC]*. Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/10757/653987>

ANEXOS

Anexo 01. MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
TESIS: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025.						
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	METODOLOGÍA
¿Con qué porcentaje óptimo, el biopolímero xantano estabiliza un talud en suelo areno limoso, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025?	Determinar el porcentaje óptimo del biopolímero xantano, para la estabilización de un talud en suelo areno limoso, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025.	El porcentaje óptimo del 1.0% del biopolímero xantano, estabiliza un talud en suelo areno limoso, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025.	Variable Independiente: BIOPOLÍMERO XANTANO (BX)	Viscosidad Tamaño de las partículas del biopolímero Entrelazamiento de partículas Solución con agua	0.00% BX (Adición)	Tipo de Investigación: Por el enfoque: Cuantitativo Por su aplicación: Aplicada
					0.50% BX (Adición)	
					1.00% BX (Adición)	Diseño de la Investigación: Experimental
					1.50% BX (Adición)	Población: Zona afectada por el talud inestable
PROBLEMAS ESPECÍFCOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPÓTESIS ESPECIFICAS				
¿Cómo influyen las características geomorfológicas, geológicas y estructurales del sector de Agua Buena en la inestabilidad de un talud en suelo arenoso limoso, para la aplicación del biopolímero xantano?	Identificar las características geomorfológicas, geológicas y estructurales del sector de Agua Buena que condicionan la inestabilidad de un talud en suelo arenoso limoso, como base para su estabilización mediante la aplicación del biopolímero xantano.	Las características geomorfológicas (pendiente, relieve y topografía), geológicas (litología) y estructurales (fallas) del sector de Agua Buena influyen en la inestabilidad del talud en suelo arenoso limoso, lo que es relevante para la evaluación de su estabilización con el biopolímero xantano.	Variable Dependiente: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO	IDENTIFICACIÓN GEOLÓGICA	Geomorfología	Muestra: El tamaño de la muestra que se extraerá es de 60 kilogramos aproximadamente, separadas en 4 submuestras de 15 kilogramos cada una.
					Geología	
					Geología Estructural	
¿Cuál es el efecto que tendrá el uso del biopolímero xantano, en las propiedades físicas para la estabilización de un talud en suelo areno limoso, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025?	Evaluar cuál es el efecto del biopolímero xantano en las propiedades físicas, para la estabilidad de un talud en suelo areno limoso, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025.	El biopolímero xantano influye de forma positiva al 1.0% de adición, en las propiedades físicas; granulometría, límites de consistencia, peso unitario para la estabilización de un talud en suelo areno limoso, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025.		CARACTERIZACIÓN DEL SUELO	Contenido de Humedad	Instrumento: Ensayos de laboratorio (Corte Directo, Límites de Atterberg, Análisis Granulométrico, Contenido de humedad, Permeabilidad, Proctor) Modelado del talud: Slide 2D
					Granulometría del suelo	
					Límite líquido	
					Límite plástico	
					Índice de plasticidad	
					Peso unitario	
					Proctor estándar	
¿En qué medida influye el uso del biopolímero xantano, en el corte directo para estabilización de un talud en suelo areno limoso, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025?	Evaluar en qué medida influye el biopolímero xantano en el corte directo, para la estabilidad de un talud en suelo areno limoso, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025.	El biopolímero xantano influye de forma positiva al 1.0% de adición, en el corte directo; ángulo de fricción y cohesión, para la estabilización de un talud en suelo areno limoso, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025.		CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	Índice de la cohesión (c) Índice del ángulo de fricción interna (φ)	
¿Cómo será la influencia del uso biopolímero xantano en la estabilización de un talud en suelo areno limoso en el modelado con el software Slide 2D, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025?	Modelar un talud en suelo areno limoso, después de la estabilización con el biopolímero xantano, para evaluar el factor de seguridad en el software Slide 2D, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025.	El biopolímero xantano influye de forma positiva al 1.0% en la estabilización de un talud en suelo areno limoso, al modelar en el software Slide 2D, en el sector de Agua Buena, San Sebastián – Cusco 2025.		MODELADO	Método de equilibrio límite	
					Ecuación de Mohr Coulomb Aceleración sísmica del suelo	

Anexo 02. PANEL FOTOGRÁFICO



Inicio de la extracción de las muestras que corresponden a las calicatas C-1 y C-2



Extracción de muestras de las calicatas C-1 y C-2



Vista de la Geología colíndate del sector de Agua Buena



Tallado de la muestra para el ensayo de corte directo de la muestra natural



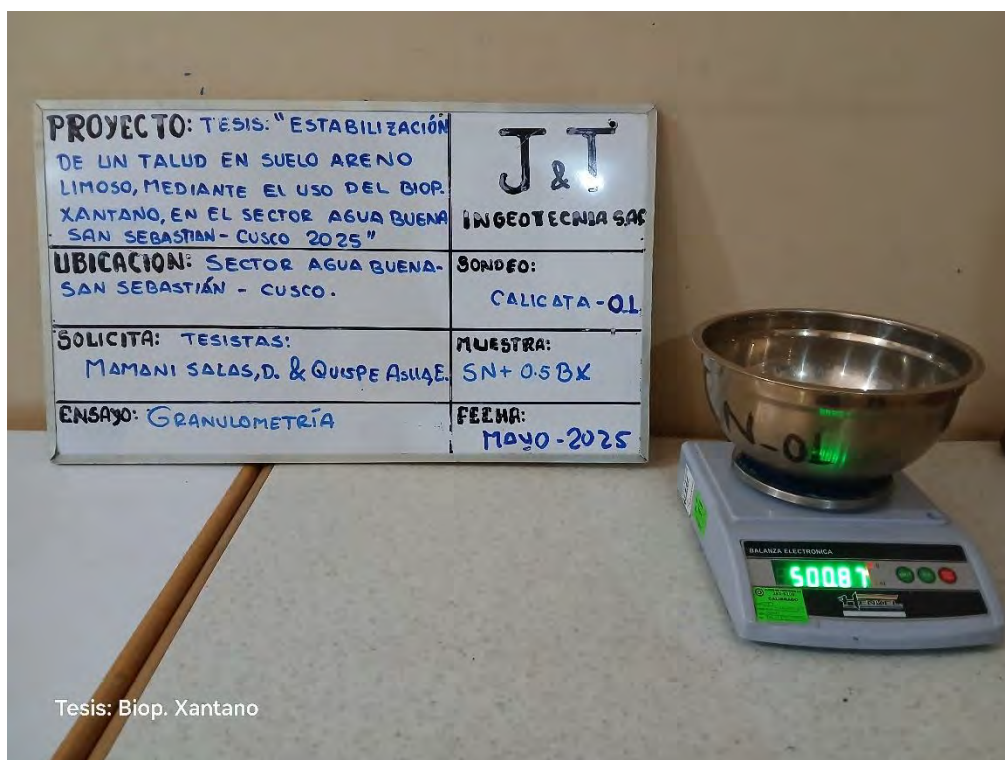
Peso en gramos de la muestra en su estado natural



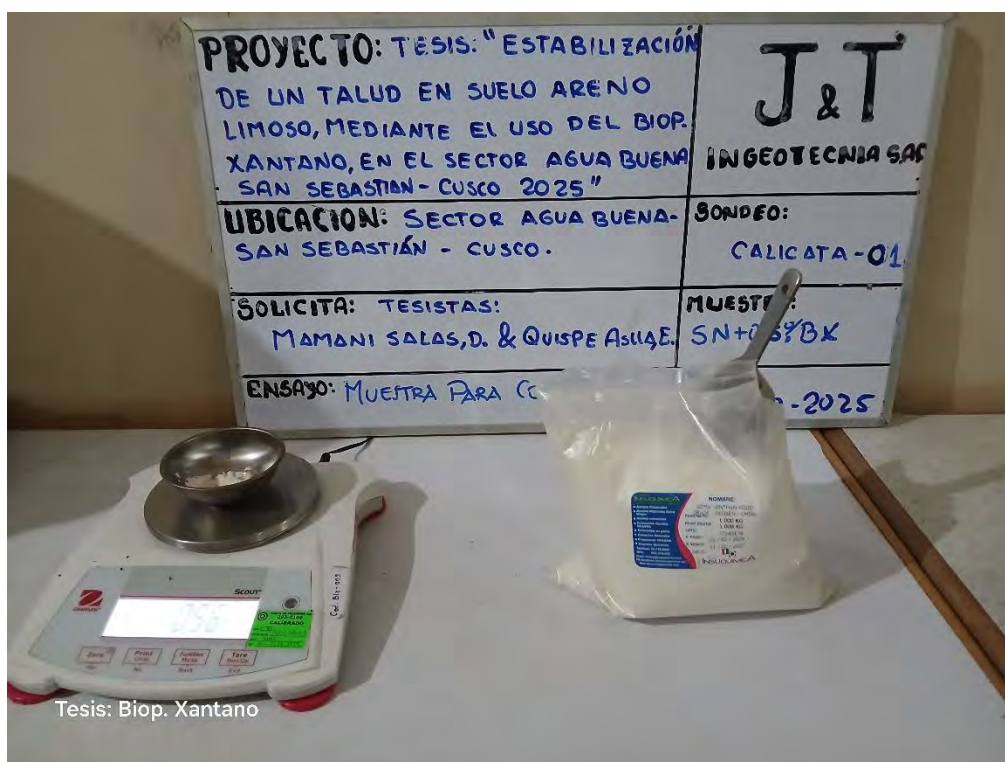
Moldeado de tres (03) especímenes para el ensayo del corte directo para la muestra natural



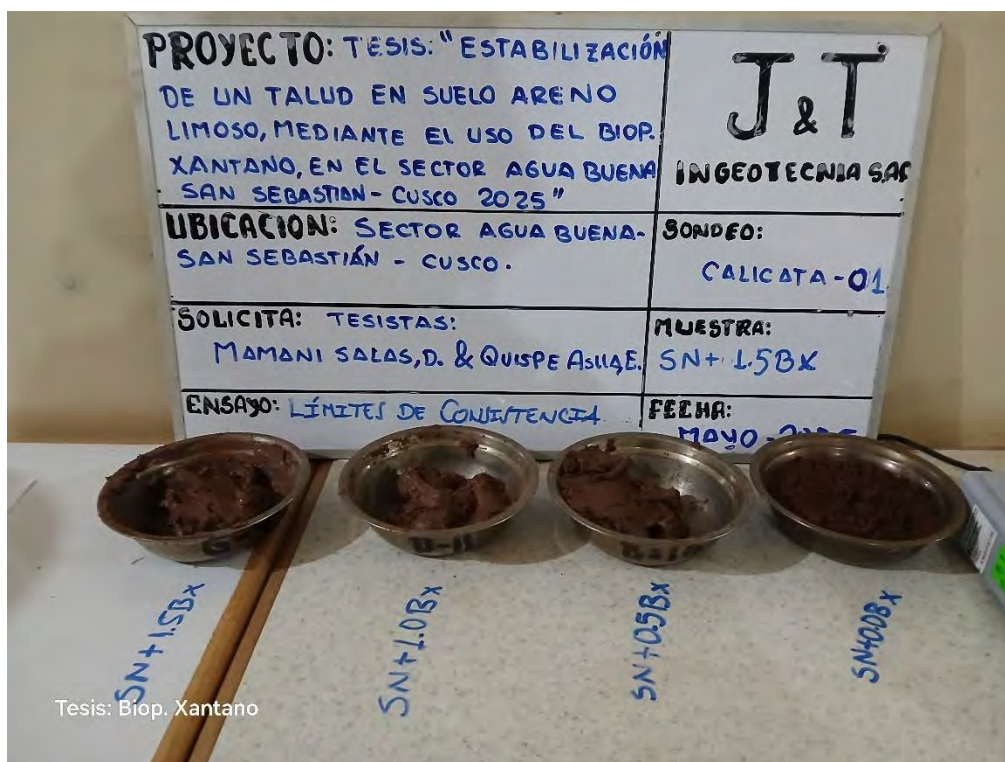
Ensayo de corte directo del suelo natural y suelo modificado con diferentes adiciones del biopolímero xantano, para determinar la cohesión y el ángulo de fricción



Peso de la mezcla de suelo con el biopolímero xantano al 0.5% de proporción para el ensayo de granulometría y determinar el comportamiento de las propiedades físicas



Peso del biopolímero xantano, proporcional al peso de la muestra a ser ensayada (0.5%)



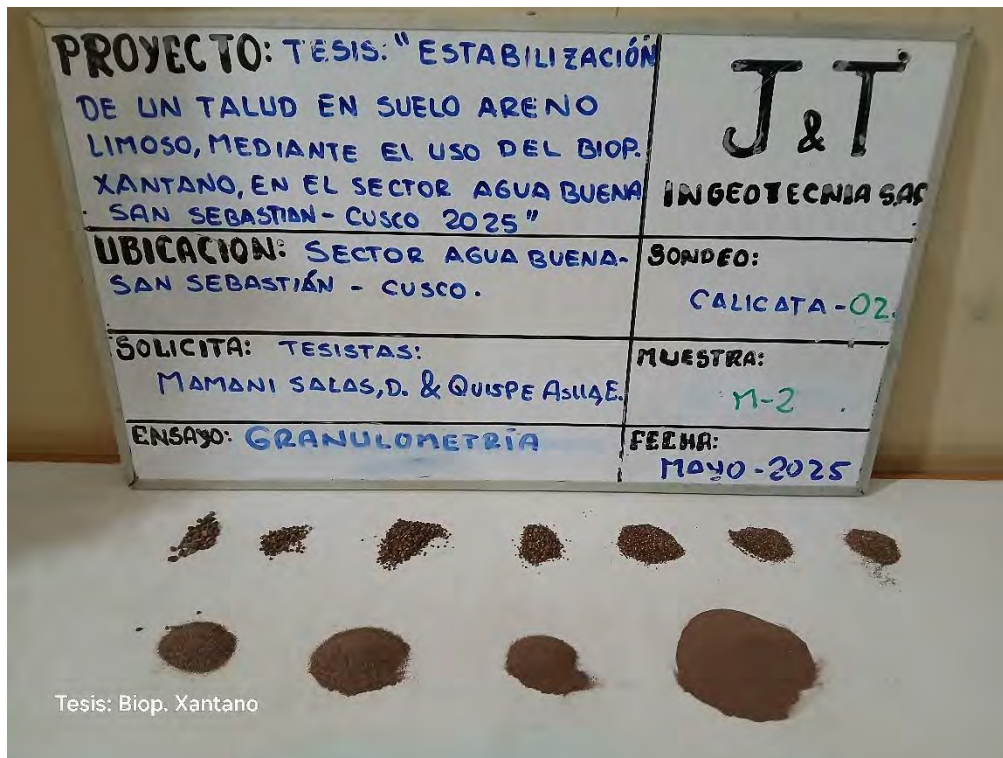
Mezclas dosificadas de las proporciones del 0.5%, 1.0% y 1.5% del biopolímero xantano para determinar los límites de consistencia.



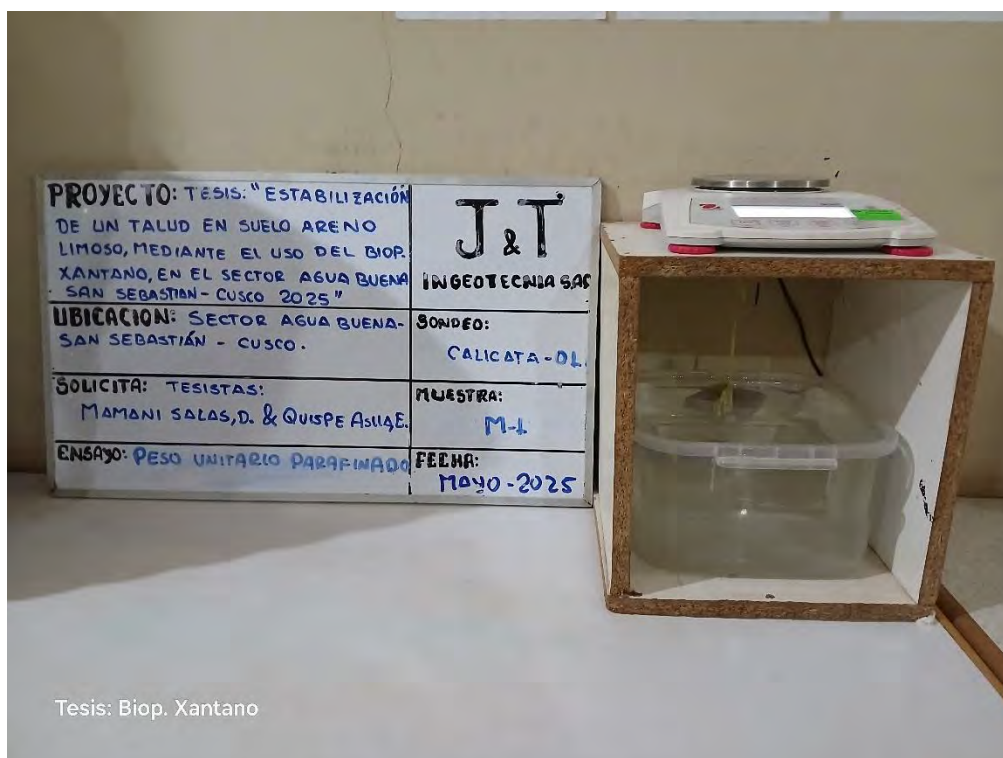
Ensayo límites de consistencia del suelo natural y suelo modificado con diferentes adiciones del biopolímero xantano, para determinar el límite líquido, plástico e índice de plasticidad



Comportamiento del suelo cuando está modificado con el aditivo, presenta una masa de gel-viscosa, con fuerte enlaces propios del aditivo al ser hidratado con el agua.



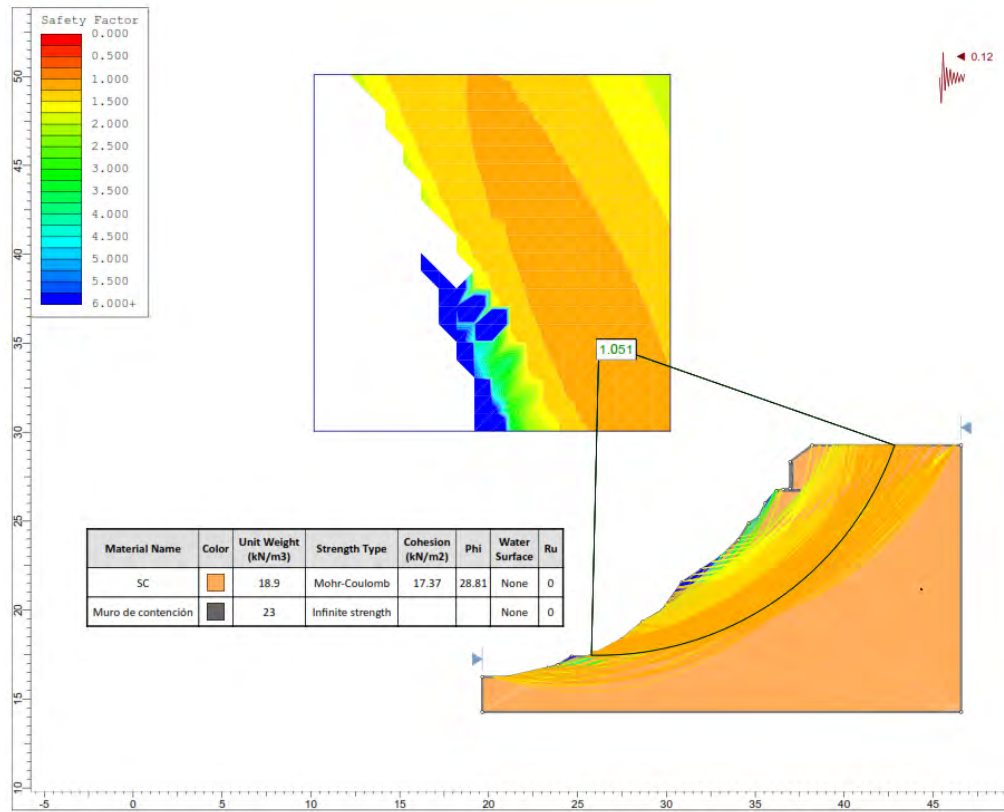
Distribución de granos mediante el ensayo de análisis granulométrico por tamizado de las diferentes muestras ensayadas.



Determinación del peso unitario de la muestra natural, mediante el uso de la parafina.

Anexo 03. MODELADO EN SLIDE 2D

Modelado del Suelo Natural (SN)



Global Minimums

Method: ordinary/fellenius

FS: 0.993412
 Center: 26.211, 35.077
 Radius: 17.624
 Left Slip Surface Endpoint: 25.786, 17.458
 Right Slip Surface Endpoint: 42.851, 29.268
 Resisting Moment=15537.7 kN-m
 Driving Moment=13496.6 kN-m

Method: bishop simplified

FS: 1.051210
 Center: 25.209, 37.081
 Radius: 19.355
 Left Slip Surface Endpoint: 26.356, 17.761
 Right Slip Surface Endpoint: 42.916, 29.268
 Resisting Moment=16361.8 kN-m
 Driving Moment=13376.2 kN-m

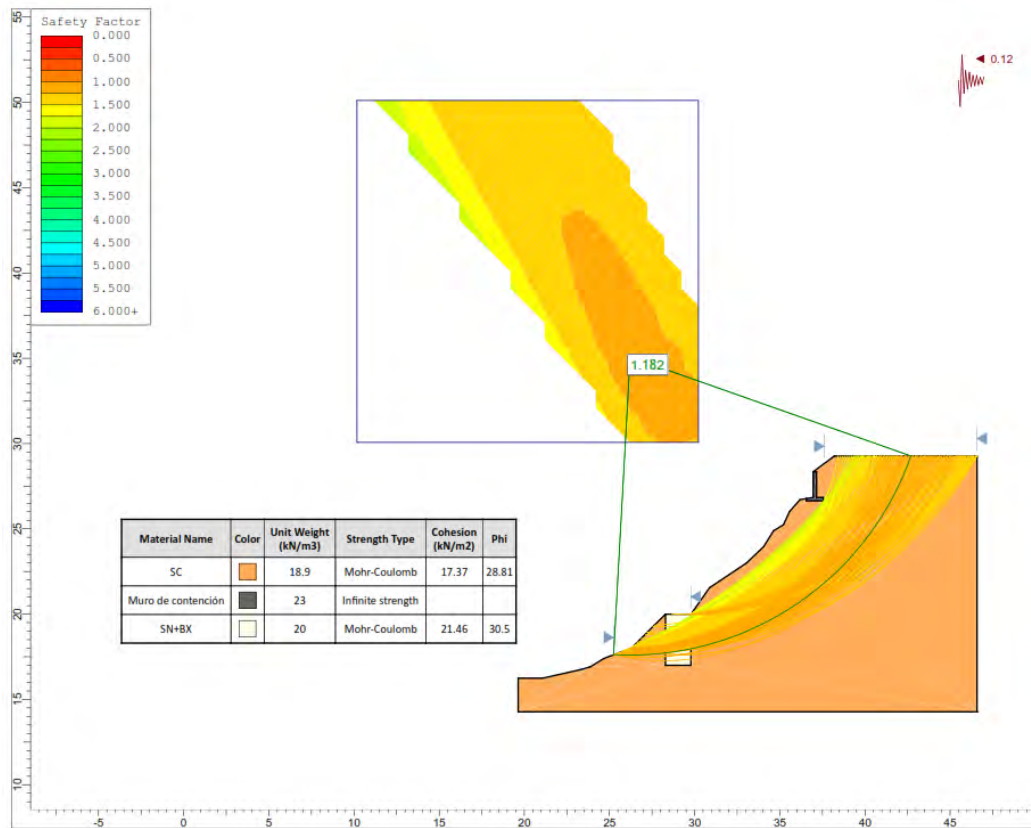
Method: janbu simplified

FS: 0.972410
 Center: 26.211, 35.077
 Radius: 17.624
 Left Slip Surface Endpoint: 25.786, 17.458
 Right Slip Surface Endpoint: 42.851, 29.268
 Resisting Horizontal Force=734.901 kN
 Driving Horizontal Force=654.75 kN

Method: spencer

FS: 1.056110
 Center: 25.209, 36.079
 Radius: 18.513
 Left Slip Surface Endpoint: 26.023, 17.584
 Right Slip Surface Endpoint: 42.424, 29.268
 Resisting Moment=15345.1 kN-m
 Driving Moment=12618.2 kN-m
 Resisting Horizontal Force=667.742 kN
 Driving Horizontal Force=549.082 kN

Modelado del SN + 0.50%BX + 7 DPR



Global Minimums

Method: ordinary/fellenius

FS: 1.111810
 Center: 26.211, 35.077
 Radius: 17.496
 Left Slip Surface Endpoint: 25.238, 17.608
 Right Slip Surface Endpoint: 42.714, 29.268
 Resisting Moment=15709.9 kN-m
 Driving Moment=13071.9 kN-m

Method: bishop simplified

FS: 1.186130
 Center: 25.209, 38.084
 Radius: 20.112
 Left Slip Surface Endpoint: 26.287, 18.001
 Right Slip Surface Endpoint: 43.285, 29.268
 Resisting Moment=17679.6 kN-m
 Driving Moment=13854 kN-m

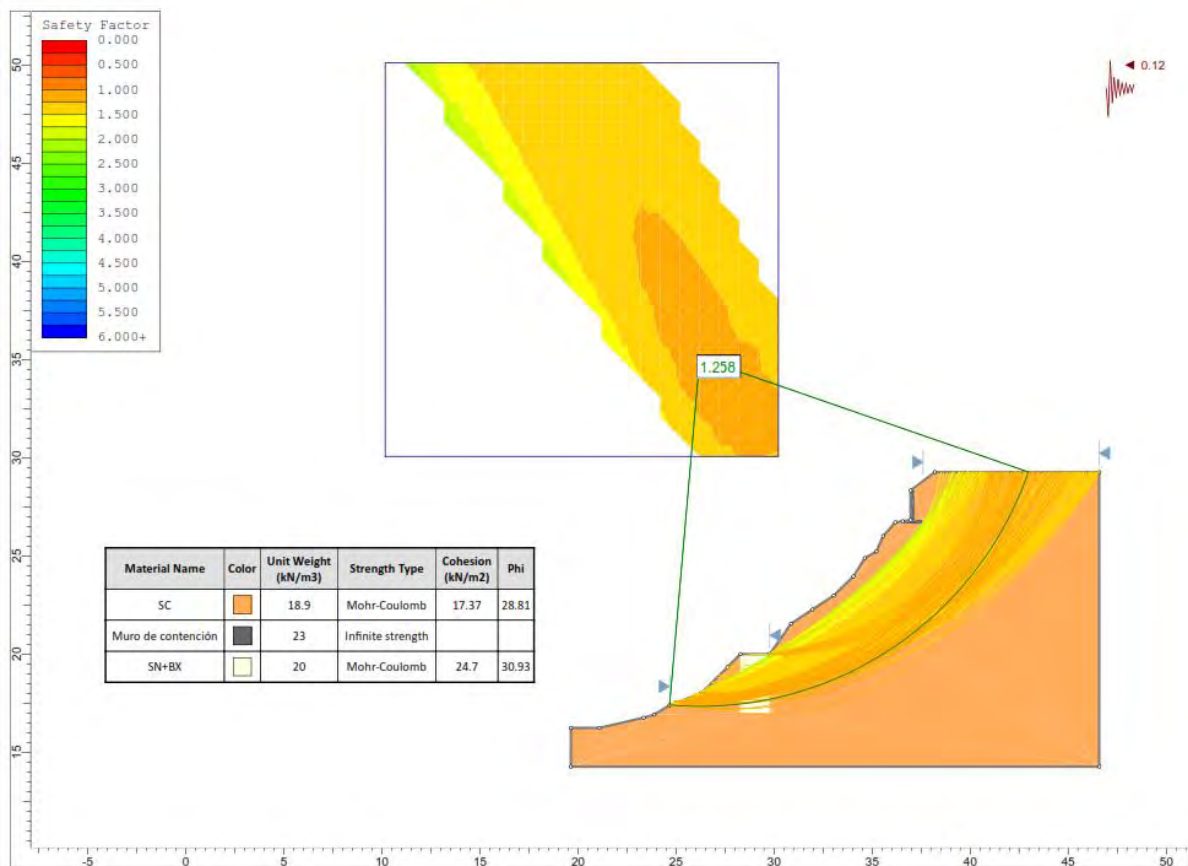
Method: janbu simplified

FS: 1.184500
 Center: 27.213, 33.072
 Radius: 15.590
 Left Slip Surface Endpoint: 25.238, 17.608
 Right Slip Surface Endpoint: 42.332, 29.268
 Resisting Horizontal Force=782.678 kN
 Driving Horizontal Force=669.845 kN

Method: spencer

FS: 1.182350
 Center: 25.209, 38.084
 Radius: 20.112
 Left Slip Surface Endpoint: 26.287, 18.001
 Right Slip Surface Endpoint: 43.285, 29.268
 Resisting Moment=17617.4 kN-m
 Driving Moment=13854 kN-m

Modelado del SN + 0.50%BX + 14 DPR



Global Minimums

Method: ordinary/fellenius

FS: 1.184140
 Center: 26.211, 35.077
 Radius: 17.747
 Left Slip Surface Endpoint: 24.672, 17.397
 Right Slip Surface Endpoint: 42.981, 29.268
 Resisting Moment=17202.2 kN-m
 Driving Moment=14235.4 kN-m

Method: bishop simplified

FS: 1.264410
 Center: 27.213, 36.079
 Radius: 16.288
 Left Slip Surface Endpoint: 29.784, 19.996
 Right Slip Surface Endpoint: 42.008, 29.268
 Resisting Moment=9174.91 kN-m
 Driving Moment=7182.45 kN-m

Method: janbu simplified

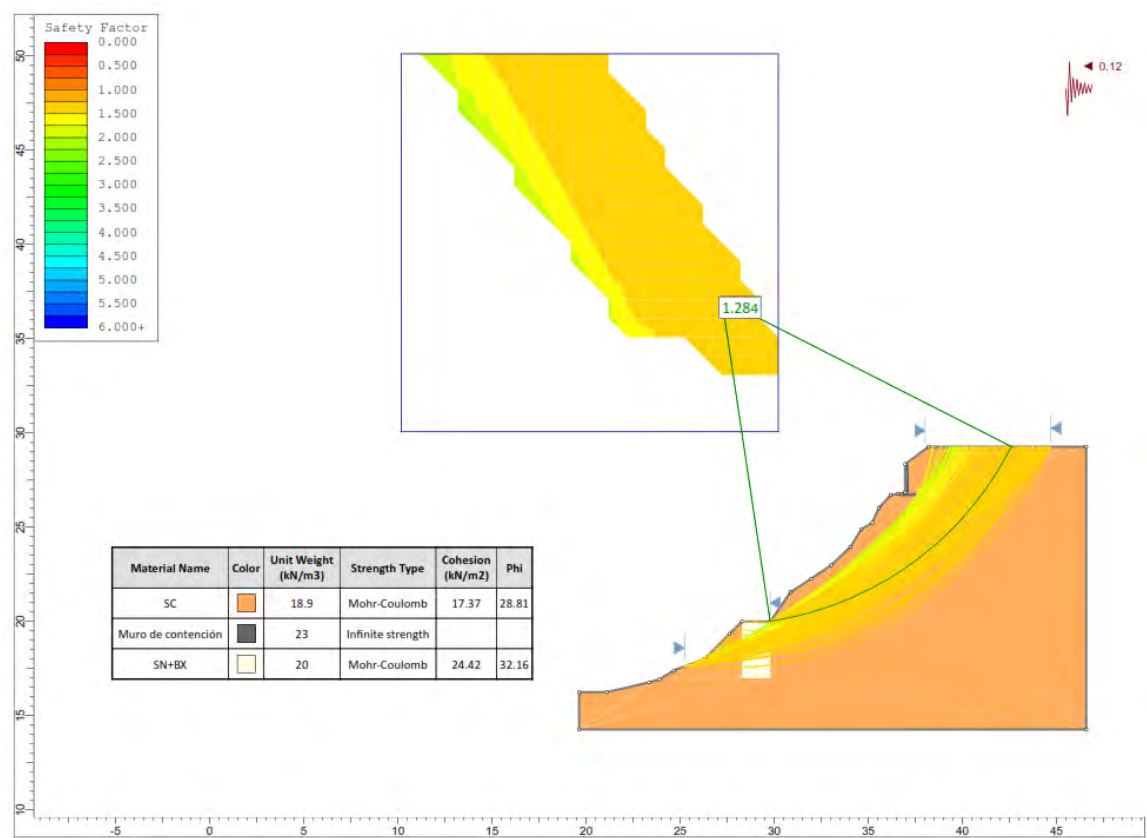
FS: 1.154920
 Center: 27.213, 33.072
 Radius: 15.625
 Left Slip Surface Endpoint: 25.167, 17.582
 Right Slip Surface Endpoint: 42.368, 29.268
 Resisting Horizontal Force=797.343 kN
 Driving Horizontal Force=678.635 kN

Method: spencer

FS: 1.254090
 Center: 27.213, 37.081
 Radius: 17.278
 Left Slip Surface Endpoint: 29.784, 19.996
 Right Slip Surface Endpoint: 42.624, 29.268
 Resisting Moment=10407.2 kN-m
 Driving Moment=8168.34 kN-m

Resisting Horizontal Force=488.41 kN
 Driving Horizontal Force=383.339 kN

Modelado del SN + 1.00%BX + 7 DPR



Global Minimums

Method: ordinary/fellenius

FS: 1.201190
Center: 26.211, 35.077
Radius: 17.496
Left Slip Surface Endpoint: 25.238, 17.608
Right Slip Surface Endpoint: 42.714, 29.268
Resisting Moment=15833.4 kN-m
Driving Moment=13072.6 kN-m

Method: bishop simplified

FS: 1.277410
Center: 27.213, 36.079
Radius: 16.288
Left Slip Surface Endpoint: 29.784, 19.996
Right Slip Surface Endpoint: 42.008, 29.268
Resisting Moment=9174.91 kN-m
Driving Moment=7182.45 kN-m

Method: janbu simplified

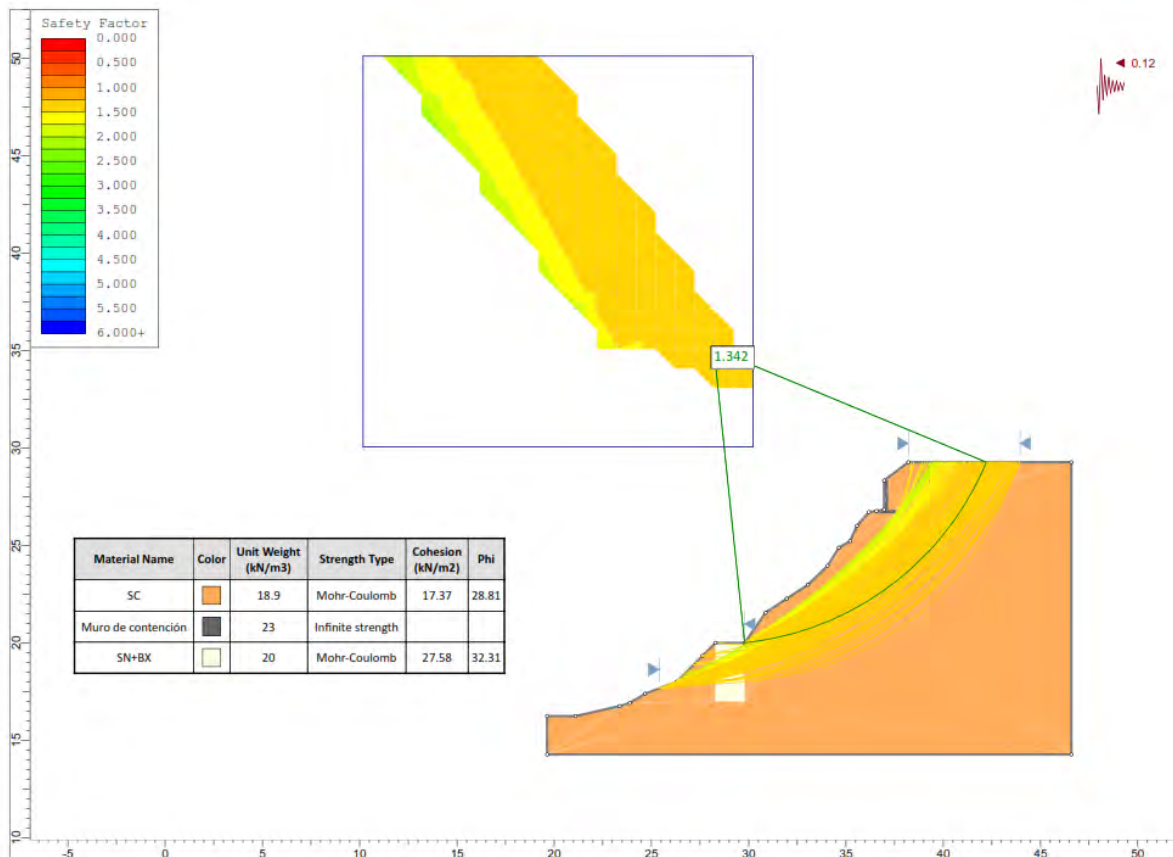
FS: 1.176640
Center: 27.213, 33.072
Radius: 15.590
Left Slip Surface Endpoint: 25.238, 17.608
Right Slip Surface Endpoint: 42.332, 29.268
Resisting Horizontal Force=790.441 kN
Driving Horizontal Force=671.78 kN

Method: spencer

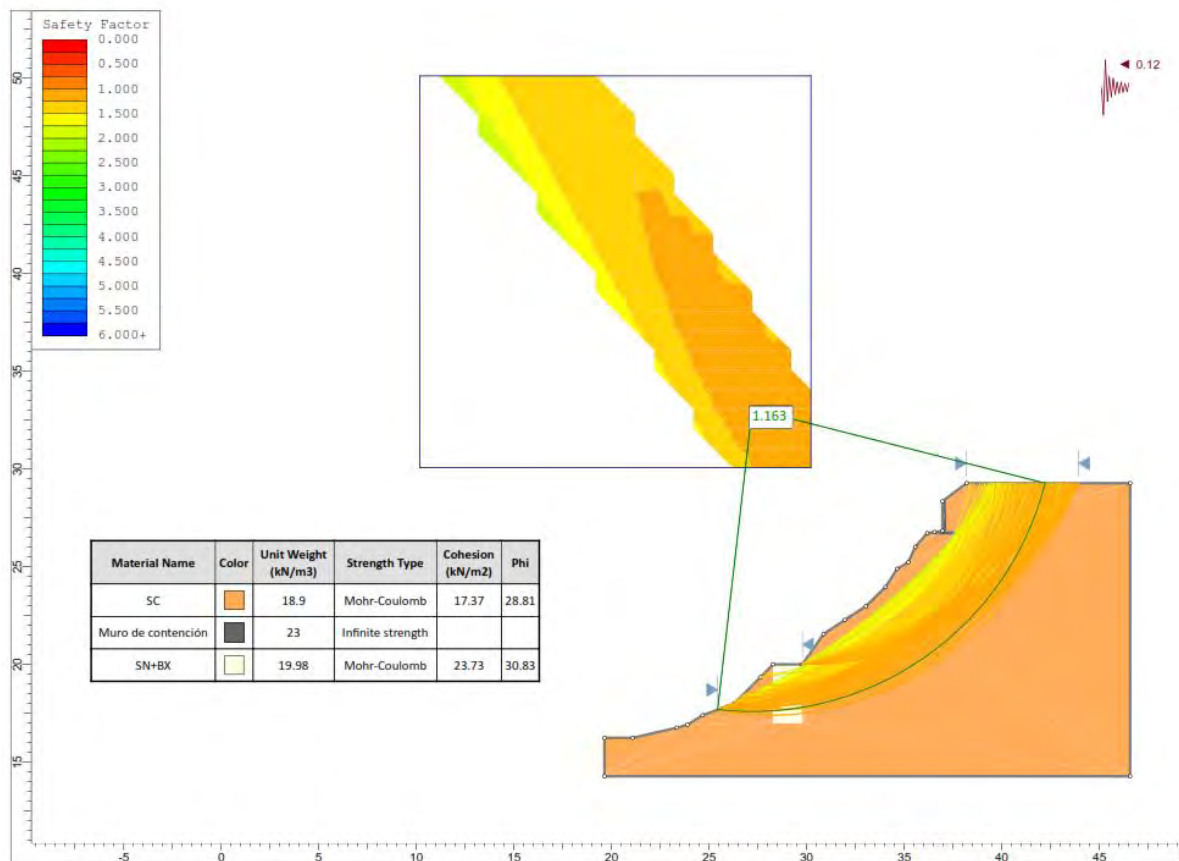
FS: 1.284980
Center: 27.213, 37.081
Radius: 17.278
Left Slip Surface Endpoint: 29.784, 19.996
Right Slip Surface Endpoint: 42.624, 29.268
Resisting Moment=10406.3 kN-m
Driving Moment=8168.34 kN-m

Resisting Horizontal Force=488.394 kN
Driving Horizontal Force=383.361 kN

Modelado del SN + 1.00%BX + 14 DPR



Modelado del SN + 1.50%BX + 7 DPR



Global Minimums

Method: ordinary/fellenius

FS: 1.160560
 Center: 26.211, 35.077
 Radius: 17.411
 Left Slip Surface Endpoint: 25.438, 17.683
 Right Slip Surface Endpoint: 42.624, 29.268
 Resisting Moment=15321.7 kN-m
 Driving Moment=12688.2 kN-m

Method: bishop simplified

FS: 1.231410
 Center: 27.213, 36.079
 Radius: 16.288
 Left Slip Surface Endpoint: 29.784, 19.996
 Right Slip Surface Endpoint: 42.008, 29.268
 Resisting Moment=9174.91 kN-m
 Driving Moment=7182.45 kN-m

Method: janbu simplified

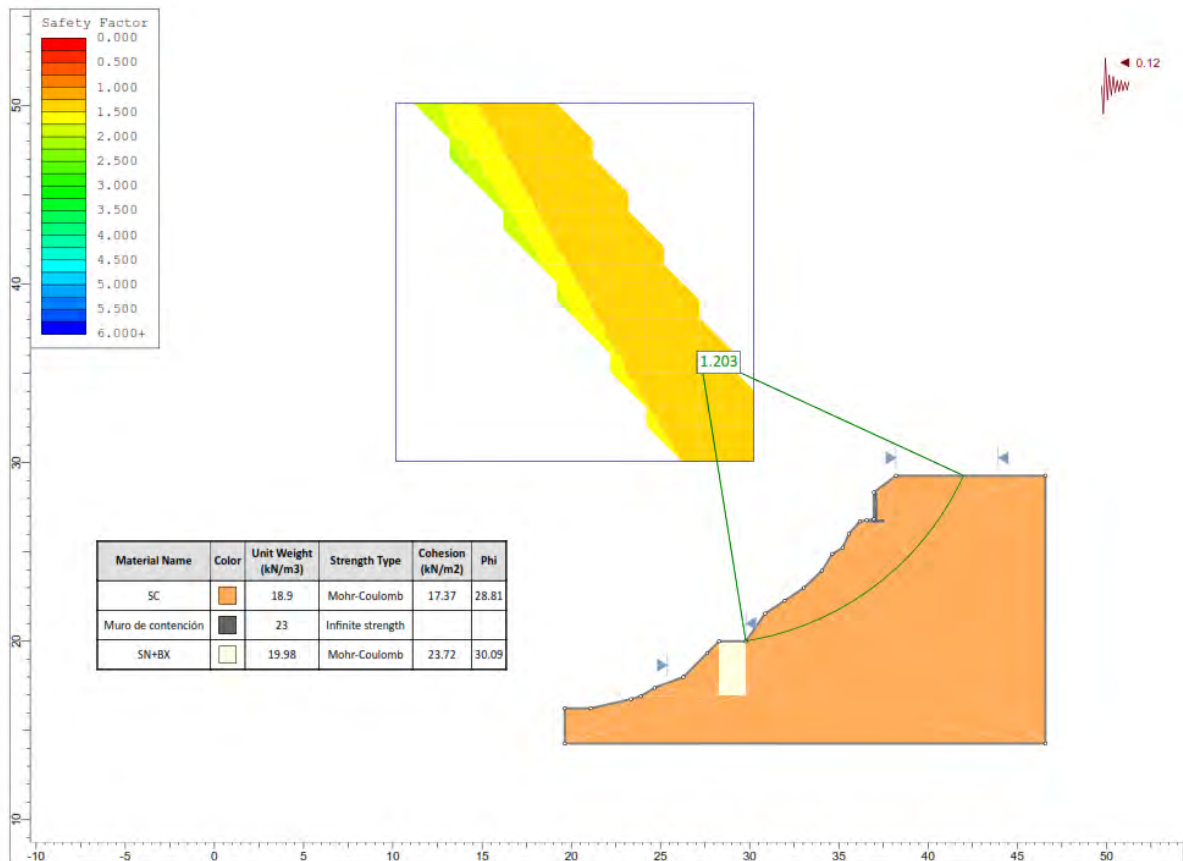
FS: 1.133080
 Center: 27.213, 33.072
 Radius: 15.491
 Left Slip Surface Endpoint: 25.438, 17.683
 Right Slip Surface Endpoint: 42.230, 29.268
 Resisting Horizontal Force=763.109 kN
 Driving Horizontal Force=650.516 kN

Method: spencer

FS: 1.235650
 Center: 26.211, 37.081
 Radius: 17.455
 Left Slip Surface Endpoint: 29.784, 19.996
 Right Slip Surface Endpoint: 41.820, 29.268
 Resisting Moment=9211.97 kN-m
 Driving Moment=7215.74 kN-m

Resisting Horizontal Force=417.601 kN
 Driving Horizontal Force=327.107 kN

Modelado del SN + 1.50%BX + 14 DPR



Global Minimums

Method: ordinary/fellenius

FS: 1.135960
 Center: 26.211, 35.077
 Radius: 17.430
 Left Slip Surface Endpoint: 25.392, 17.666
 Right Slip Surface Endpoint: 42.645, 29.268
 Resisting Moment=15406.7 kN-m
 Driving Moment=12775.4 kN-m

Method: bishop simplified

FS: 1.203410
 Center: 27.213, 36.079
 Radius: 16.288
 Left Slip Surface Endpoint: 29.784, 19.996
 Right Slip Surface Endpoint: 42.008, 29.268
 Resisting Moment=9174.91 kN-m
 Driving Moment=7182.45 kN-m

Method: janbu simplified

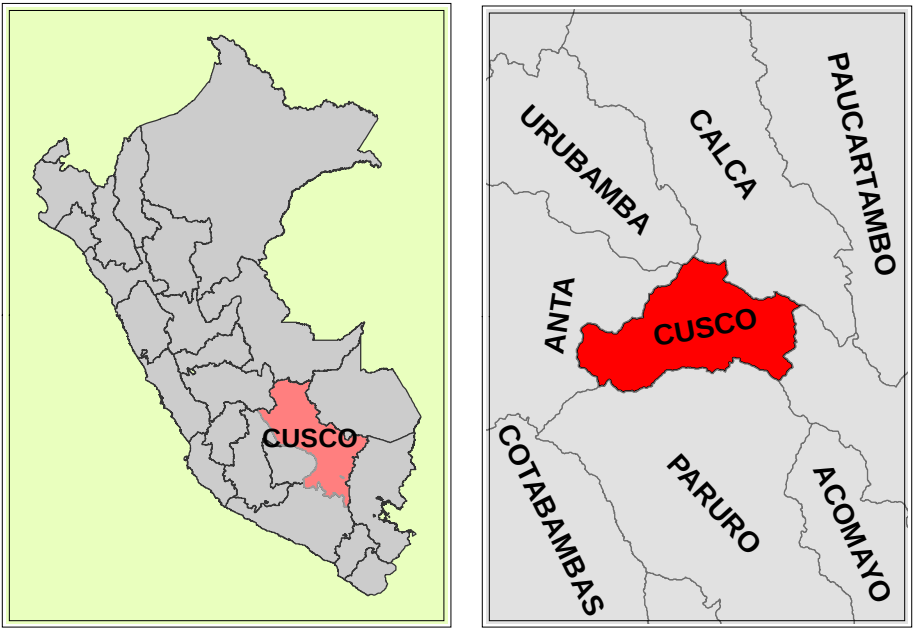
FS: 1.101730
 Center: 27.213, 33.072
 Radius: 15.514
 Left Slip Surface Endpoint: 25.392, 17.666
 Right Slip Surface Endpoint: 42.253, 29.268
 Resisting Horizontal Force=767.327 kN
 Driving Horizontal Force=654.865 kN

Method: spencer

FS: 1.182070
 Center: 28.216, 35.077
 Radius: 15.163
 Left Slip Surface Endpoint: 29.784, 19.996
 Right Slip Surface Endpoint: 42.221, 29.268
 Resisting Moment=9096.3 kN-m
 Driving Moment=7150.8 kN-m

Resisting Horizontal Force=482.228 kN
 Driving Horizontal Force=379.09 kN

Anexo 04. PLANOS



SIMBOLOGIA

Área de estudio

Limite distrital

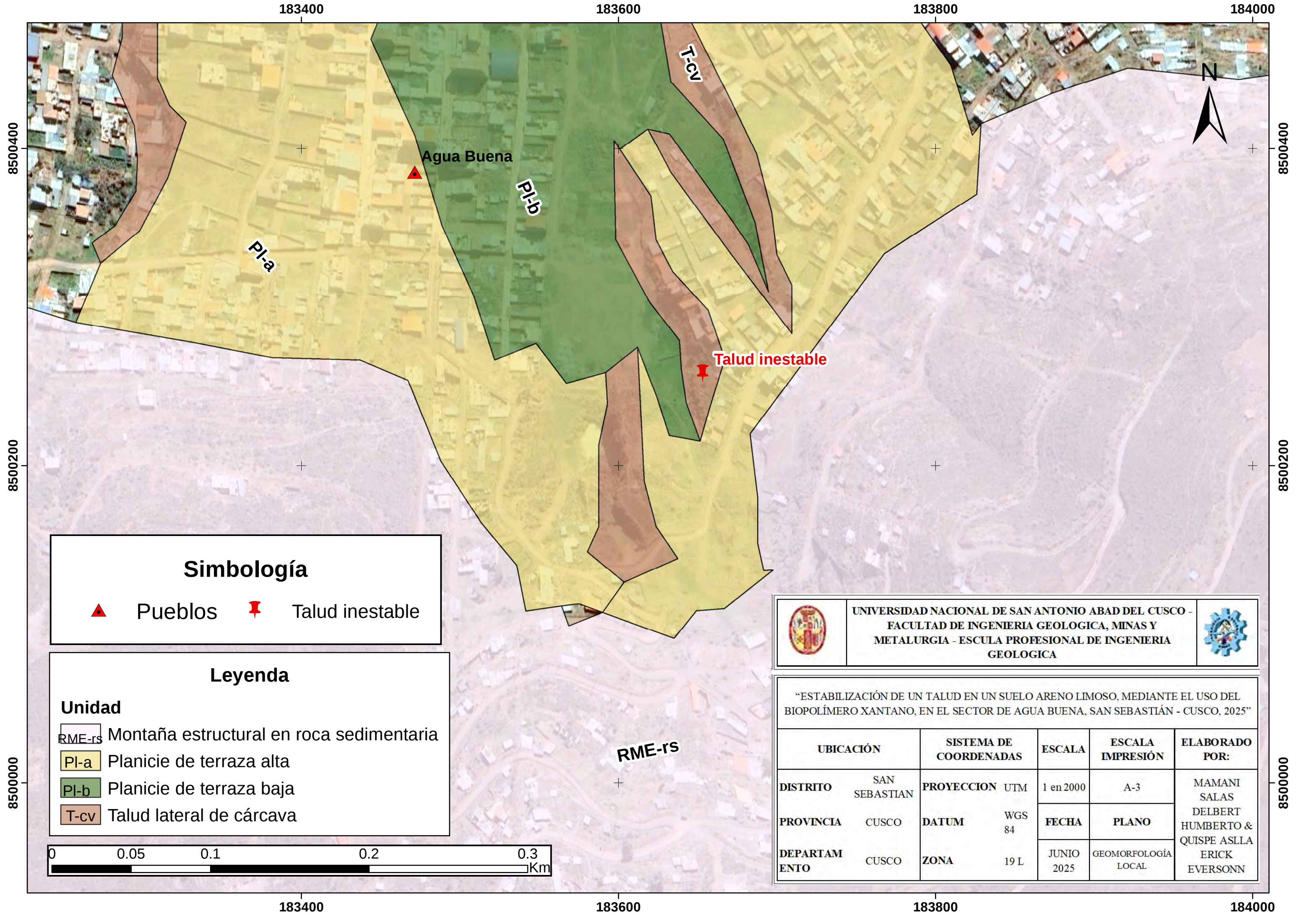
Pueblos

Vías nacionales

Curvas de nivel

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO - FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA - ESCULA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

“ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN UN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025”						
UBICACIÓN		SISTEMA DE COORDENADAS	ESCALA	ESCALA IMPRESIÓN	ELABORADO POR:	
DISTRITO	SAN SEBASTIAN	PROYECCION	UTM	1 en 80000	A-4	MAMANI SALAS DELBERT HUMBERTO & QUISPE ASLLA ERICK EVERSONN
PROVINCIA	CUSCO	DATUM	WGS 84	FECHA	PLANO	
DEPARTAMENTO	CUSCO	ZONA	19 S	JUNIO 2025	MAPA DE UBICACIÓN	



Simbología

 Pueblos  Talud inestable

Leyenda

Unidad

-  RME-rs Montaña estructural en roca sedimentaria
-  PI-a Planicie de terraza alta
-  PI-b Planicie de terraza baja
-  T-cv Talud lateral de cárcava

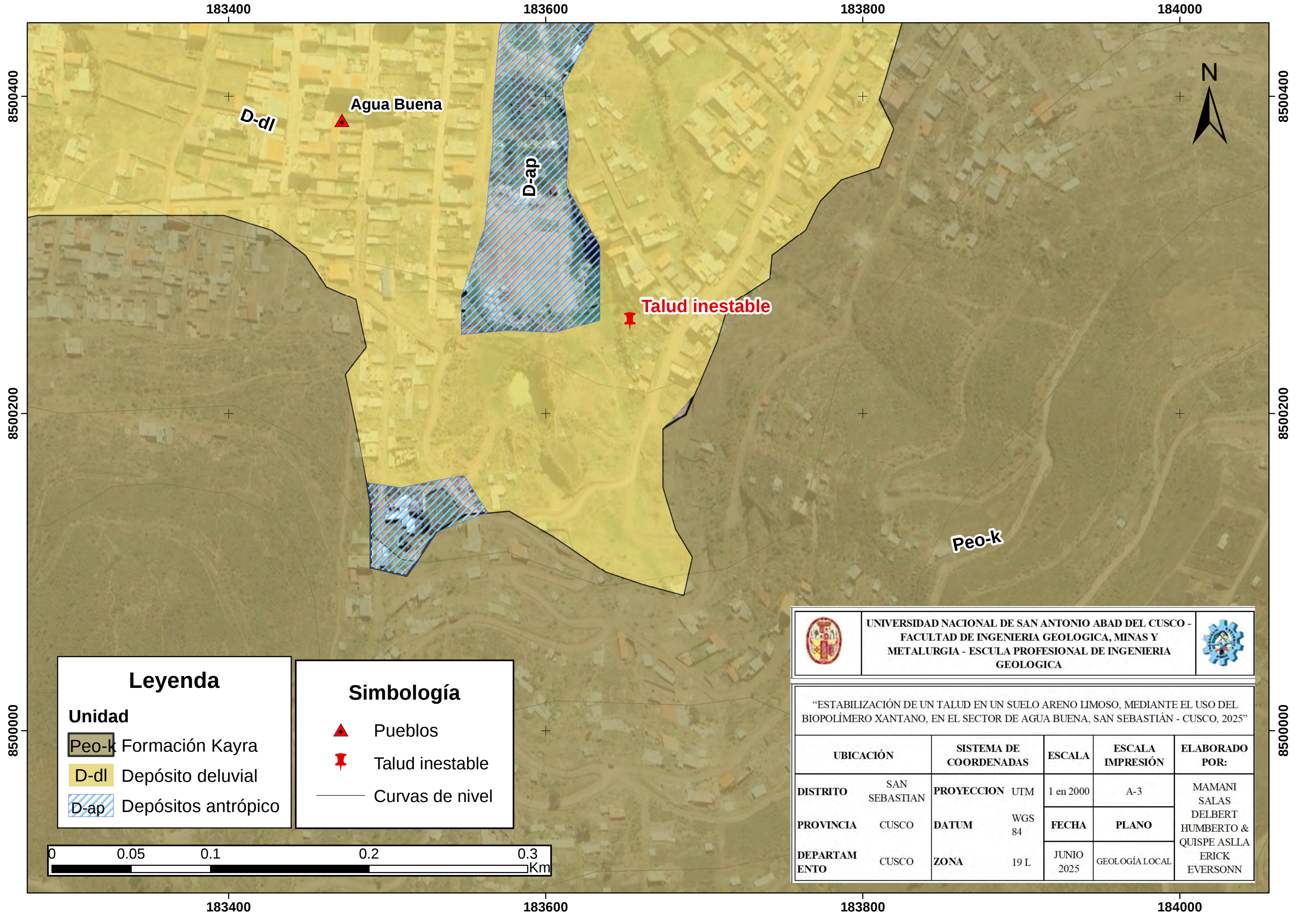


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO -
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y
METALURGIA - ESCULA PROFESIONAL DE INGENIERIA
GEOLOGICA



“ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN UN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025”

UBICACIÓN		SISTEMA DE COORDENADAS		ESCALA	ESCALA IMPRESIÓN	ELABORADO POR:
DISTRITO	SAN SEBASTIAN	PROYECCION	UTM	1 en 2000	A-3	MAMANI SALAS DELBERT HUMBERTO & QUISPE ASLLA ERICK EVERSONN
				FECHA	PLANO	
PROVINCIA	CUSCO	DATUM	WGS 84	JUNIO 2025	GEOMORFOLOGÍA LOCAL	
DEPARTAMENTO	CUSCO	ZONA	19 L			

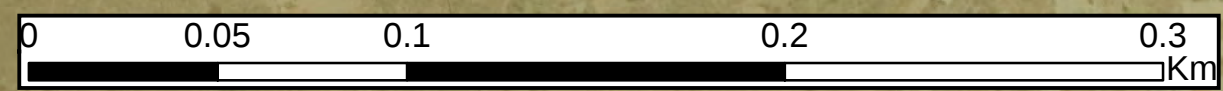


Leyenda

Unidad	
Peo-k	Formación Kayra
D-dl	Depósito deluvial
D-ap	Depósitos antrópico

Simbología

	Pueblos
	Talud inestable
	Curvas de nivel



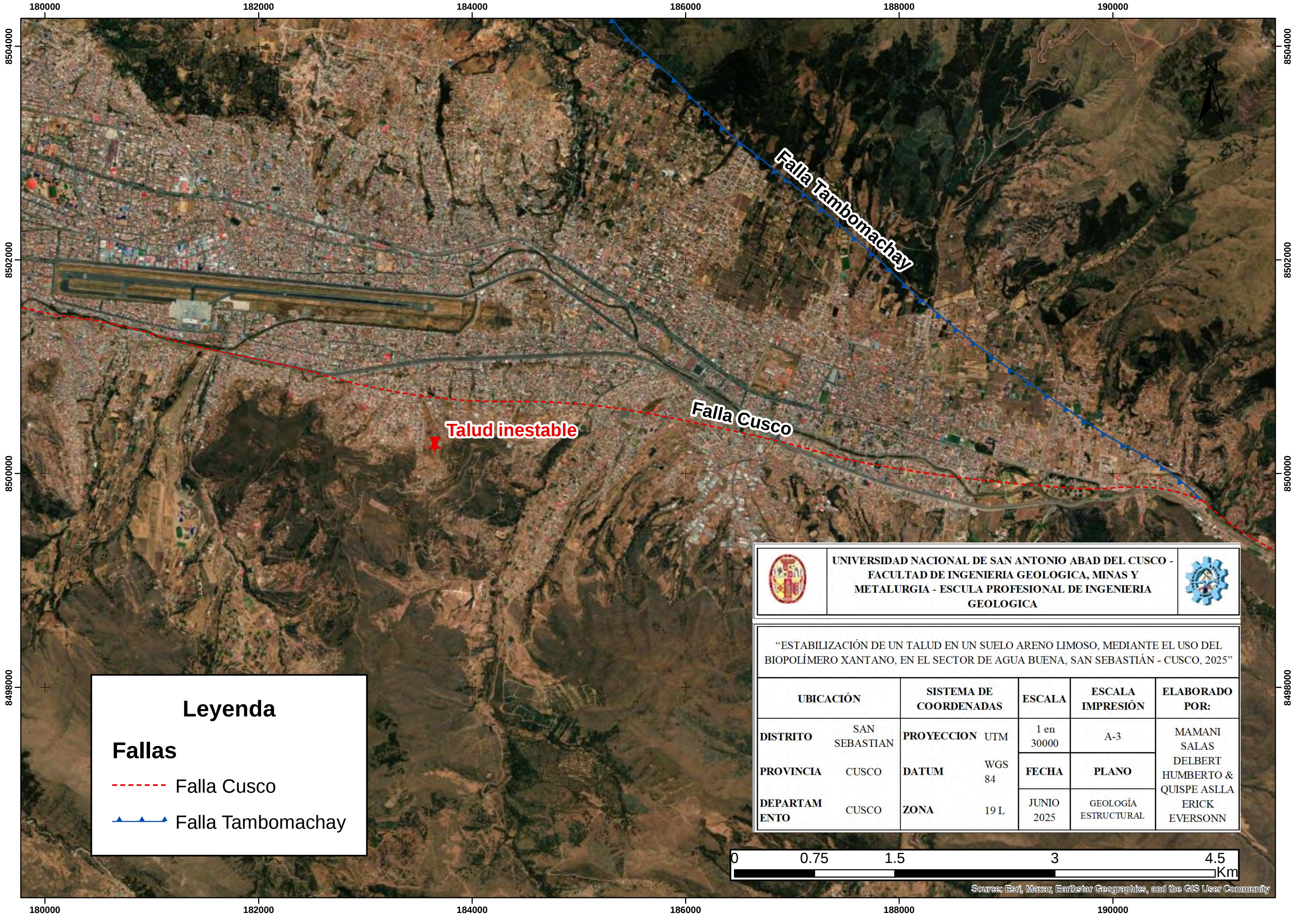


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO -
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y
METALURGIA - ESCULA PROFESIONAL DE INGENIERIA
GEOLOGICA



“ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN UN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025”

UBICACIÓN		SISTEMA DE COORDENADAS		ESCALA	ESCALA IMPRESIÓN	ELABORADO POR:
DISTRITO	SAN SEBASTIAN	PROYECCION	UTM	1 en 2000	A-3	
PROVINCIA	CUSCO	DATUM	WGS 84	FECHA	PLANO	
DEPARTAMENTO	CUSCO	ZONA	19 L	JUNIO 2025	GEOLOGÍA LOCAL	MAMANI SALAS DELBERT HUMBERTO & QUISPE ASLLA ERICK EVERSONN



Leyenda

Fallas

Falla Cusco

Falla Tambomachay



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO -
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y
METALURGIA - ESCULA PROFESIONAL DE INGENIERIA
GEOLOGICA



“ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN UN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025”						
UBICACIÓN		SISTEMA DE COORDENADAS		ESCALA	ESCALA IMPRESIÓN	ELABORADO POR:
DISTRITO	SAN SEBASTIAN	PROYECCION	UTM	1 en 30000	A-3	MAMANI SALAS DELBERT HUMBERTO & QUISPE ASLLA ERICK EVERSONN
PROVINCIA	CUSCO	DATUM	WGS 84	FECHA	PLANO	
DEPARTAMENTO	CUSCO	ZONA	19 L	JUNIO 2025	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	



Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community

Anexo 05. FORMATOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

J&T INGEOTECNIA Estudios & Ingeniería		J&T INGEOTECNIA SAC		Código	GAE-Fr-026	
		ENSAYO DE HUMEDAD ASTM D2216-MTC E 108		Version	2	
				Fecha	4/15/2023	
				Página	1	
TESIS: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025				LUGAR DEL ENSAYO: LABORATORIO DE SUELOS CUSCO		
SOLICITA: DELBERT HUMBERTO MAMANI BALAS, ERICK EVERSONH QUSPE ASLLA				FECHA DE EJECUCIÓN: 20 - 05 - 2025		CONSECUTIVO 4310
UBICACIÓN: SECTOR DE AGUA BUENA				UBICACIÓN	Cal 01	OK
					-	-
					-	-
SONDEO Cal - 01	TIPO DE MUESTRA	SPT		COORDENADAS	183668.49	ESTE(m)
MUESTRA M - 01		SHELBY			8500302.89	NORTE(m)
PROF (m) 0m - 1.5m		INALTERADA	OK		-	COTA(m)
		OTRA	OK			
UBICACIÓN DE LA MUESTRA:		CAL 01				
CALCULO DE HUMEDAD						
ITEM	DATOS		ENSAYOS			
	NUMERO DE RECIPIENTE		A-06			CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO
1.	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (M _{um})		315.18 gr			
2.	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (M _s)		271.49 gr			
3.	PESO DEL RECIPIENTE (M _c)		0.00 gr			
4.	PESO DEL AGUA		43.69 gr			
5.	PESO DEL SUELO SECO (W _s)		271.49 gr			
6.	CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)		16.09 %			16.09 %

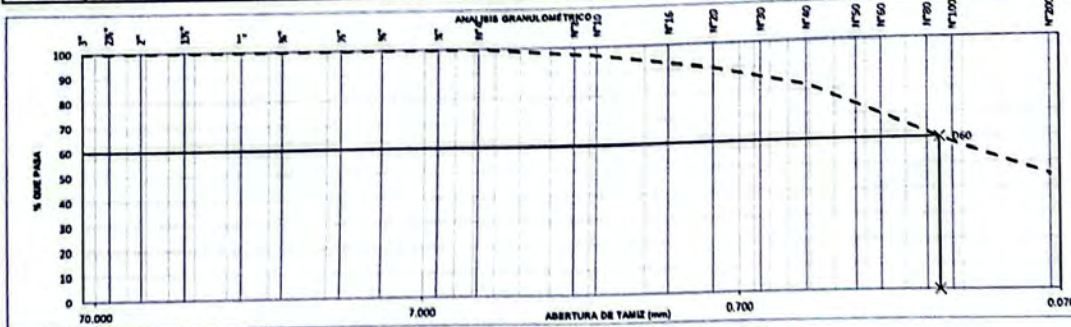
OBSERVACIONES: CAL 01 realizado por J&T INGEOTECNIA SAC

EQUIPOS PARA ENSAYO				
ITEM	EQUIPO	SERIE	TRAZABILIDAD	FECHA CALIBRACION
1	HORNO 76L	220954	N° LT-852-2024	9/3/2024
2	BALANZA 2 000gr	2020065586	N° LM-1233-2024	9/3/2024

TEC. LABORATORIO J&T INGEOTECNIA		SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA Yaelin Jordan Ugarte		VALIDACION PROFESIONAL	
E.E.D.A.				J&T INGEOTECNIA S.A.C	
Firma: 	Firma: 				
Fecha: 22 - 05 - 2025	Fecha: 22 - 05 - 2025	ING. JULIO JESUS ROMERO TERRAZAS CIP. N° 300894 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA			
QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION PREVIA POR PARTE DE J&T INGEOTECNIA S.A.C.					

J&T INGEOTECNIA Estudios & Ingeniería		J&T INGEOTECNIA SAC		Código	GAE-Fr-026
		ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO		Version	2
		ASTM D 422 - MTC 8 167		Fecha	4/15/2023
				Página	2
TESIS: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2023					
SOLICITA: DELBERT HUMBERTO MAMANI BALAS, ERICK EVERSON QUIPUE ASLLA					
UBICACIÓN: SECTOR DE AGUA BUENA					
BONDED	Cal - 01	TIPO DE MUESTRA	BPT	OK	COORDENADAS 18368.49 ESTE (m) 8500302.89 NORTE (m) COTA (m)
MUESTRA	M - 01		SHELBY		
PROF. (m)	0m - 1.5m		ALTERADA		
			OTRA		
UBICACION DE LA MUESTRA: CAL 01					

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							DATOS	
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO PASANTE (gr)	RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)	PESO TOTAL MUESTRA (gr)	
3"	76.200		612.8	0.00	0.00	100.00	612.82 gr	
2 1/2"	60.350		612.8	0.00	0.00	100.00	HUMEDAD (W%)	
2"	50.800		612.8	0.00	0.00	100.00	16.09	
1 1/2"	37.500		612.8	0.00	0.00	100.00	CLASIFICACIÓN	
1"	25.400		612.8	0.00	0.00	100.00	Limite Líquido (LL):	22
3/4"	19.100		612.8	0.00	0.00	100.00	Limite Plástico (LP):	19
3/8"	12.700		612.8	0.00	0.00	100.00	Indice Plástico (IP):	3
1/4"	6.350		612.8	0.00	0.00	100.00	Clasificación (SUCS):	SM
N°4	4.750		612.8	0.00	0.00	100.00	Clasificación (AASHTO):	A-4 (2)
N°8	2.360	8.30	604.5	1.33	1.33	98.65	Indice de Consistencia:	1.85
N°10	2.000	13.13	599.7	2.14	3.50	96.50	Materia orgánica	
N°16	1.180	15.59	597.2	2.54	6.04	93.96	DESCRIPCIÓN DEL SUELO (SUCS)	
N°20	0.850	23.67	589.2	3.86	9.90	90.10	Arena limosa	
N°30	0.600	25.29	587.5	4.13	14.03	85.97	DESCRIPCIÓN DEL SUELO (AASHTO)	
N°40	0.425	25.17	587.7	4.11	18.14	81.86	REG-MALO	
N°50	0.300	25.28	587.5	4.13	22.26	77.74	OBSERVACIONES	
N°60	0.250	27.58	585.3	4.50	26.76	73.24	Grava 3" - N° 4:	0.00
N°80	0.180	42.87	570.0	7.00	33.76	66.24	Arena N° 4 - N° 200:	55.28
N°100	0.150	51.41	561.4	8.39	42.15	57.85	Finos < N° 200:	44.72
N°200	0.075	80.50	532.3	13.14	55.29	44.72	% > 3"	0.00
< N° 200	FONDO	274.03	338.8	44.72	100.00	0.00		



Diametros Efectivos	
D60	0.165
D30	-
D10	-
Cu	-
Cc	-

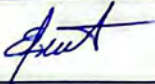
Metodo de Compactacion del Suelo
"A"

OBSERVACIONES: CAL 01 realizado por J&T INGEOTECNIA SAC

EQUIPOS PARA ENSAYO				
ITEM	EQUIPO	SERIE	TRAZABILIDAD	FECHA CALIBRACION
1	TAMIZ 2"	015C19	N° LL-4428-2024	9/3/2024
2	TAMIZ 1"	010J21	N° LL-4428-2024	9/3/2024
3	TAMIZ 3/4"	014F19	N° LL-4429-2024	9/3/2024
4	TAMIZ 1/2"	018018	N° LL-4430-2024	9/3/2024
5	TAMIZ 3/8"	013H19	N° LL-4431-2024	9/3/2024
6	TAMIZ N°4	022A21	N° LL-4432-2024	9/3/2024
7	TAMIZ N°10	017B21	N° LL-4434-2024	9/3/2024
8	TAMIZ N°20	035019	N° LL-4436-2024	9/3/2024
9	TAMIZ N°40	005Q20	N° LL-4438-2024	9/3/2024
10	TAMIZ N°100	017Q20	N° LL-4440-2024	9/3/2024
11	TAMIZ N°200	006X20	N° LL-4441-2024	9/3/2024
12	HOFINO 70L	220954	N° LT-852-2024	9/3/2024
13	BALANZA 2000g	202065586	N° LM-1233-2024	9/3/2024

TEC. LABORATORIO J&T INGEOTECNIA E.E.Q.A.		SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA Yelán Jordan Ugarte		VALIDACION PROFESIONAL J&T INGEOTECNIA S.A.C	
Firma: <i>[Firma]</i>		Firma: <i>[Firma]</i>		Firma: <i>[Firma]</i>	
Fecha: 22 - 05 - 2023		Fecha: 22 - 05 - 2023		Fecha: 22 - 05 - 2023	
Queda prohibido reproducir, distribuir, publicar o difundir cualquier informacion contenida en este documento sin autorizacion previa por parte de J&T INGEOTECNIA S.A.C.					

J&T INGEOTECNIA Estudios & Ingeniería	J&T INGEOTECNIA SAC		Código	GAE-Fr-026							
	ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318 - MTC E 110 y MTC E 111		Version	2							
			Fecha	4/15/2023							
			Página	3							
TESIS: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025			LUGAR DEL ENSAYO: LABORATORIO DE SUELOS CUSCO								
SOLICITA: DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA			FECHA DE EJECUCION: 21 - 05 - 2025		CONSECUTIVO						
UBICACIÓN: SECTOR DE AGUA BUENA					4312						
SONDEO	Cal - 01	TIPO DE MUESTRA	SPT	OK	-						
MUESTRA	M - 01										
PROF.(m)	0m - 1.5m										
UBICACIÓN DE LA MUESTRA:			CAL 01								
LÍMITE LÍQUIDO											
ITEM	DATOS		ENSAYOS								
	NUMERO DE RECIPIENTE	T - 01	F-888	F-2856							
1	PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (M _{cm})	42.70 gr	42.92 gr	41.36 gr							
2	PESO RECIPIENTE + SUELO SECO (M _{cs})	39.29 gr	39.33 gr	37.73 gr							
3	PESO DEL RECIPIENTE (M _c)	22.84	23.51 gr	23.27 gr							
4	NUMERO DE GOLPES (N)	33	23	17							
5	PESO DEL AGUA	3.41 gr	3.59 gr	3.63 gr							
6	PESO DEL SUELO SECO (W _s)	16.45 gr	15.82 gr	14.46 gr							
7	CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)	20.73	22.69	25.10							
8	LÍMITE LÍQUIDO (LL)	21.44	22.46	23.96							
LÍMITE PLÁSTICO											
ITEM	DATOS		ENSAYOS								
	NUMERO DE RECIPIENTE	N - 19	K - 853								
1	PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (M _{cm})	29.23 gr	29.56 gr								
2	PESO RECIPIENTE + SUELO SECO (M _{cs})	28.24 gr	28.64 gr								
3	PESO DEL RECIPIENTE (M _c)	23.02 gr	24.00 gr								
4	PESO DEL AGUA	0.99 gr	0.92 gr								
5	PESO DEL SUELO SECO (W _s)	5.22 gr	4.64 gr								
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)	18.97	19.83								
LÍMITE LÍQUIDO <table><tr><td>LÍMITE LIQUIDO (LL)</td></tr><tr><td>22</td></tr><tr><td>LÍMITE PLÁSTICO (LP)</td></tr><tr><td>19</td></tr><tr><td>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)</td></tr><tr><td>3</td></tr></table>						LÍMITE LIQUIDO (LL)	22	LÍMITE PLÁSTICO (LP)	19	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	3
LÍMITE LIQUIDO (LL)											
22											
LÍMITE PLÁSTICO (LP)											
19											
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)											
3											
OBSERVACIONES: CAL 01, realizado por J&T INGEOTECNIA SAC											
EQUIPOS PARA ENSAYO											
ITEM	EQUIPO	SERIE	TRAZABILIDAD	FECHA CALIBRACION							
1	HORNO 76L	220954	N° LT-852-2024	9/3/2024							
2	BALANZA 2000gr	2020065586	N° LM-1233-2024	9/3/2024							
3	COPA CASAGRANDE	2336	N° LL-4454-2024	9/3/2024							
TEC. LABORATORIO J&T INGEOTECNIA		SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA		VALIDACION PROFESIONAL							
E.E.Q.A.		Yelsin Jordan Ugarte		J&T INGEOTECNIA S.A.C							
Firma:		Firma:		Firma:							
Fecha: 22 - 05 - 2025		Fecha: 22 - 05 - 2025		Fecha: 22 - 05 - 2025							
QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN PREVIA POR PARTE DE J&T INGEOTECNIA S.A.C											

J&T INGEOTECNIA Estudios & Ingeniería		J&T INGEOTECNIA SAC		Código	GAE-FI-026
		ENSAYO DE PESO UNITARIO (PARAFINA)		Version	1
		ASTM D 4531		Fecha	8/25/2022
				Página	4
TESIS: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025				LUGAR DEL ENSAYO: LABORATORIO DE SUELOS CUSCO	
				FECHA DE EJECUCIÓN: 22 - 05 - 2025	CONSECUTIVO: 4312
SOLICITA: DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA				Cal 01	OK
UBICACIÓN: SECTOR DE AGUA BUENA				-	-
SONDEO	Cal - 01	TIPO DE MUESTRA	SPT	-	-
MUESTRA	M - 01		SHELBY	-	-
PROF.	0m - 1.5m		INALTERADA	OK	-
			OTRA		-
UBICACIÓN DE LA MUESTRA:				COORDENADAS	
				183658.49	ESTE (m)
				8500302.89	NORTE (m)
				-	COTA (m)
TOMA DE DATOS					
PESO UNITARIO PARAFINADO					
ITEM	DATOS			ENSAYOS	
1	CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)			16.06 %	
2	PESO DEL SUELO HUMEDO (W _u)			324.91 gr	
3	PESO DEL SUELO + PARAFINA AL AIRE (W _a +W _u)			335.75 gr	
4	PESO SUMERGIDO + MUESTRA PARAFINADA			150.48 gr	
6	DENSIDAD DE LA PARAFINA (ρ)			0.87 gr/cm ³	
7	VOLUMEN DE LA PARAFINA			12.46 cm ³	
8	PESO UNITARIO HÚMEDO APARENTE (γ _u)			1.880 gr/cm ³	
9	PESO UNITARIO SECO			1.629 gr/cm ³	
OBSERVACIONES: CAL 01, realizado por J&T INGEOTECNIA SAC					
TEC. LABORATORIO J&T INGEOTECNIA		SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA		VALIDACIÓN PROFESIONAL	
E.E.Q.A.		Yolain Jordan Ugarte		J&T INGEOTECNIA S.A.C	
Firma:		Firma:		ING. JULIO JESUS ROMERO TERRAZAS	
Fecha: 22 - 05 - 2025		Fecha: 22 - 05 - 2025		CIP. N° 300894	
				ESPECIALISTA EN GEOTECNIA	
QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN PREVIA POR PARTE DE J&T INGEOTECNIA S.A.C					

J&T INGEOTECNIA Estudios & Ingeniería		J&T INGEOTECNIA SAC ENSAYO DE HUMEDAD ASTM D2216-MTC E 108		Codigo		GAE-1-426	
				Version		2	
				Fecha		4/15/2023	
				Pagina		1	
TESIS: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLIMERO XANTANO, EN EL RECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2023				LUGAR DEL ENSAYO: LABORATORIO DE SUELOS CUSCO			
SOLICITA: DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA				FECHA DE EJECUCIÓN: 24 - 05 - 2023		CONSECUTIVO 4315	
UBICACIÓN: SECTOR DE AGUA BUENA				UBICACIÓN		Cal 02	
SONDEO: Cal - 02						OK	
MUESTRA: M - 01						-	
PROF.(m): 0m - 1.5m						-	
TIPO DE MUESTRA				COORDENADAS		183667.58	
						ESTE(m)	
						8500319.17	
						NORTE(m)	
UBICACIÓN DE LA MUESTRA:				CAL 02		COTA(m)	
CALCULO DE HUMEDAD							
ITEM	DATOS			ENSAYOS			
	NUMERO DE RECIPIENTE			B-54			
1-	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO (M _{mo})			511.30 gr			
2-	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (M _{se})			458.04 gr			
3-	PESO DEL RECIPIENTE (M _j)			108.27 gr			
4-	PESO DEL AGUA			53.26 gr			
5-	PESO DEL SUELO SECO (W _s)			349.77 gr			
6-	CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)			15.23 %			
				CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO 15.23 %			

OBSERVACIONES: CAL 02 realizado por J&T INGEOTECNIA SAC

EQUIPOS PARA ENSAYO				
ITEM	EQUIPO	SERIE	TRAZABILIDAD	FECHA CALIBRACION
1	HORNO 76L	220954	N° LT-452-2024	9/3/2024
2	BALANZA 2 000gr	2020065586	N° LM-1233-2024	9/3/2024

TEC. LABORATORIO J&T INGEOTECNIA		SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA		VALIDACION PROFESIONAL	
E.E.Q.A.		Yelvin Jordan Ugarte		J&T INGEOTECNIA S.A.C	
Firma: 		Firma: 			
Fecha: 26 - 05 - 2023		Fecha: 26 - 05 - 2023		ING. JULIO JESUS ROMERO TERRAZAS CIP. N° 300894 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA	

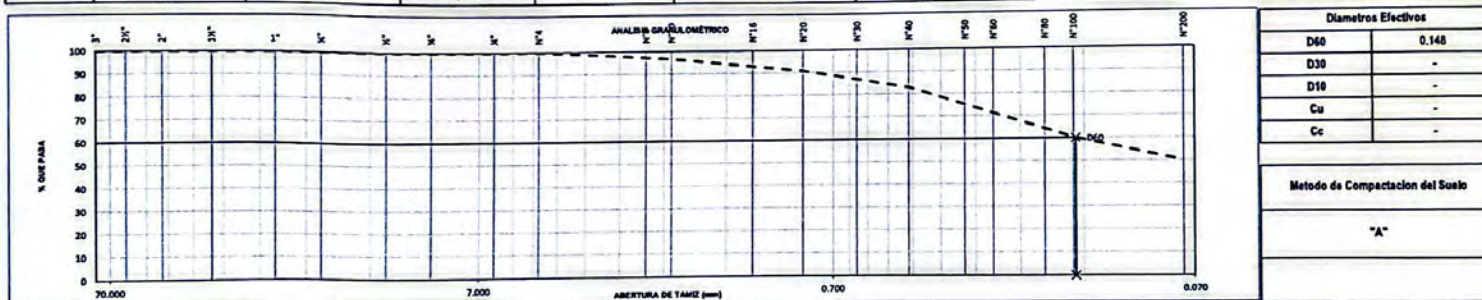
QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN PREVIA POR PARTE DE J&T INGEOTECNIA S.A.C

J&T INGEOTECNIA Ensayos & Ingenierías	J&T INGEOTECNIA S.A.C.	Código	GAE-1-028
	ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO	Version	2
	ASTM D 422-MTC E 107	Fecha	4/15/2023
		Página	2

TEJES: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2023	LUGAR DEL ENSAYO: LABORATORIO DE SUELOS CUSCO	CONSECUTIVO:	4316
FECHA DE EJECUCIÓN: 25 - 05 - 2023			

SOLICITA: DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUSPE ASLLA		UBICACIÓN	Cal 02	OK	-	
UBICACIÓN: SECTOR DE AGUA BUENA			-		-	
			-		-	
SONDEO	Cal - 02	TIPO DE MUESTRA	SPT	OK		
MUESTRA	M - 01		SHELBY			
PROF.(m)	0m - 1.5m		INALTERADA			
		OTRA				
UBICACIÓN DE LA MUESTRA:		COORDENADAS	183667.58	ESTE (m)		
			8500319.17	NORTE (m)		
				COTA (m)		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							DATOS	
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO PASANTE (gr)	RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)		
3"	75.200		512.8	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA (gr)	
2 1/2"	60.250		512.8	0.00	0.00	100.00	512.82 gr	
2"	50.800		512.8	0.00	0.00	100.00	HUMEDAD (W%)	
1 1/2"	37.500		512.8	0.00	0.00	100.00	15.23	
1"	25.400		512.8	0.00	0.00	100.00	CLASIFICACIÓN	
3/4"	19.100		512.8	0.00	0.00	100.00	Limite Líquido (LL):	ML
3/8"	12.700		512.8	0.00	0.00	100.00	Limite Plástico (LP):	NP
5/16"	9.520		512.8	0.00	0.00	100.00	Índice Plástico (IP):	NP
1/4"	6.350						Clasificación (SUCS):	SM
N°4	4.750		512.8	0.00	0.00	100.00	Clasificación (AASHTO):	A-4 (3)
N°8	2.360	6.91	505.9	1.35	1.35	98.65	Índice de Consistencia:	NP
N°10	2.000	10.31	502.5	2.01	3.36	96.64	Materia orgánica	
N°15	1.180	13.09	499.7	2.55	5.91	94.09	DESCRIPCIÓN DEL SUELO (SUCS)	
N°20	0.850	16.94	495.9	3.30	9.21	90.79	Arena limosa	
N°30	0.600	18.01	494.8	3.51	12.73	87.27	DESCRIPCIÓN DEL SUELO (AASHTO)	
N°40	0.425	22.87	490.0	4.46	17.19	82.81	REG-MALO	
N°50	0.300	24.12	488.7	4.70	21.89	78.11	OBSERVACIONES	
N°60	0.250	26.08	486.7	5.09	26.97	73.03	Grava 3" - N° 4:	0.00
N°80	0.180	29.66	463.2	5.78	32.76	67.24	Arena N°4 - N° 200:	50.03
N°100	0.150	36.01	476.8	7.82	39.78	60.22	Finos < N° 200:	49.97
N°200	0.075	52.57	460.3	10.25	50.03	49.97	N° 3"	0.00
< N° 200	FONDO	256.25	256.6	49.97	100.00	0.00		

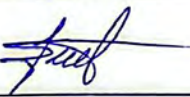
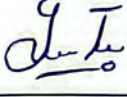


OBSERVACIONES: CAL 02 realizado por J&T INGEOTECNIA S.A.C

EQUIPOS PARA ENSAYO				
ITEM	EQUIPO	SERIE	TRAZABILIDAD	FECHA CALIBRACION
1	TAMIZ 2"	013C19	N° LL-4426-2024	8/3/2024
2	TAMIZ 1"	010J21	N° LL-4428-2024	8/3/2024
3	TAMIZ 3/4"	014F19	N° LL-4429-2024	8/3/2024
4	TAMIZ 1/2"	015G19	N° LL-4430-2024	8/3/2024
5	TAMIZ 3/8"	013H19	N° LL-4431-2024	8/3/2024
6	TAMIZ N°4	022A21	N° LL-4432-2024	8/3/2024
7	TAMIZ N°10	017B21	N° LL-4434-2024	8/3/2024
8	TAMIZ N°20	033C19	N° LL-4436-2024	8/3/2024
9	TAMIZ N°40	065G20	N° LL-4438-2024	8/3/2024
10	TAMIZ N°100	017D20	N° LL-4440-2024	8/3/2024
11	TAMIZ N°200	006X20	N° LL-4441-2024	8/3/2024
12	HORNO TBL	220954	N° LT-852-2024	8/3/2024
13	BALANZA 2 000gr	2020065586	N° LM-1233-2024	8/3/2024

TEC. LABORATORIO J&T INGEOTECNIA	SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA	VALIDACION PROFESIONAL
E.E.Q.A.	Yelán Jordan Ugarte	J&T INGEOTECNIA S.A.C
Firma:	Firma:	
Fecha: 25 - 05 - 2023	Fecha: 26 - 05 - 2023	ING. JULIO JESUS ROMERO TERRAZAS 300894 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN PREVIA POR PARTE DE J&T INGEOTECNIA S.A.C.

	J&T INGEOTECNIA SAC		Código	GAE-F-026						
	ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318 - MTC E 110 y MTC E 111		Version	2						
			Fecha	4/15/2023						
		Página	3							
TESS: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2023			LUGAR DEL ENSAYO: LABORATORIO DE SUELOS CUSCO							
SOLICITA: DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA			FECHA DE EJECUCION: 25 - 05 - 2025	CONSECUTIVO 4317						
UBICACIÓN: SECTOR DE AGUA BUENA			Cal 02	OK						
SONDEO Cal - 02					-					
MUESTRA M - 01										
PROF.(m) 0m - 1.5m			ESTE(m)							
TIPO DE MUESTRA			NORTE(m)							
SPT			COTA(m)							
SHELBY										
INALTERADA										
OTRA										
COORDENADAS										
UBICACIÓN DE LA MUESTRA:			CAL 02							
LÍMITE LÍQUIDO										
ITEM	DATOS		ENSAYOS							
1	NUMERO DE RECIPIENTE									
2	PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (M _{um})									
3	PESO RECIPIENTE + SUELO SECO (M _{sc})									
4	PESO DEL RECIPIENTE (M _r)									
5	NUMERO DE GOLPES (N)		NL							
6	PESO DEL AGUA									
7	PESO DEL SUELO SECO (W _s)									
8	CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)									
9	LÍMITE LÍQUIDO (L.L.)									
LÍMITE PLÁSTICO										
ITEM	DATOS		ENSAYOS							
1	NUMERO DE RECIPIENTE									
2	PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (M _{um})									
3	PESO RECIPIENTE + SUELO SECO (M _{sc})									
4	PESO DEL RECIPIENTE (M _r)		NP							
5	PESO DEL AGUA									
6	PESO DEL SUELO SECO (W _s)									
7	CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)									
LÍMITE LÍQUIDO										
			<table><tr><td>LÍMITE LÍQUIDO (L.L.)</td></tr><tr><td>N.L.</td></tr><tr><td>LÍMITE PLÁSTICO (L.P.)</td></tr><tr><td>N.P.</td></tr><tr><td>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)</td></tr><tr><td>N.P.</td></tr></table>		LÍMITE LÍQUIDO (L.L.)	N.L.	LÍMITE PLÁSTICO (L.P.)	N.P.	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)	N.P.
LÍMITE LÍQUIDO (L.L.)										
N.L.										
LÍMITE PLÁSTICO (L.P.)										
N.P.										
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)										
N.P.										
OBSERVACIONES: CAL 02, realizado por J&T INGEOTECNIA SAC										
EQUIPOS PARA ENSAYO										
ITEM	EQUIPO	SERIE	TRAZABILIDAD	FECHA CALIBRACIÓN						
1	HORNO 76L	220954	N° LT-652-2024	9/3/2024						
2	BALANZA 2000gr	2020065586	N° LM-1233-2024	9/3/2024						
3	COPA CASAGRANDE	2336	N° LL-4454-2024	9/3/2024						
TEC. LABORATORIO J&T INGEOTECNIA		SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA		VALIDACIÓN PROFESIONAL						
E.E.G.A.		Yelzin Jordan Ugarte		J&T INGEOTECNIA S.A.C						
Firma: 		Firma: 								
Fecha: 26 - 05 - 2025		Fecha: 26 - 05 - 2025								
ING. JULIO JESÚS ROMERO TERRAZAS CIP. N° 300894 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA										
QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN PREVIA POR PARTE DE J&T INGEOTECNIA S.A.C										

J&T INGEOTECNIA Estudios e Ingeniería		J&T INGEOTECNIA SAC		Código	GAE-FI-026
		ENSAYO DE PESO UNITARIO (PARAFINA) ASTM D 4531		Version	1
				Fecha	8/25/2022
				Página	4

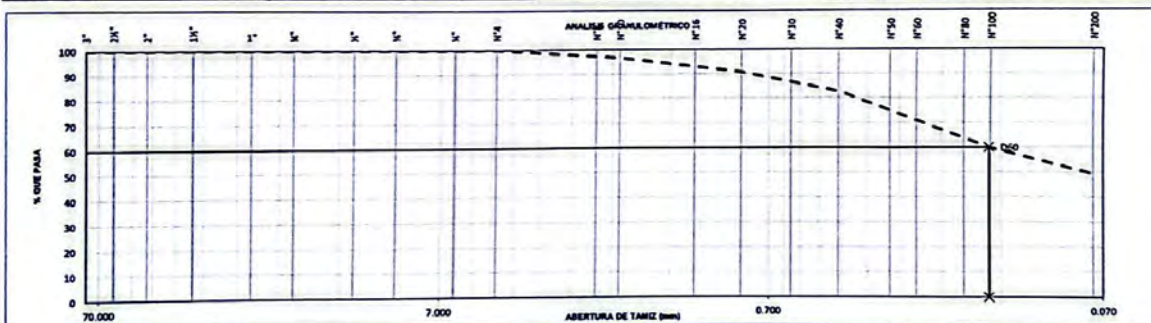
TESIS: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025				LUGAR DEL ENSAYO: LABORATORIO DE SUELOS CUSCO	
SOLICITA: DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASILA				FECHA DE EJECUCIÓN: 26 - 05 - 2025	
UBICACIÓN: SECTOR DE AGUA BUENA				Cal 02	OK
SONDEO: Cal - 02				-	-
MUESTRA: M - 01				-	-
PROF. 0m - 1.5m				183667.58	ESTE (m)
TIPO DE MUESTRA				8500319.17	NORTE (m)
SPT OK				-	COTA (m)
SHELBY					
MALTERADA					
OTRA					
COORDENADAS					
UBICACIÓN DE LA MUESTRA:				CAL 02	
TOMA DE DATOS					
PESO UNITARIO PARAFINADO					
ITEM	DATOS			ENSAYOS	
1	CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)			15.22 %	
2	PESO DEL SUELO HUMEDO (W)			263.90 gr	
3	PESO DEL SUELO + PARAFINA AL AIRE (W _a +W _p)			272.99 gr	
4	PESO SUMERGIDO + MUESTRA PARAFINADA			120.61 gr	
5	DENSIDAD DE LA PARAFINA (ρ _p)			0.87 gr/cm ³	
7	VOLUMEN DE LA PARAFINA			19.34 cm ³	
8	PESO UNITARIO HÚMEDO APARENTE (γ _a)			1.559 gr/cm ³	
9	PESO UNITARIO SECO			1.513 gr/cm ³	

OBSERVACIONES: CAL 02 realizada por J&T INGEOTECNIA SAC

TEC. LABORATORIO: J&T INGEOTECNIA E.E.G.A.		SUPERVISOR: J&T INGEOTECNIA Yaelin Jordan Ugarte		VALIDACIÓN PROFESIONAL J&T INGEOTECNIA S.A.C ING. JULIO JESUS ROMERO TERRAZAS CIP. Nº 300894 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA	
Firma:		Firma:		Firma:	
Fecha: 26 - 05 - 2025		Fecha: 26 - 05 - 2025		Fecha: 26 - 05 - 2025	

QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN PREVIA POR PARTE DE J&T INGEOTECNIA S.A.C.

J&T INGEOTECNIA Estudios & Ingeniería		J&T INGEOTECNIA SAC		Codigo: GAE-F-026			
		ENSAJO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D 422-MTC E 107		Version: 2			
				Fecha: 4/15/2023			
				Pagina: 2			
TESIS: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2023				LUGAR DEL ENSAYO: LABORATORIO DE SUELOS CUSCO			
SOLICITA: DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA				FECHA DE EJECUCIÓN: 28 - 05 - 2025			
UBICACIÓN: SECTOR DE AGUA BUENA				CONSECUTIVO: 4324			
SONDEO: Cal - 02		TIPO DE MUESTRA		Cal 02: OK			
MUESTRA: SN + 1.5% BX		SPT		-			
PROF.(m): 0m - 1.5m		SHELBY		-			
		INALTERADA		OK			
		OTRA		-			
UBICACIÓN DE LA MUESTRA:		CAL - 02		183667.58 ESTE (m)			
				8500319.17 NORTE (m)			
				- COTA (m)			
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO PASANTE (gr)	RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)	DATOS
3"	76.200		507.5	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA (gr)
2 1/2"	60.350		507.5	0.00	0.00	100.00	507.50 gr
2"	50.800		507.5	0.00	0.00	100.00	PESO SN
1 1/2"	37.500		507.5	0.00	0.00	100.00	500.00
1"	25.400		507.5	0.00	0.00	100.00	PESO BX (0.5%)
3/4"	19.100		507.5	0.00	0.00	100.00	7.50
5/8"	12.700		507.5	0.00	0.00	100.00	CLASIFICACIÓN
3/8"	9.520		507.5	0.00	0.00	100.00	Límite Líquido (LL): 22
1/4"	6.350		507.5	0.00	0.00	100.00	Límite Plástico (LP): 19
N°4	4.750		507.5	0.00	0.00	100.00	Índice Plástico (IP): 3
N°8	2.360	6.91	500.6	1.36	1.36	98.64	Clasificación (SUCS): SC - SM
N°10	2.000	10.31	487.2	2.03	3.39	96.61	Clasificación (AASHTO): A-4 (3)
N°16	1.180	13.09	494.4	2.58	5.97	94.03	Índice de Consistencia: -
N°20	0.850	16.54	490.8	3.34	9.31	90.69	Materia orgánica
N°30	0.600	18.01	489.5	3.55	12.86	87.14	DESCRIPCIÓN DEL SUELO (SUCS)
N°40	0.425	22.87	484.6	4.51	17.37	82.63	Arena fino arcillosa
N°50	0.300	24.12	483.4	4.75	22.12	77.88	DESCRIPCIÓN DEL SUELO (AASHTO)
N°60	0.250	26.08	481.4	5.14	27.26	72.74	REG-MALO
N°80	0.180	29.66	477.8	5.84	33.10	66.90	OBSERVACIONES
N°100	0.150	36.01	471.5	7.19	40.29	59.70	Grava 3" - N° 4: 0.00
N°200	0.075	52.57	454.9	10.36	50.65	49.34	Arena N°4 - N° 200: 50.56
< N° 200	FONDO	250.93	256.8	49.44	100.00	0.00	Finos < N° 200: 49.44
							%-3": 0.00



OBSERVACIONES: CAL - 02, realizado por J&T INGEOTECNIA SAC

Díametros Efectivos	
D60	0.151
D30	-
D10	-
Cu	-
Cc	-

Método de Compactación del Suelo	
"A"	

EQUIPOS PARA ENSAYO				
ITEM	EQUIPO	SERIE	TRAZABILIDAD	FECHA CALIBRACION
1	TAMIZ 2"	015C19	N° LL-4426-2024	9/3/2024
2	TAMIZ 1"	010J21	N° LL-4428-2024	9/3/2024
3	TAMIZ 3/4"	014F19	N° LL-4429-2024	9/3/2024
4	TAMIZ 1/2"	015G19	N° LL-4430-2024	9/3/2024
5	TAMIZ 3/8"	013H19	N° LL-4431-2024	9/3/2024
6	TAMIZ N°4	022A21	N° LL-4432-2024	9/3/2024
7	TAMIZ N°10	017B21	N° LL-4434-2024	9/3/2024
8	TAMIZ N°20	033O19	N° LL-4436-2024	9/3/2024
9	TAMIZ N°40	005Q20	N° LL-4438-2024	9/3/2024
10	TAMIZ N°100	017O20	N° LL-4440-2024	9/3/2024
11	TAMIZ N°200	006Q26	N° LL-4441-2024	9/3/2024
12	HORNO 75L	229954	N° LT-852-2024	9/3/2024
13	BALANZA 2 000gr	202095586	N° LM-1233-2024	9/3/2024

TEC. LABORATORIO J&T INGEOTECNIA		SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA		VALIDACION PROFESIONAL	
E.E.R.A.		Yelvin Jordan Ugarte		J&T INGEOTECNIA S.A.C.	
Firma:		Firma:			
Fecha: 28 - 05 - 2025		Fecha: 28 - 05 - 2025		ING. JULIO JESUS ROMERO TERRAZAS CIP. N° 300894	
QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION PREVIA POR PARTE DE LA EMPRESA INGEOTECNIA					

J&T INGEOTECNIA Estudios & Ingeniería	J&T INGEOTECNIA SAC		Código	GAE-F-426
	ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO		Version	2
	ASTM D 422 -MTC E 107		Fecha	4/15/2023
			Página	2

TESIS: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2023
LUGAR DEL ENSAYO: LABORATORIO DE SUELOS CUSCO

FECHA DE EJECUCIÓN: 28 - 05 - 2023
CONSECUTIVO: 4323

SOLICITA: DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA

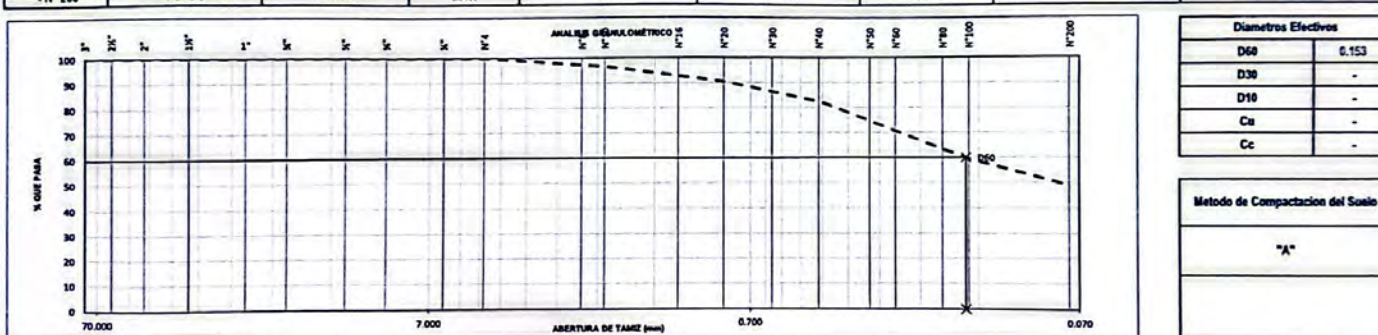
UBICACIÓN: SECTOR DE AGUA BUENA

SONDEO	Cal - 82	TIPO DE MUESTRA	SPT		COORDENADAS	679169	ESTE (m)
MUESTRA	SN + 1.8% BX		SHELBY			6735802	NORTE (m)
PROF.(m)	0m - 1.5m		INALTERADA	OK		-	COTA (m)
			OTRA				

UBICACION DE LA MUESTRA : CAL - 82

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO PASANTE (gr)	RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)	DATOS
3"	76.200		505.8	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA (gr)
2 1/2"	60.350		505.8	0.00	0.00	100.00	505.00 gr
2"	50.800		505.8	0.00	0.00	100.00	PESO SN
1 1/2"	37.500		505.8	0.00	0.00	100.00	500.00
1"	25.400		505.8	0.00	0.00	100.00	PESO BX (1.8%)
3/4"	19.100		505.8	0.00	0.00	100.00	5.00
5/8"	12.700		505.8	0.00	0.00	100.00	CLASIFICACIÓN
3/8"	9.520		505.8	0.00	0.00	100.00	Límite Líquido (LL):
7/16"	6.350		505.8	0.00	0.00	100.00	ML
N°4	4.750		505.8	0.00	0.00	100.00	Límite Plástico (LP):
N°8	2.360	6.91	498.1	1.37	1.37	98.63	MLP
N°10	2.000	10.31	494.7	2.84	3.41	96.59	Indice Plástico (IP):
N°16	1.180	13.09	491.9	2.59	6.00	93.90	NP
N°20	0.850	16.94	488.1	3.35	9.36	90.64	Clasificación (SUCS):
N°30	0.600	18.01	487.9	3.57	12.92	87.08	SM
N°40	0.425	22.87	482.1	4.53	17.45	82.55	Clasificación (AASHTO):
N°50	0.300	24.12	480.9	4.78	22.23	77.77	A-4 (3)
N°60	0.250	26.08	478.9	5.16	27.39	72.61	Indice de Consistencia:
N°80	0.180	29.66	475.3	5.87	33.27	66.73	NP
N°100	0.150	36.01	469.9	7.13	40.40	59.60	Materia orgánica
N°200	0.075	52.57	453.4	10.41	50.81	49.19	DESCRIPCIÓN DEL SUELO (SUCS)
< N° 200	FONDO	248.43	256.6	49.19	100.00	0.00	Arena ímota



OBSERVACIONES: CAL - 82, realizado por J&T INGEOTECNIA SAC

Diametros Efectivos	
D60	0.153
D30	-
D10	-
Cu	-
Cc	-

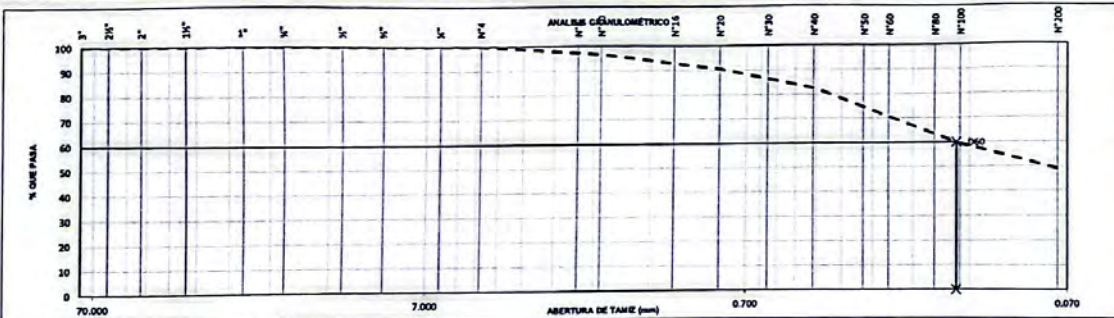
Metodo de Compactacion del Suelo	
A	

EQUIPOS PARA ENSAYO				
ITEM	EQUIPO	SERIE	TRAZABILIDAD	FECHA CALIBRACION
1	TAMIZ 2"	013C19	N° LL-4426-2024	9/3/2024
2	TAMIZ 1"	010Z21	N° LL-4428-2024	9/3/2024
3	TAMIZ 3/4"	014F19	N° LL-4429-2024	9/3/2024
4	TAMIZ 1/2"	015G19	N° LL-4430-2024	9/3/2024
5	TAMIZ 3/8"	013H19	N° LL-4431-2024	9/3/2024
6	TAMIZ N°4	022A21	N° LL-4432-2024	9/3/2024
7	TAMIZ N°10	017B21	N° LL-4434-2024	9/3/2024
8	TAMIZ N°20	033O19	N° LL-4436-2024	9/3/2024
9	TAMIZ N°40	005Q20	N° LL-4438-2024	9/3/2024
10	TAMIZ N°100	017O20	N° LL-4440-2024	9/3/2024
11	TAMIZ N°200	006X20	N° LL-4441-2024	9/3/2024
12	HORNHO 78L	220954	N° LT-852-2024	9/3/2024
13	BALANZA 2 000gr	202006506	N° LM-1233-2024	9/3/2024

TEC. LABORATORIO J&T INGEOTECNIA		SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA		VALIDACIÓN PROFESIONAL	
E.E.Q.A.		Yelsin Jordan Ugarte		J&T INGEOTECNIA S.A.	
Firma:		Firma:			
Fecha: 28 - 05 - 2023		Fecha: 28 - 05 - 2023		ING. JULIO JESUS ROMERO TERRAZA	
				CIP. N° 300894	
				ESPECIALISTA EN GEOTECNIA	

QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN PREVIA POR PARTE DE J&T INGEOTECNIA S.A.C

J&T INGEOTECNIA Estudios & Ingeniería		J&T INGEOTECNIA SAC		Codigo Version Fecha Página		GAE-41-426 2 4/15/2023 2	
ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D 422-MTC E 107							
TESIS: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2023				LUGAR DEL ENSAYO: LABORATORIO DE SUELOS CUSCO			
SOLICITA: DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA				FECHA DE EJECUCIÓN: 19-04-2025		CONSECUTIVO	4322
UBICACIÓN: SECTOR DE AGUA BUENA				UBICACIÓN		Cal 02	OK
SONDEO				Cal - 02		OK	
MUESTRA				SN + 0.5% BX		TIPO DE MUESTRA	
PROF.(m)				0m - 1.5m		SPT	
UBICACIÓN DE LA MUESTRA :				CAL - 02		OK	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO				COORDENADAS		183647.58 8500319.17 ESTE (m) NORTE (m) COTA (m)	
TAMIZ N°				ABERTURA (mm)		PESO RETENIDO (gr)	
PESO PASANTE (gr)				RETENIDO (%)		RETENIDO ACUMULADO (%)	
PASANTE (%)				DATOS		PESO TOTAL MUESTRA (gr)	
PESO SN				PESO BX (0.5%)		503.13 gr	
CLASIFICACIÓN				Límite Líquido (LL):		N.L.	
Límite Plástico (LP):				N.P.		N.P.	
Índice Plástico (IP):				N.P.		N.P.	
Clasificación (AASHTO):				A-4 (3)		A-4 (3)	
Índice de Consistencia:				-		-	
Materia orgánica				DESCRIPCIÓN DEL SUELO (SUCS)		Arena limosa	
DESCRIPCIÓN DEL SUELO (AASHTO)				REG-MALO		OBSERVACIONES	
Grava 3" - N° 4:				0.00		0.00	
Arena N° 4 - N° 200:				51.00		51.00	
Finos < N° 200:				49.00		49.00	
> 3"				0.00		0.00	



Diámetros Efectivos	
D60	0.154
D30	-
D10	-
Cu	-
Cc	-

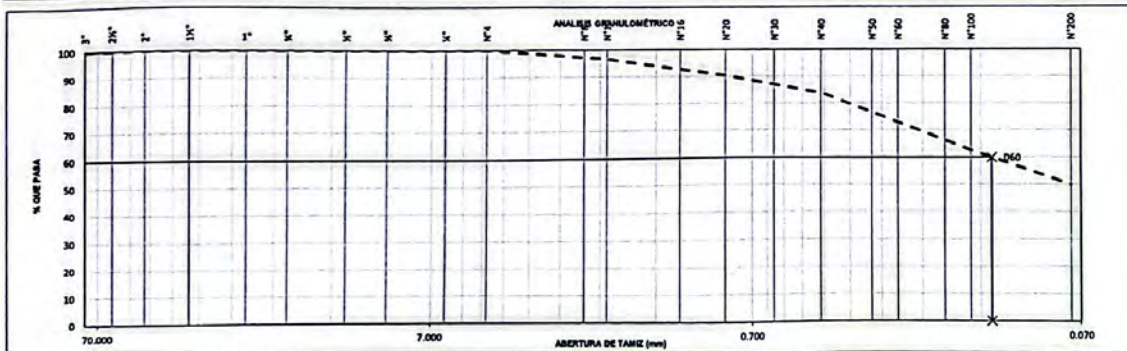
Método de Compactación del Suelo	
"A"	

OBSERVACIONES: CAL - 02, realizado por J&T INGEOTECNIA SAC

EQUIPOS PARA ENSAYO				
ITEM	EQUIPO	SERIE	TRAZABILIDAD	FECHA CALIBRACION
1	TAMIZ 2"	013C19	N° LL-4426-2024	9/3/2024
2	TAMIZ 1"	010A21	N° LL-4426-2024	9/3/2024
3	TAMIZ 3/4"	014F19	N° LL-4426-2024	9/3/2024
4	TAMIZ 1/2"	015G19	N° LL-4430-2024	9/3/2024
5	TAMIZ 3/8"	013H19	N° LL-4431-2024	9/3/2024
6	TAMIZ N°4	022A21	N° LL-4432-2024	9/3/2024
7	TAMIZ N°10	017B21	N° LL-4434-2024	9/3/2024
8	TAMIZ N°20	033O19	N° LL-4436-2024	9/3/2024
9	TAMIZ N°40	005O20	N° LL-4438-2024	9/3/2024
10	TAMIZ N°100	017O20	N° LL-4440-2024	9/3/2024
11	TAMIZ N°200	006X20	N° LL-4441-2024	9/3/2024
12	HORNO 76L	220954	N° LT-853-2024	9/3/2024
13	BALANZA 2 000gr	2020065586	N° LM-1233-2024	9/3/2024

TEC. LABORATORIO J&T INGEOTECNIA		SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA		VALIDACION PROFESIONAL	
E.E.Q.A.		Yelsin Jordan Ugarte		J&T INGEOTECNIA S.A.C.	
Firma:		Firma:			
Fecha: 28-05-2025		Fecha: 28-05-2025		ING. JULIO JESUS ROMERO TERRAZAS CIP. N° 300894 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA	
QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN PREVIA POR PARTE DE J&T INGEOTECNIA SAC					

J&T INGEOTECNIA Estudios & Ingeniería		J&T INGEOTECNIA SAC				Codigo		GAE-FI-026	
		ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D 422 -MTC E 107				Version		2	
						Fecha		4/15/2023	
						Pagina		2	
TESIS: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2023						LUGAR DEL ENSAYO: LABORATORIO DE SUELOS CUSCO			
SOLICITA: DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA						FECHA DE EJECUCIÓN: 28 - 05 - 2023			
UBICACIÓN: SECTOR DE AGUA BUENA						CONSECUTIVO: 4321			
SONDEO						Cal 01		OK	
MUESTRA						SN + 1.5% BX		TIPO DE MUESTRA	
PROF.(m)						0m - 1.5m		SPT	
UBICACION DE LA MUESTRA:						Cal - 01		COORDENADAS	
						183668.49		ESTE (m)	
						8500302.89		NORTE (m)	
								COTA (m)	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO									
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO PASANTE (gr)	RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)	DATOS		
3"	76.200		634.4	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA (gr)		
2 1/2"	60.350		634.4	0.00	0.00	100.00	634.38 gr		
2"	50.800		634.4	0.00	0.00	100.00	PESO SN		
1 1/2"	37.500		634.4	0.00	0.00	100.00	625.00		
1"	25.400		634.4	0.00	0.00	100.00	PESO BX (1.5%)		
3/4"	19.100		634.4	0.00	0.00	100.00	9.38		
1/2"	12.700		634.4	0.00	0.00	100.00	CLASIFICACIÓN		
3/8"	9.520		634.4	0.00	0.00	100.00	Límite Líquido (LL):		
1/4"	6.350		634.4	0.00	0.00	100.00	22		
N°4	4.750		634.4	0.00	0.00	100.00	Límite Plástico (LP):		
N°8	2.360	8.83	625.5	1.39	1.39	98.61	19		
N°10	2.000	13.13	621.2	2.07	3.46	96.54	Índice Plástico (IP):		
N°16	1.180	15.59	618.8	2.46	5.92	94.08	3		
N°20	0.850	23.67	610.7	3.73	9.65	90.35	Clasificación (SUCS):		
N°30	0.600	16.29	618.1	2.57	12.22	87.78	SC - SM		
N°40	0.425	25.17	609.2	3.97	16.19	83.81	Clasificación (AASHTO):		
N°50	0.300	25.28	609.1	3.99	20.17	79.83	A-4 (3)		
N°60	0.250	27.58	606.8	4.35	24.52	75.48	Índice de Consistencia:		
N°80	0.180	39.87	594.5	6.28	30.80	69.20	-		
N°100	0.150	41.41	593.0	6.53	37.33	62.67	Materia orgánica		
N°200	0.075	80.50	553.9	12.69	50.02	49.98	DESCRIPCIÓN DEL SUELO (SUCS)		
< N° 200	FONDO	317.06	317.3	49.98	100.00	0.00	Arenas limo arcillosas		
							DESCRIPCIÓN DEL SUELO (AASHTO)		
							REG-MALO		
							OBSERVACIONES		
							Grava 3" - N° 4:		
							0.00		
							Arenas N°4 - N° 200:		
							50.02		
							Finos < N° 200:		
							49.98		
							> 3"		
							0.00		



OBSERVACIONES: Cal - 01, realizado por J&T INGEOTECNIA SAC

Diametros Efectivos	
D60	0.130
D30	-
D10	-
Cu	-
Cc	-
Metodo de Compactacion del Suelo	
"A"	

EQUIPOS PARA ENSAYO				
ITEM	EQUIPO	SERIE	TRAZABILIDAD	FECHA CALIBRACION
1	TAMIZ 2"	013C19	N° LL-4426-2024	9/3/2024
2	TAMIZ 1"	010A21	N° LL-4428-2024	9/3/2024
3	TAMIZ 3/4"	014F19	N° LL-4429-2024	9/3/2024
4	TAMIZ 1/2"	015G19	N° LL-4430-2024	9/3/2024
5	TAMIZ 3/8"	013M19	N° LL-4431-2024	9/3/2024
6	TAMIZ N°4	022A21	N° LL-4432-2024	9/3/2024
7	TAMIZ N°10	017B21	N° LL-4434-2024	9/3/2024
8	TAMIZ N°20	033O19	N° LL-4436-2024	9/3/2024
9	TAMIZ N°40	005Q20	N° LL-4438-2024	9/3/2024
10	TAMIZ N°100	017O20	N° LL-4440-2024	9/3/2024
11	TAMIZ N°200	006K20	N° LL-4441-2024	9/3/2024
12	HORNO 76L	220954	N° LT-452-2024	9/3/2024
13	BALANZA 2 000g	2020065586	N° LM-1233-2024	9/3/2024

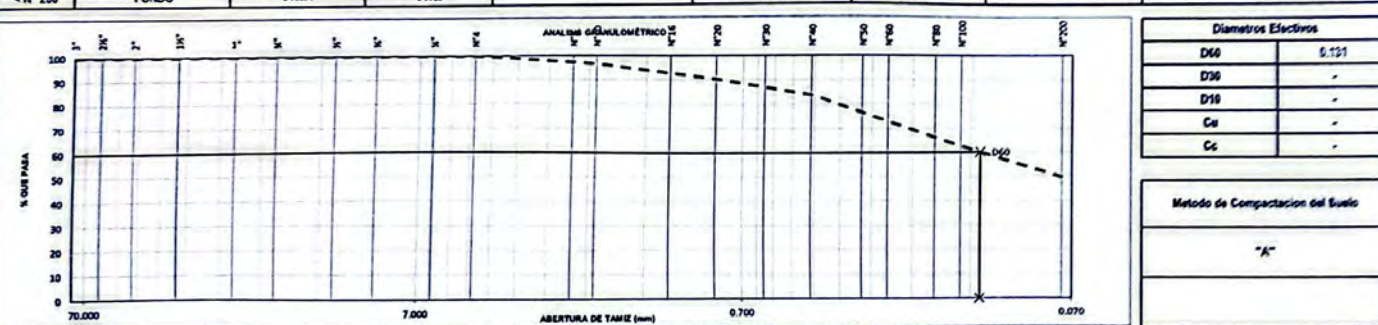
TEC. LABORATORIO J&T INGEOTECNIA		SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA		VALIDACION PROFESIONAL	
E.E.Q.A.		Yelsin Jordan Ugarte		J&T INGEOTECNIA S.A.C.	
Firma:		Firma:			
Fecha: 28 - 05 - 2025		Fecha: 28 - 05 - 2025		ING. JULIO JESUS ROMERO TERRAZA CIP. N° 300894 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA	
QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN PREVIA POR PARTE DE J&T INGEOTECNIA S.A.C.					

J&T INGEOTECNIA Estudios & Ingeniería	J&T INGEOTECNIA SAC		Código	688.4.428
	ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO		Version	2
	ASTM D 422-MTC E 107		Fecha	6/15/2025
			Página	2

TESIS: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025		LUGAR DEL ENSAYO: LABORATORIO DE SUELOS CUSCO	
SOLICITA: DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA		FECHA DE EJECUCION: 28 - 05 - 2025	CATEGORIA: A206

UBICACIÓN: SECTOR DE AGUA BUENA		UBICACIÓN	Cal 01	OK	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
SONDEO	Cal - 01	TIPO DE MUESTRA	SPT	OK			
MUESTRA	SN + 1.8% BX		SHELBY			183008.89	ESTE (m)
PROF.(m)	0m - 1.5m		INALTERADA			8500302.89	NORTE (m)
UBICACIÓN DE LA MUESTRA :		OTRA			-	SURTE (m)	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO PASANTE (gr)	RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)	DATOS
3"	76.200		631.3	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA (gr) 631.25 gr
2 1/4"	63.500		631.3	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800		631.3	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500		631.3	0.00	0.00	100.00	PESO SN 625.00
1"	25.400		631.3	0.00	0.00	100.00	PESO BX (1.8%) 6.25
3/4"	19.100		631.3	0.00	0.00	100.00	CLASIFICACIÓN
3/8"	12.700		631.3	0.00	0.00	100.00	
3/16"	9.520		631.3	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.350						
N°4	4.750		631.3	0.00	0.00	100.00	
N°8	2.360	8.83	622.4	1.40	1.40	98.60	Límite Líquido (LL): 22
N°10	2.000	13.13	618.1	2.08	3.48	97.92	Límite Plástico (LP): 19
N°16	1.180	15.59	615.7	2.47	5.95	94.05	Índice Plástico (IP): 3
N°20	0.850	23.67	607.6	3.75	9.70	90.30	Clasificación (SUCS): SM
N°30	0.600	16.29	615.0	2.58	12.28	87.72	Clasificación (AASHTO): A-4 (5)
N°40	0.425	25.17	606.1	3.99	16.27	83.73	Índice de Consistencia: -
N°50	0.300	25.28	606.0	4.00	20.27	79.73	Materia orgánica
N°60	0.250	27.58	603.7	4.37	24.64	75.36	DESCRIPCIÓN DEL SUELO (SUCS) Arena limosa
N°80	0.180	39.87	591.4	6.32	30.96	69.04	
N°100	0.150	41.41	589.8	6.56	37.52	62.48	DESCRIPCIÓN DEL SUELO (AASHTO) REGALLO
N°200	0.075	80.50	550.8	12.75	50.27	49.73	
< N° 200	FONDO	313.93	317.3	49.73	100.00	0.00	OBSERVACIONES



OBSERVACIONES: Cal - 01, realizado por J&T INGEOTECNIA SAC

EQUIPOS PARA ENSAYO				
ITEM	EQUIPO	SERIE	TRAZABILIDAD	FECHA CALIBRACION
1	TAMIZ 2"	013C19	N° LL-4426-2024	9/2/2024
2	TAMIZ 1"	010J21	N° LL-4428-2024	9/2/2024
3	TAMIZ 3/4"	014F19	N° LL-4429-2024	9/2/2024
4	TAMIZ 1/2"	015G19	N° LL-4430-2024	9/2/2024
5	TAMIZ 3/8"	013H19	N° LL-4431-2024	9/2/2024
6	TAMIZ N°4	022A21	N° LL-4432-2024	9/2/2024
7	TAMIZ N°10	017B21	N° LL-4434-2024	9/2/2024
8	TAMIZ N°20	033O19	N° LL-4436-2024	9/2/2024
9	TAMIZ N°40	006Q20	N° LL-4438-2024	9/2/2024
10	TAMIZ N°100	017O20	N° LL-4440-2024	9/2/2024
11	TAMIZ N°200	006X20	N° LL-4441-2024	9/2/2024
12	HORNO 76L	220954	N° LT-452-2024	9/2/2024
13	BALANZA 2 000gr	202065596	N° LM-1223-2024	9/2/2024

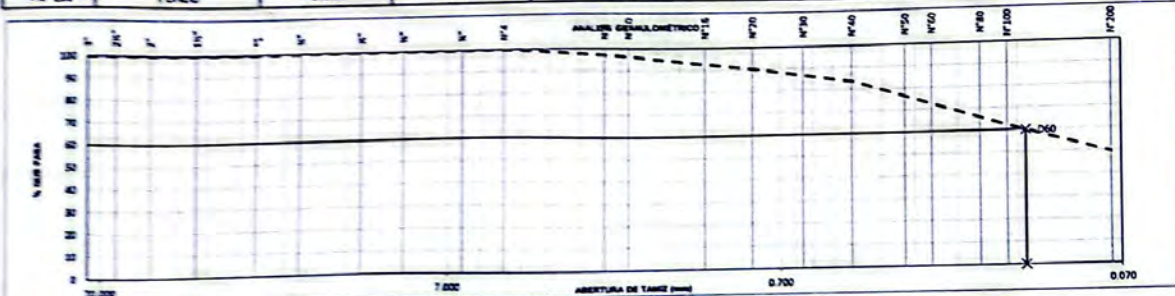
TEC. LABORATORIO J&T INGEOTECNIA		SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA		VALIDACION PROFESIONAL	
E.E.Q.A.		Yelmin Jordan Ugarte		J&T INGEOTECNIA S.A.C.	
Firma:	Firma:				
Fecha: 28 - 05 - 2025	Fecha: 28 - 05 - 2025	Fecha: 28 - 05 - 2025			

QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN PREVIA POR PARTE DE J&T INGEOTECNIA S.A.C.

INGENIERO JULIO JESUS ROMERO TERRAZAS
CIP. N° 300894
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

		J&T INGEOTECNIA SAC		Codigo		GAE-4-026	
		ENSAJO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO		Version		2	
		ASTM D 422-MTC E 187		Fecha		4/15/2023	
				Pagina		2	
TESIS: ESTABILIZACION DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLIMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIAN - CUSCO, 2022				LUGAR DEL ENSAYO: LABORATORIO DE SUELOS CUSCO			
				FECHA DE EJECUCION: 28 - 05 - 2023		CONSECUTIVO: 4318	
SOLICITA: DELBERT HUMBERTO MANAN SALAS, ERICK EVERSON QUISPE ASILLA				UBICACION		Cal 01	
UBICACION: SECTOR DE AGUA BUENA						OK	
SONDEO		Cal - 01	TIPO DE MUESTRA		SPT		OK
MUESTRA		SN + 0.5% BX			SHELBY		
PROF. (m)		0m - 1.5m			INALTERADA		
			OTRA				
UBICACION DE LA MUESTRA:				COORDENADAS		183668.49 ESTE (m)	
						8500302.89 NORTE (m)	
						COTA (m)	

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO							DATOS	
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO PASANTE (gr)	RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)	PESO TOTAL MUESTRA (gr)	
2"	75.200		628.1	0.00	0.00	100.00	628.13 gr	
20"	85.280		628.1	0.00	0.00	100.00	PESO SN	PESO BX (1.0%)
4"	50.800		628.1	0.00	0.00	100.00	625.00	3.13
10"	37.500		628.1	0.00	0.00	100.00	CLASIFICACION	
75"	25.400		628.1	0.00	0.00	100.00	Límite Líquido (LL):	22
75"	15.100		628.1	0.00	0.00	100.00	Límite Plástico (LP):	19
75"	12.500		628.1	0.00	0.00	100.00	Índice Plástico (IP):	3
75"	8.500		628.1	0.00	0.00	100.00	Clasificación (SUCS):	SM
75"	4.750		628.1	0.00	0.00	100.00	Clasificación (AASHTO):	A-4 (3)
N°4	4.750		628.1	0.00	0.00	100.00	Índice de Consistencia:	-
N°10	2.000	3.53	614.6	1.41	1.41	98.59	Materia orgánica	
N°20	0.850	13.13	615.0	2.09	3.50	96.50	DESCRIPCION DEL SUELO (SUCS)	
N°40	0.425	13.59	614.5	2.48	5.98	94.02	Arena limosa	
N°60	0.250	23.67	604.5	3.77	9.75	90.25	DESCRIPCION DEL SUELO (AASHTO)	
N°100	0.150	16.29	611.8	2.59	12.34	87.66	REG-MALO	
N°200	0.075	25.17	603.0	4.91	16.35	83.65	OBSERVACIONES	
N°400	0.045	25.28	602.9	4.82	20.37	79.63	Grava 3" - N° 4:	0.00
N°600	0.250	27.58	600.5	4.39	24.76	75.24	Arena N° 4 - N° 200:	50.52
N°800	0.180	39.87	588.3	8.35	31.11	68.89	Finos < N° 200:	49.48
N°1000	0.150	42.41	585.7	6.59	37.70	62.30	> 3"	0.00
N°2000	0.075	50.50	547.6	12.82	50.52	49.48		
N°4000	FONDO	218.81	317.3	49.48	100.00	0.00		



Diametros Efectivos	
D60	0.132
D30	-
D10	-
Cu	-
Cc	-

Metodo de Compactacion del Suelo	
"A"	

OBSERVACIONES: Cal - 01, realizado por J&T INGEOTECNIA SAC

EQUIPOS PARA ENSAYO				
ITEM	EQUIPO	SERIE	TRAZABILIDAD	FECHA CALIBRACION
1	TAMIZ 2"	013C19	N° LL-4426-2024	9/3/2024
2	TAMIZ 1"	013C21	N° LL-4428-2024	9/3/2024
3	TAMIZ 3/4"	014F19	N° LL-4429-2024	9/3/2024
4	TAMIZ 1/2"	015G19	N° LL-4430-2024	9/3/2024
5	TAMIZ 3/8"	013H19	N° LL-4431-2024	9/3/2024
6	TAMIZ 1/4"	023A21	N° LL-4432-2024	9/3/2024
7	TAMIZ 1/8"	017B21	N° LL-4434-2024	9/3/2024
8	TAMIZ 3/16"	033O19	N° LL-4436-2024	9/3/2024
9	TAMIZ 1/16"	005G20	N° LL-4438-2024	9/3/2024
10	TAMIZ 1/32"	017G20	N° LL-4440-2024	9/3/2024
11	TAMIZ 1/64"	005G20	N° LL-4441-2024	9/3/2024
12	MORNO 75L	220854	N° LT-452-2024	9/3/2024
13	BALANZA 2 kggr	2020065986	N° LM-1233-2024	9/3/2024

TEC. LABORATORIO J&T INGEOTECNIA E.E.G.A. Firm:		SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA Yelsin Jordan Ugarte Firm:		VALIDACION PROFESIONAL J&T INGEOTECNIA S.A. Firm:	
Fecha: 28 - 05 - 2023		Fecha: 28 - 05 - 2023		Fecha: 28 - 05 - 2023 ING. JULIO JESUS ROMERO TERRAZ CIP. N° 300894	

QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION PREVIA POR PARTE DE J&T INGEOTECNIA S.A.C.

J&T INGEOTECNIA Estudios & Ingeniería		J&T INGEOTECNIA SAC		Código	GAE-Fr-026
		ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318 - MTC E 110 y MTC E 111		Version	2
				Fecha	4/15/2023
				Página	3

TEJIS: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2023

LUGAR DEL ENSAYO: LABORATORIO DE SUELOS CUSCO

FECHA DE EJECUCIÓN: 29 - 05 - 2023

CONSECUTIVO: 4325

SOLICITA: DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA

UBICACIÓN: SECTOR DE AGUA BUENA

SONDEO	Cal - 01	TIPO DE MUESTRA	SPT		UBICACIÓN	Cal 01	OK	-	
MUESTRA	SN + 0.5% BX		SHELBY			-	-	-	
PROF. (m)	0m - 1.5m		RIALTERADA	OK		-	-	-	
			OTRA			-	-	-	

COORDENADAS

183668.49 ESTE(m)

8500302.89 NORTE(m)

- COTA(m)

UBICACIÓN DE LA MUESTRA: CAL - 01

LÍMITE LÍQUIDO	
ITEM	DATOS
1	NÚMERO DE RECIPIENTE F-118
2	PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (M _{um}) 42.42 gr
3	PESO RECIPIENTE + SUELO SECO (M _{ss}) 36.81 gr
4	PESO DEL RECIPIENTE (M _j) 22.58 gr
5	NÚMERO DE GOLPES (N) 31
6	PESO DEL AGUA 5.81 gr
7	PESO DEL SUELO SECO (W _s) 14.23 gr
8	CONTENIDO DE HUMEDAD (W%) 39.42
9	LÍMITE LÍQUIDO (LL) 40.48

LÍMITE PLÁSTICO	
ITEM	DATOS
1	NÚMERO DE RECIPIENTE F-037
2	PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (M _{um}) 30.21 gr
3	PESO RECIPIENTE + SUELO SECO (M _{ss}) 29.15 gr
4	PESO DEL RECIPIENTE (M _j) 23.20 gr
5	PESO DEL AGUA 1.06 gr
6	PESO DEL SUELO SECO (W _s) 5.35 gr
7	CONTENIDO DE HUMEDAD (W%) 17.82

W% HUMEDAD

NÚMERO DE GOLPES (N)

25

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	42
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	18
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	24

OBSERVACIONES: CAL - 01 realizado por J&T INGEOTECNIA SAC

EQUIPOS PARA ENSAYO				
ITEM	EQUIPO	SERIE	TRAZABILIDAD	FECHA CALIBRACION
1	HORNO 76L	220954	N° LT-853-2024	9/3/2024
2	BALANZA 2000gr	2020065586	N° LM-1233-2024	9/3/2024
3	COPA CASAGRANDE	2336	N° LL-4454-2024	9/3/2024

TEC. LABORATORIO J&T INGEOTECNIA	SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA	VALIDACION PROFESIONAL
E.E.G.A.	Yelin Jordan Ugarte	J&T INGEOTECNIA S.A.C
Firma:	Firma:	Firma:
Fecha: 29 - 05 - 2023	Fecha: 29 - 05 - 2023	Fecha: 29 - 05 - 2023

QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN PREVIA POR PARTE DE J&T INGEOTECNIA

ING. JESUS ROMERO TERRAZAS
CIP. N° 300894

J&T INGEOTECNIA Estudios & Ingeniería	J&T INGEOTECNIA SAC		Código	GAE-FI-026									
	ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318 - MTC E 110 y MTC E 111		Version	2									
			Fecha	4/15/2023									
			Página	3									
LUGAR DEL ENSAYO: LABORATORIO DE SUELOS CUSCO													
TESIS: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025			FECHA DE EJECUCIÓN: 29 - 05 - 2025	CONSECUTIVO 4327									
SOLICITA: DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA			UBICACIÓN	Cal 01	OK	-	-						
UBICACIÓN: SECTOR DE AGUA BUENA				-	-	-	-						
				-	-	-	-						
SONDEO	Cal - 01	TIPO DE MUESTRA	SPT	SHELBY	COORDENADAS	183668.49	ESTE(m)						
MUESTRA	SN + 1.5% BX					8500302.89	NORTE(m)						
PROF.(m)	0m - 1.5m					-	COTA(m)						
UBICACIÓN DE LA MUESTRA:			CAL - 01										
LÍMITE LÍQUIDO													
ITEM	DATOS		ENSAYOS		T - 01								
	NUMERO DE RECIPIENTE	T - 08	Z - 0										
1	PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (M _{hum})	45.11 gr	44.21 gr	47.10 gr									
2	PESO RECIPIENTE + SUELO SECO (M _{sc})	37.39 gr	36.85 gr	37.82 gr									
3	PESO DEL RECIPIENTE (M _r)	21.45	23.01 gr	22.31 gr									
4	NUMERO DE GOLPES (N)	32	24	16									
5	PESO DEL AGUA	7.72 gr	7.36 gr	9.28 gr									
6	PESO DEL SUELO SECO (W _s)	15.94 gr	13.84 gr	15.51 gr									
7	CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)	48.43	53.18	59.83									
8	LÍMITE LÍQUIDO (L.L.)	49.90	52.92	56.69									
LÍMITE PLÁSTICO													
ITEM	DATOS		ENSAYOS		T - 07								
	NUMERO DE RECIPIENTE	T - 16	T - 07										
1	PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (M _{hum})	31.45 gr	30.82 gr										
2	PESO RECIPIENTE + SUELO SECO (M _{sc})	29.67 gr	29.15 gr										
3	PESO DEL RECIPIENTE (M _r)	21.50 gr	21.36 gr										
4	PESO DEL AGUA	1.78 gr	1.67 gr										
5	PESO DEL SUELO SECO (W _s)	8.17 gr	7.79 gr										
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)	21.79	21.44										
LÍMITE LÍQUIDO <table><tr><td>LÍMITE LÍQUIDO (L.L.)</td><td>52</td></tr><tr><td>LÍMITE PLÁSTICO (L.P.)</td><td>22</td></tr><tr><td>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)</td><td>30</td></tr></table>								LÍMITE LÍQUIDO (L.L.)	52	LÍMITE PLÁSTICO (L.P.)	22	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)	30
LÍMITE LÍQUIDO (L.L.)	52												
LÍMITE PLÁSTICO (L.P.)	22												
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)	30												
OBSERVACIONES: CAL - 01 realizado por J&T INGEOTECNIA SAC													
EQUIPOS PARA ENSAYO													
ITEM	EQUIPO	SERIE	TRAZABILIDAD	FECHA CALIBRACION									
1	HORNO 76L	220954	N° LT-852-2024	9/3/2024									
2	BALANZA 2000gr	2020065586	N° LM-1233-2024	9/3/2024									
3	COPA CASAGRANDE	2336	N° LL-4454-2024	9/3/2024									
TEC. LABORATORIO J&T INGEOTECNIA		SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA		VALIDACION PROFESIONAL									
Alex Amílcar Campana Jordan		Yelsin Jordan Ugarte		J&T INGEOTECNIA S.A.C									
Firma:		Firma:											
Fecha: 29 - 05 - 2025		Fecha: 29 - 05 - 2025		ING. JULIO JESUS ROMERO TERRAZAS									
QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO DE J&T INGEOTECNIA SAC				CIP. N° 300894									

J&T INGEOTECNIA Estudios & Ingeniería	J&T INGEOTECNIA SAC		Código	GAE-FI-026			
	ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318 - MTC E 110 y MTC E 111		Version	2			
			Fecha	4/15/2023			
			Página	3			
TESIS: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025			LUGAR DEL ENSAYO: LABORATORIO DE SUELOS CUSCO				
SOLICITA: DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA			FECHA DE EJECUCION: 30 - 05 - 2025	CONSECUTIVO 4328			
UBICACIÓN: SECTOR DE AGUA BUENA			UBICACIÓN	Cal 02	OK	-	
SONDEO				-	-	-	
MUESTRA				-	-	-	
PROF.(m)	0m - 1.5m	TIPO DE MUESTRA	COORDENADAS	183667.58		ESTE(m)	
				8500319.17		NORTE(m)	
				-		COTA(m)	
UBICACIÓN DE LA MUESTRA:			CAL - 02				
LÍMITE LÍQUIDO							
ITEM	DATOS		ENSAYOS		F-111		
1	NUMERO DE RECIPIENTE		F-108		F-000		
2	PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (M _{cm})		43.54 gr		44.32 gr		
3	PESO RECIPIENTE + SUELO SECO (M _{sc})		37.81 gr		37.75 gr		
4	PESO DEL RECIPIENTE (M _c)		23.58		22.65 gr		
5	NUMERO DE GOLPES (N)		33		23		
6	PESO DEL AGUA		5.73 gr		6.57 gr		
7	PESO DEL SUELO SECO (W _s)		14.23 gr		15.10 gr		
8	CONTENIDO DE HUMEDAD (W %)		40.27		43.51		
	LÍMITE LÍQUIDO (L.L)		41.64		43.07		
LÍMITE PLÁSTICO							
ITEM	DATOS		ENSAYOS		F-111		
1	NUMERO DE RECIPIENTE		N-21		N-22		
2	PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (M _{cm})		30.21 gr		28.32 gr		
3	PESO RECIPIENTE + SUELO SECO (M _{sc})		28.65 gr		27.19 gr		
4	PESO DEL RECIPIENTE (M _c)		20.12 gr		21.02 gr		
5	PESO DEL AGUA		1.56 gr		1.13 gr		
6	PESO DEL SUELO SECO (W _s)		8.53 gr		6.17 gr		
	CONTENIDO DE HUMEDAD (W %)		18.29		18.31		
LÍMITE LÍQUIDO W% HUMEDAD 47.20 % 46.80 % 46.40 % 46.00 % 45.60 % 45.20 % 44.80 % 44.40 % 44.00 % 43.60 % 43.20 % 42.80 % 42.40 % 42.00 % 41.60 % 41.20 % 40.80 % 40.40 % 40.00 % 39.60 % 39.20 % 38.80 % 38.40 % 38.00 % 37.60 % 37.20 % 36.80 % 36.40 % 36.00 % 35.60 % 35.20 % 34.80 % 34.40 % 34.00 % 33.60 % 33.20 % 32.80 % 32.40 % 32.00 % 31.60 % 31.20 % 30.80 % 30.40 % 30.00 % 29.60 % 29.20 % 28.80 % 28.40 % 28.00 % 27.60 % 27.20 % 26.80 % 26.40 % 26.00 % 25.60 % 25.20 % 24.80 % 24.40 % 24.00 % 23.60 % 23.20 % 22.80 % 22.40 % 22.00 % 21.60 % 21.20 % 20.80 % 20.40 % 20.00 % 19.60 % 19.20 % 18.80 % 18.40 % 18.00 % 17.60 % 17.20 % 16.80 % 16.40 % 16.00 % 15.60 % 15.20 % 14.80 % 14.40 % 14.00 % 13.60 % 13.20 % 12.80 % 12.40 % 12.00 % 11.60 % 11.20 % 10.80 % 10.40 % 10.00 % 9.60 % 9.20 % 8.80 % 8.40 % 8.00 % 7.60 % 7.20 % 6.80 % 6.40 % 6.00 % 5.60 % 5.20 % 4.80 % 4.40 % 4.00 % 3.60 % 3.20 % 2.80 % 2.40 % 2.00 % 1.60 % 1.20 % 0.80 % 0.40 % 0.00 % NÚMERO DE GOLPES (N) 10 25 50 LÍMITE LÍQUIDO (L.L) 43 LÍMITE PLÁSTICO (L.P) 18 ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P) 25							
OBSERVACIONES: CAL - 02, realizado por J&T INGEOTECNIA SAC							
EQUIPOS PARA ENSAYO							
ITEM	EQUIPO	SERIE	TRAZABILIDAD	FECHA CALIBRACION			
1	HORNO 76L	220954	N° LT-852-2024	9/3/2024			
2	BALANZA 2000gr	2020065586	N° LM-1233-2024	9/3/2024			
3	COPA CASAGRANDE	2336	N° LL-4454-2024	9/3/2024			
TEC. LABORATORIO J&T INGEOTECNIA E.E.Q.A. Firma: Fecha: 30 - 05 - 2025 SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA Yelsin Jordan Ugañe Firma: Fecha: 30 - 05 - 2025 VALIDACION PROFESIONAL J&T INGEOTECNIA S.A.C ING. JULIO JESUS ROMERO TERRAZAS CIP N° 300894 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA							
QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN PREVIA POR PARTE DE J&T INGEOTECNIA S.A.C.							

J&T INGEOTECNIA Estudios & Ingeniería	J&T INGEOTECNIA SAC		Código	GAE-F1-026																												
	ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318 - MTC E 119 y MTC E 111		Version	2																												
			Fecha	4/15/2023																												
			Página	3																												
TESIS: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025			LUGAR DEL ENSAYO: LABORATORIO DE SUELOS CUSCO																													
SOLICITA: DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA			FECHA DE EJECUCION: 30-05-2025	CONSECUTIVO 4329																												
UBICACIÓN: SECTOR DE AGUA BUENA			UBICACIÓN	CAL 02	OK	-																										
SONDEO	CAL - 02	TIPO DE MUESTRA		SPT	OK																											
MUESTRA	SN + 1.0% BX			SHELBY																												
PROF.(m)	0m - 1.5m			INALTERADA																												
			OTRA																													
UBICACIÓN DE LA MUESTRA:			COORDENADAS		183667.58	ESTE(m)																										
					8500319.17	NORTE(m)																										
					-	COTA(m)																										
UBICACIÓN DE LA MUESTRA:			CAL - 02																													
LÍMITE LÍQUIDO																																
ITEM	DATOS		ENSAYOS																													
	NUMERO DE RECIPIENTE	K - 869	K - 895	F - 110																												
1	PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (M _{hum})	45.21 gr	43.53 gr	42.96 gr																												
2	PESO RECIPIENTE + SUELO SECO (M _{se})	38.14 gr	36.75 gr	35.59 gr																												
3	PESO DEL RECIPIENTE (M _r)	22.43	22.71 gr	22.01 gr																												
4	NUMERO DE GOLPES (N)	34	26	17																												
5	PESO DEL AGUA	7.07 gr	6.78 gr	7.37 gr																												
6	PESO DEL SUELO SECO (W _s)	15.71 gr	14.04 gr	13.58 gr																												
7	CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)	45.00	48.29	54.27																												
8	LÍMITE LÍQUIDO (L.L.)	46.71	48.52	51.80																												
LÍMITE PLÁSTICO																																
ITEM	DATOS		ENSAYOS																													
	NUMERO DE RECIPIENTE	L - 14	N - 25																													
1	PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (M _{hum})	29.45 gr	30.66 gr																													
2	PESO RECIPIENTE + SUELO SECO (M _{se})	27.65 gr	28.89 gr																													
3	PESO DEL RECIPIENTE (M _r)	20.12 gr	21.02 gr																													
4	PESO DEL AGUA	1.80 gr	1.77 gr																													
5	PESO DEL SUELO SECO (W _s)	7.53 gr	7.87 gr																													
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)	23.90	22.49																													
LÍMITE LÍQUIDO LÍMITE LÍQUIDO (LL) 49 LÍMITE PLÁSTICO (LP) 23 ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP) 26 OBSERVACIONES: CAL - 02, realizado por J&T INGEOTECNIA SAC <table><tr><th colspan="5">EQUIPOS PARA ENSAYO</th></tr><tr><th>ITEM</th><th>EQUIPO</th><th>SERIE</th><th>TRAZABILIDAD</th><th>FECHA CALIBRACION</th></tr><tr><td>1</td><td>HORNO 76L</td><td>220954</td><td>N° LT-852-2024</td><td>9/3/2024</td></tr><tr><td>2</td><td>BALANZA 2000gr</td><td>2020065586</td><td>N° LM-1233-2024</td><td>9/3/2024</td></tr><tr><td>3</td><td>COPA CASAGRANDE</td><td>2336</td><td>N° LL-4454-2024</td><td>9/3/2024</td></tr></table> TEC. LABORATORIO J&T INGEOTECNIA E.E.G.A. Firma: Fecha: 30-05-2025 SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA Yelsin Jordan Ugarte Firma: Fecha: 30-05-2025 VALIDACION PROFESIONAL J&T INGEOTECNIA S.A.C ING. JULIO JESUS ROMERO TERRAZAS ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Fecha: 30-05-2025 CIP. N° 300894 QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN PREVIA POR PARTE DE J&T INGEOTECNIA S.A.C								EQUIPOS PARA ENSAYO					ITEM	EQUIPO	SERIE	TRAZABILIDAD	FECHA CALIBRACION	1	HORNO 76L	220954	N° LT-852-2024	9/3/2024	2	BALANZA 2000gr	2020065586	N° LM-1233-2024	9/3/2024	3	COPA CASAGRANDE	2336	N° LL-4454-2024	9/3/2024
EQUIPOS PARA ENSAYO																																
ITEM	EQUIPO	SERIE	TRAZABILIDAD	FECHA CALIBRACION																												
1	HORNO 76L	220954	N° LT-852-2024	9/3/2024																												
2	BALANZA 2000gr	2020065586	N° LM-1233-2024	9/3/2024																												
3	COPA CASAGRANDE	2336	N° LL-4454-2024	9/3/2024																												

J&T INGEOTECNIA Estudios & Ingeniería		J&T INGEOTECNIA SAC		Codigo	GAE-FI-026									
		ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318 - MTC E 110 y MTC E 111		Version	2									
				Fecha	4/15/2023									
				Pagina	3									
TESIS: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025				LUGAR DEL ENSAYO: LABORATORIO DE SUELOS CUSCO										
SOLICITA: DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA				FECHA DE EJECUCIÓN: 30 - 05 - 2025	CONSECUTIVO 4330									
UBICACIÓN: SECTOR DE AGUA BUENA				UBICACIÓN	Cal 02	OK	.	.						
SONDEO	Cal - 02	TIPO DE MUESTRA	SPT		OK	.	.	.						
MUESTRA	SN + 1,5% BX		SHELBY			183667.58	ESTE(m)							
PROF.(m)	0m - 1,5m		INALTERADA		8500319.17	NORTE(m)								
			OTRA		-	COTA(m)								
UBICACIÓN DE LA MUESTRA:				CAL - 02										
LÍMITE LÍQUIDO														
ITEM	DATOS		ENSAYOS											
	NUMERO DE RECIPIENTE		F-119		K - 896		K - 888							
1	PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (M _{um})		42.33 gr		43.20 gr		44.91 gr							
2	PESO RECIPIENTE + SUELO SECO (M _{ss})		35.74 gr		35.97 gr		36.23 gr							
3	PESO DEL RECIPIENTE (M _c)		22.43		22.71 gr		22.01 gr							
4	NUMERO DE GOLPES (N)		33		24		16							
5	PESO DEL AGUA		6.59 gr		7.23 gr		8.68 gr							
6	PESO DEL SUELO SECO (W _s)		13.31 gr		13.26 gr		14.22 gr							
7	CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)		49.51		54.52		61.04							
8	LÍMITE LÍQUIDO (L.L.)		51.20		54.26		57.83							
LÍMITE PLÁSTICO														
ITEM	DATOS		ENSAYOS											
	NUMERO DE RECIPIENTE		K - 905		K-896									
1	PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (M _{um})		32.11 gr		32.31 gr									
2	PESO RECIPIENTE + SUELO SECO (M _{ss})		30.29 gr		30.52 gr									
3	PESO DEL RECIPIENTE (M _c)		22.14 gr		22.43 gr									
4	PESO DEL AGUA		1.82 gr		1.79 gr									
5	PESO DEL SUELO SECO (W _s)		8.15 gr		8.09 gr									
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)		22.33		22.13									
LÍMITE LÍQUIDO <table><tr><td>LÍMITE LÍQUIDO (L.L.)</td></tr><tr><td>54</td></tr><tr><td>LÍMITE PLÁSTICO (L.P.)</td></tr><tr><td>22</td></tr><tr><td>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)</td></tr><tr><td>32</td></tr></table>									LÍMITE LÍQUIDO (L.L.)	54	LÍMITE PLÁSTICO (L.P.)	22	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	32
LÍMITE LÍQUIDO (L.L.)														
54														
LÍMITE PLÁSTICO (L.P.)														
22														
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)														
32														
OBSERVACIONES: CAL - 02 realizado por J&T INGEOTECNIA SAC														
EQUIPOS PARA ENSAYO														
ITEM	EQUIPO	SERIE	TRAZABILIDAD	FECHA CALIBRACION										
1	HORNO 76L	220954	N° LT-852-2024	9/3/2024										
2	BALANZA 2000gr	2020065586	N° LM-1233-2024	9/3/2024										
3	COPA CASAGRANDE	2336	N° LL-4454-2024	9/3/2024										
TEC. LABORATORIO J&T INGEOTECNIA E.E.O.A.				SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA Yelsin Jordan Ugarte		J&T INGEOTECNIA S.A.C								
Firma:		Firma:		Firma:										
Fecha: 30 - 05 - 2025		Fecha: 30 - 05 - 2025		Fecha: 30 - 05 - 2025										
ING. JULIO JESUS ROMERO TERRAZAS CIP. N° 300894 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA														
QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN PREVIA POR PARTE DE J&T INGEOTECNIA S.A.C														



J&T INGEOTECNIA S.A.C

J&T INGEOTECNIA
Estudios & IngenieríaENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) BASADA EN LA NORMA Y
GUÍA MTC E 123 - ASTM D 3080

CÓDIGO

GAE - Pr - 044

VERSIÓN 1

PÁGINA 1

FECHA DE IMPRESIÓN

30/05/2025

CERTIFICADO N°

MATERIAL

FECHA DE ENSAYO

Mayo, 2025

R4335

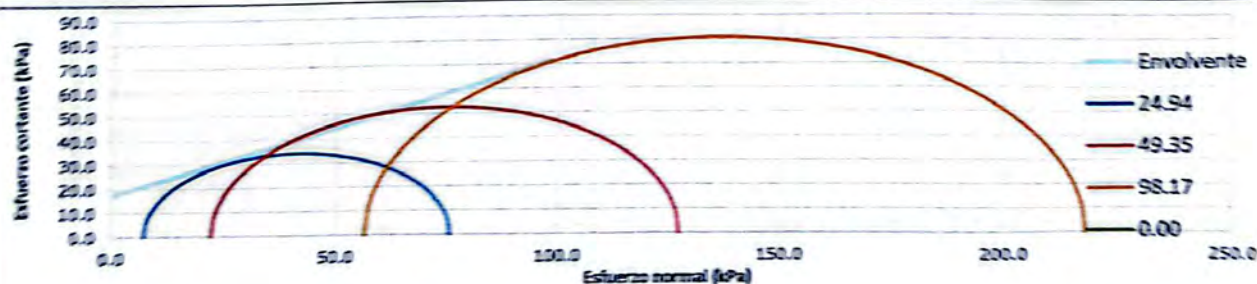
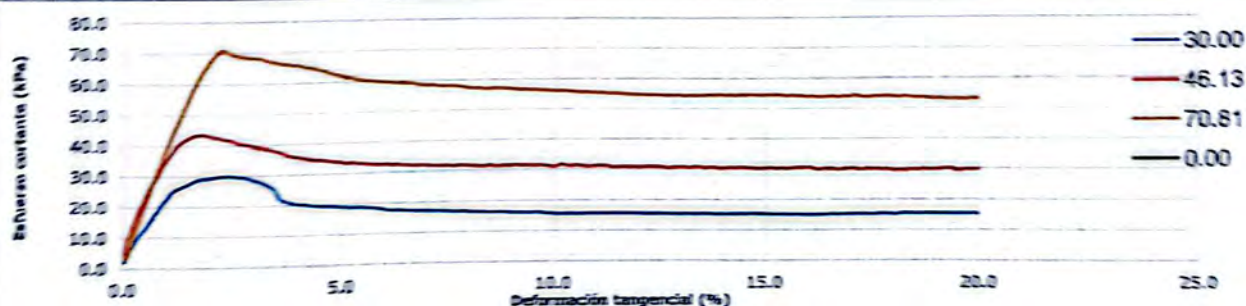
ANEXO EN CERTIFICADO N° 4335

INFORMACIÓN GENERAL

No. ENSAYO	
CLIENTE	DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONIN QUISPE ASLLA
TESIS	ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLIMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025
UBICACIÓN	SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO
SONDEO	SN
PROFUNDIDAD	0.00 a 1.5 mts

RESULTADOS DEL ENSAYO

	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	ENSAYO 4
DIÁMETRO 6 LADO (mm)	50.320	50.320	50.320	0.000
PESO UNITARIO (g/cm ³)	1.886	1.882	1.882	0.000
ÁREA (mm ²)	1968.71	1968.71	1968.71	0.00
VELOCIDAD (mm/min)	0.366	0.366	0.366	
ESFUERZO NORMAL (kPa)	24.94	49.35	98.17	0.00
ESFUERZO DE CORTE (kPa)	30.00	46.13	70.81	0.00
COHESIÓN (kPa)	17.37	OBSERVACIONES		
ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	28.81			

TEC. JEFE LABORATORIO
E.E.Q.A.

SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA

Yelsin Jordan Ugarte

VALIDACIÓN PROFESIONAL

J&T INGEOTECNIA S.A.C

Firma:

Firma:

ING. JULIO JESUS ROMERO TERRAZAS

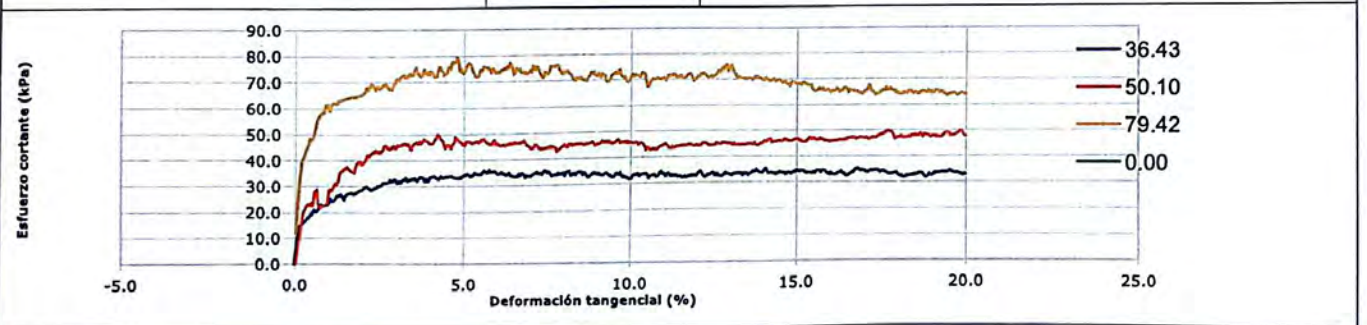
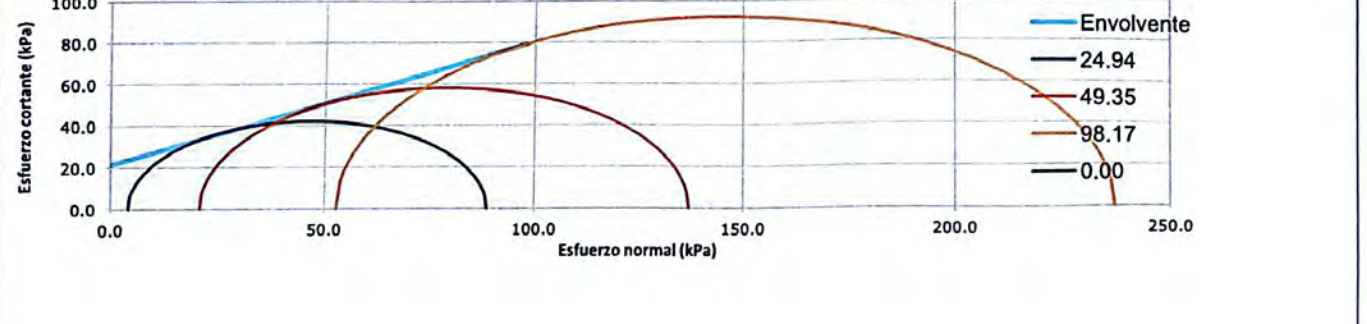
CIP. N° 300894

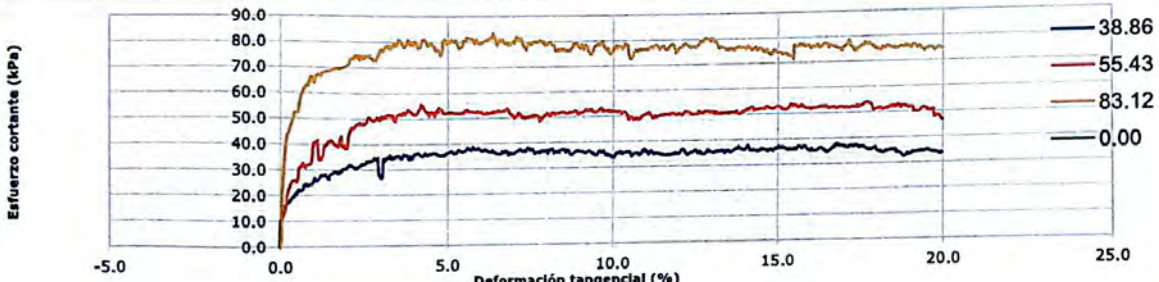
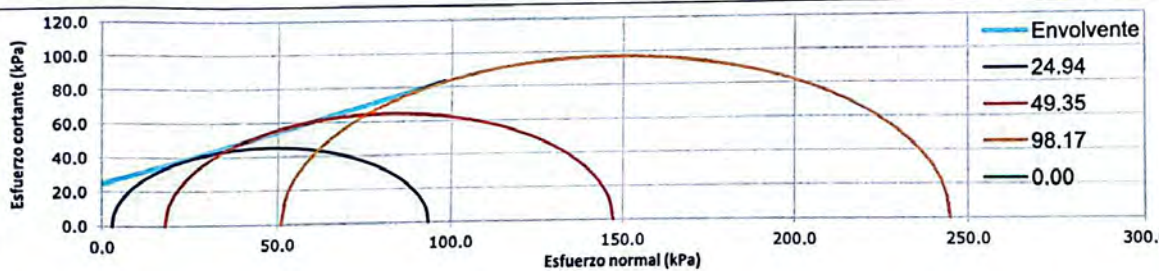
Fecha: 30/05/2025

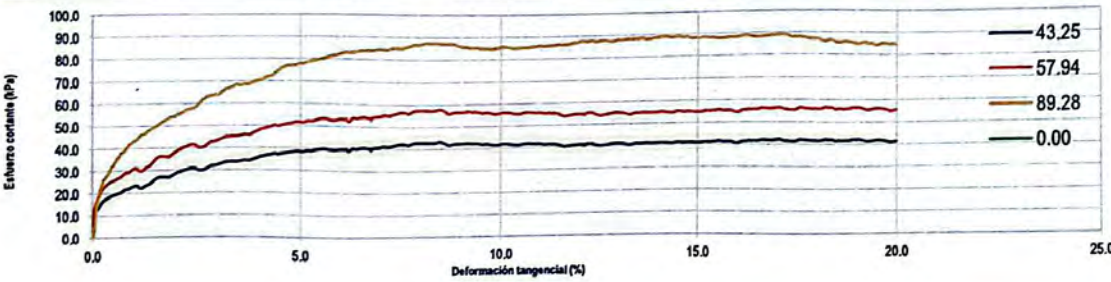
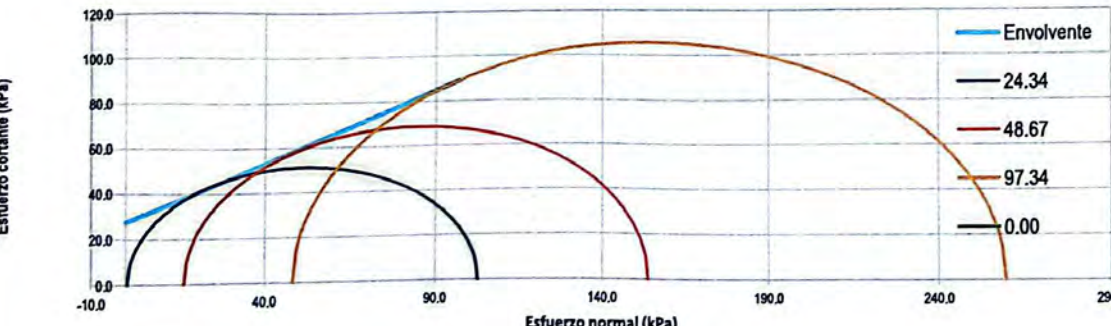
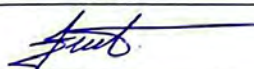
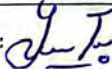
Fecha: 30/05/2025

Fecha: 30/05/2025

QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN PREVIA POR PARTE DE J&T INGEOTECNIA S.A.C

 PINZUAR		J&T INGEOTECNIA SAC		 J&T INGEOTECNIA Estudios & Ingeniería	
ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) BASADA EN LA NORMA Y GUIA MTC E 123 - ASTM D 3080					
CODIGO		GAE - Pr - 044		VERSION 1	
				PAGINA 1	
FECHA DE IMPRESIÓN		30/05/2025		CERTIFICADO N°	
FECHA DE ENSAYO		Mayo, 2025		R4336	
				ANEXO EN CERTIFICADO N° 4336	
INFORMACIÓN GENERAL					
No. ENSAYO					
CLIENTE		DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA			
TESIS		ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025			
UBICACIÓN		SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO			
SONDEO		SN + 0.50%BX + 7 DPR			
PROFUNDIDAD		0.00 a 1.5 mts			
RESULTADOS DEL ENSAYO					
	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	ENSAYO 4	
DIÁMETRO ó LADO (mm)	50.320	50.320	50.320	0.000	
PESO UNITARIO (g/cm³)	1.901	1.934	1.919	0.000	
ÁREA (mm²)	1988.71	1988.71	1988.71	0.00	
VELOCIDAD (mm/min)	0.366	0.366	0.366		
ESFUERZO NORMAL (kPa)	24.94	49.35	98.17	0.00	
ESFUERZO DE CORTE (kPa)	36.43	50.10	79.42	0.00	
COHESIÓN (kPa)	21.46	OBSERVACIONES			
ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	30.50				
					
					
TEC. JEFE LABORATORIO		SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA		VALIDACION PROFESIONAL	
E.E.Q.A.		Yelsin Jordan Ugarte		J&T INGEOTECNIA S.A.C	
Firma:		Firma:		Firma:	
Fecha: 30/05/2025		Fecha: 30/05/2025		Fecha: 30/05/2025	
QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN PREVIA POR PARTE DE J&T INGEOTECNIA S.A.C					

 PINZUAR	J&T INGEOTECNIA SAC			
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) BASADA EN LA NORMA Y GUIA MTC E 123 - ASTM D 3080			
CODIGO		GAE - Pr - 044	VERSION 1	PÁGINA 1
FECHA DE IMPRESIÓN	30/05/2025	CERTIFICADO N°	MATERIAL	
FECHA DE ENSAYO	Mayo, 2025	R4337	ANEXO EN CERTIFICADO N° 4337	
INFORMACIÓN GENERAL				
No. ENSAYO				
CLIENTE	DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA			
TESIS	ESTABILIZACION DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLIMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025			
UBICACIÓN	SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO			
SONDEO	SN + 0.50%BX + 14 DPR			
PROFUNDIDAD	0.00 a 1.5 mts			
RESULTADOS DEL ENSAYO				
	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	ENSAYO 4
DIÁMETRO ó LADO (mm)	50.320	50.320	50.320	0.000
PESO UNITARIO (g/cm³)	1.901	1.934	1.919	0.000
ÁREA (mm²)	1988.71	1988.71	1988.71	0.00
VELOCIDAD (mm/min)	0.366	0.366	0.366	
ESFUERZO NORMAL (kPa)	24.94	49.35	98.17	0.00
ESFUERZO DE CORTE (kPa)	38.86	55.43	83.12	0.00
COHESIÓN (kPa)	24.70	OBSERVACIONES		
ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	30.93			
				
				
TEC. JEFE LABORATORIO E.E.Q.A.		SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA Yelsin Jordan Ugarte		VALIDACION PROFESIONAL
Firma: 		Firma: 		J&T INGEOTECNIA S.A.C
Fecha: 30/05/2025		Fecha: 30/05/2025		ING. JULIO JESUS ROMERO TERRAZAS CIP. N° 300894 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN PREVIA POR PARTE DE J&T INGEOTECNIA S.A.C				

	J&T INGEOTECNIA SAC			
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) BASADA EN LA NORMA Y GUIA MTC E 123 - ASTM D 3080			
	CODIGO	GAE - Pr - 044	VERSIÓN 1	
FECHA DE IMPRESIÓN	30/05/2025	CERTIFICADO Nº	MATERIAL	
FECHA DE ENSAYO	Mayo, 2025	R4339	ANEXO EN CERTIFICADO Nº 4339	
INFORMACIÓN GENERAL				
No. ENSAYO				
CLIENTE	DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA			
TESIS	ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025			
UBICACIÓN	SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO			
SONDEO	SN + 1.0%BX + 14 DPR			
PROFUNDIDAD	0.00m. - 1.50m.			
RESULTADOS DEL ENSAYO				
	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	ENSAYO 4
DIÁMETRO ó LADO (mm)	50.320	50.320	50.320	0.000
PESO UNITARIO (g/cm³)	1.977	1.938	1.946	0.000
ÁREA (mm²)	1988.71	1988.71	1988.71	0.00
VELOCIDAD (mm/min)	0.366	0.366	0.366	0.000
ESFUERZO NORMAL (kPa)	24.34	48.67	97.34	0.00
ESFUERZO DE CORTE (kPa)	43.25	57.94	89.28	0.00
COHESIÓN (kPa)	27.58	OBSERVACIONES:		
ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	32.31			
				
				
EQUIPOS PARA ENSAYO				
ITEM	EQUIPO	SERIE	TRAZABILIDAD	FECHA CALIBRACION
1	EQUIPO DE CORTE DIRECTO	222 // 2201008356	LFP- 1128-2025	8/22/2025
2	DIAL INDICADOR corte	22300443	LL- 5820-2025	8/22/2025
3	DIAL INDICADOR corte	22263213	LL- 5821-2025	8/22/2025
4	BALANZA 620gr.	C215937122	LM- 1468-2025	8/22/2025
TEC. JEFE LABORATORIO		SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA		VALIDACION PROFESIONAL
E.E.Q.A.		Yelsin Jordan Ugarte		J&T INGEOTECNIA S.A.C
Firma:		Firma:		
Fecha: 30/05/2025		Fecha: 30/05/2025		ING. JULIO JESUS ROMERO TERRAZAS CIP. Nº 300894
QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION DE J&T INGEOTECNIA S.A.C.				



J&T INGEOTECNIA SAC

J&T INGEOTECNIA
Estudios & IngenieríaENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) BASADA EN LA NORMA Y GUÍA
MTC E 123 - ASTM D 3080

CODIGO

GAE - Pr - 044

VERSIÓN 1

PÁGINA 1

FECHA DE IMPRESIÓN

30/05/2025

CERTIFICADO N°

R4338

MATERIAL

ANEXO EN CERTIFICADO N° 4338

FECHA DE ENSAYO

Mayo, 2025

INFORMACIÓN GENERAL

No. ENSAYO

CLIENTE

DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA

TESIS

ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025

UBICACIÓN

SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO

SONDEO

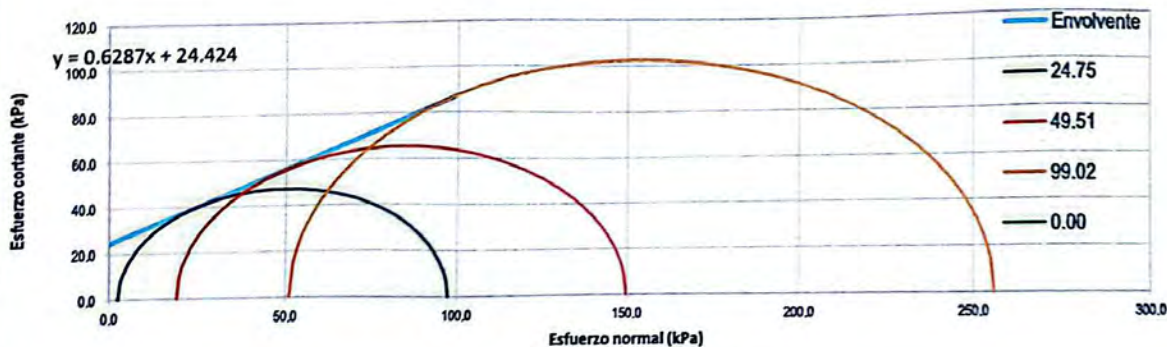
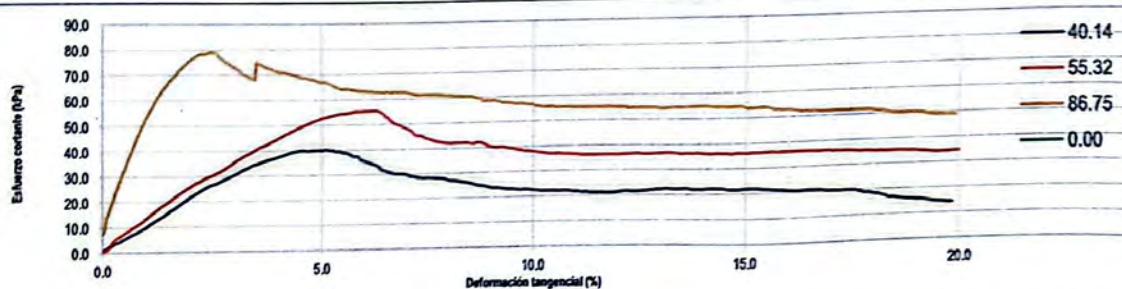
SN + 1.0%BX + 7 DPR

PROFUNDIDAD

0.00m. - 1.50m.

RESULTADOS DEL ENSAYO

	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	ENSAYO 4
DIÁMETRO ó LADO (mm)	50.320	50.320	50.320	0.000
PESO UNITARIO (g/cm ³)	1.926	1.927	1.918	0.000
ÁREA (mm ²)	1988.71	1988.71	1988.71	0.00
VELOCIDAD (mm/min)	0.366	0.366	0.366	0.000
ESFUERZO NORMAL (kPa)	24.75	49.51	99.02	0.00
ESFUERZO DE CORTE (kPa)	40.14	55.32	86.75	0.00
COHESIÓN (kPa)	24.42	OBSERVACIONES		
ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	32.16			



EQUIPOS PARA ENSAYO

ITEM	EQUIPO	SERIE	TRAZABILIDAD	FECHA CALIBRACION
1	EQUIPO DE CORTE DIRECTO	222 /// 2201008356	LFP- 1128-2025	8/22/2025
2	DIAL INDICADOR corte	22300443	LL- 5820-2025	8/22/2025
3	DIAL INDICADOR corte	22263213	LL- 5821-2025	8/22/2025
4	BALANZA 620gr.	C215937122	UM- 1468-2025	8/22/2025

TEC. JEFE LABORATORIO

SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA

VALIDACION PROFESIONAL

E.E.Q.A.

Yelsin Jordan Ugarte

J&T INGEOTECNIA S.A.C

Firma:

Firma:

Fecha: 30/05/2025

Fecha: 30/05/2025

Fecha: 30/05/2025 P. N° 300894

QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION PREVIA POR PARTE DE J&T INGEOTECNIA S.A.C.



J&T INGEOTECNIA S.A.C

ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) BASADA EN LA NORMA Y GUÍA
MTC E 123 - ASTM D 3080**J&T INGEOTECNIA**
Estudios & Ingeniería

CODIGO

GAE - Pr - 044

VERSIÓN 1

PÁGINA 1

FECHA DE IMPRESIÓN

30/05/2025

CERTIFICADO Nº

R4341

MATERIAL

ANEXO EN CERTIFICADO Nº 4341

FECHA DE ENSAYO

Mayo, 2025

INFORMACIÓN GENERAL

Nº ENSAYO

CLIENTE

DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN OLIVERA ASILLA

TESIS

ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025

UBICACIÓN

SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO

SONDEO

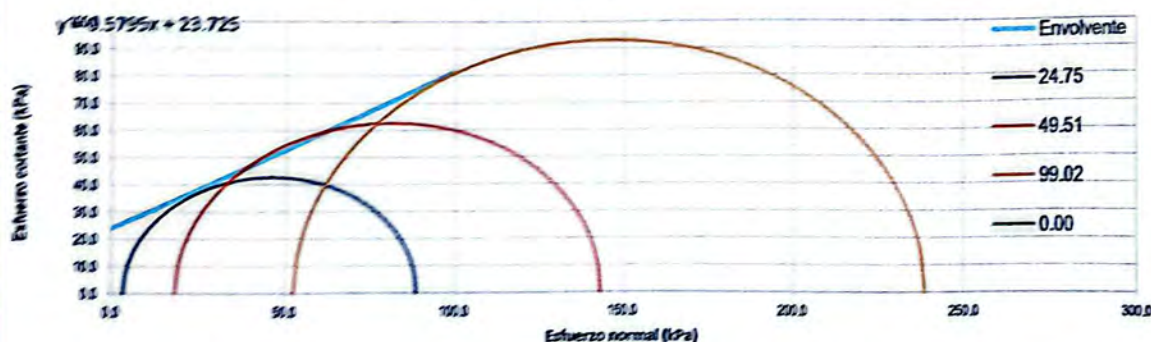
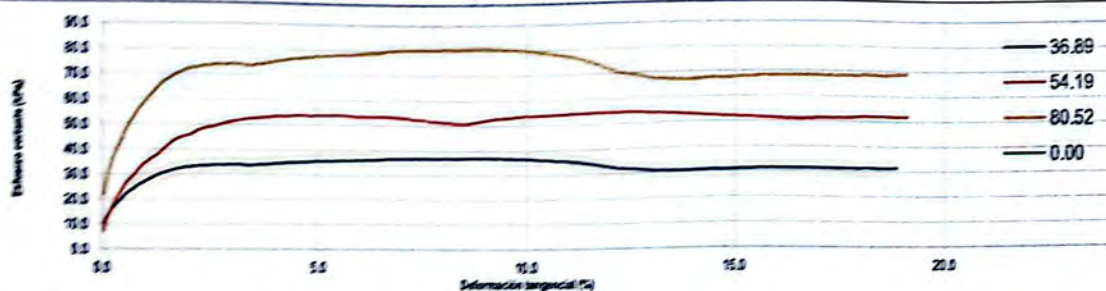
SN + 1.5968X + 14 DPR

PROFUNDIDAD

0.00m. - 1.50m.

RESULTADOS DEL ENSAYO

	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	ENSAYO 4
DIÁMETRO Ø LADO (mm)	50.320	50.320	50.320	0.000
PESO UNITARIO (g/cm³)	1.979	1.977	1.997	0.000
ÁREA (mm²)	1988.71	1988.71	1988.71	0.00
VELOCIDAD (mm/min)	0.366	0.366	0.366	0.000
ESFUERZO NORMAL (kPa)	24.75	49.51	99.02	0.00
ESFUERZO DE CORTE (kPa)	36.89	54.19	80.52	0.00
COHESIÓN (kPa)	23.72	OBSERVACIONES		
ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	30.09			



EQUIPOS PARA ENSAYO				
ITEM	EQUIPO	SERIE	TRAZABILIDAD	FECHA CALIBRACION
1	EQUIPO DE CORTE DIRECTO	222 // 2201008356	LFP- 1128-2025	8/22/2025
2	DIAL INDICADOR corte	22300443	LL- 5820-2025	8/22/2025
3	DIAL INDICADOR corte	22263213	LL- 5821-2025	8/22/2025
4	BALANZA 520gr.	C215997122	LIA- 1468-2025	8/22/2025

TEC. JEFE LABORATORIO

SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA

VALIDACION PROFESIONAL

E.E.Q.A.

Yelsin Jordan Lizarte

J&T INGEOTECNIA S.A.C

Firma:

Firma:

ING. JULIO JESUS ROMERO TERRAZAS

Fecha: 30/05/2025

Fecha: 30/05/2025

Fecha: 30/05/2025 (P. Nº 300894)

QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION PREVIA DE INGEOTECNIA S.A.C

	J&T INGEOTECNIA SAC			
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) BASADA EN LA NORMA Y GUIA MTC E 123 - ASTM D 3080			
	CODIGO	GAE - Pr - 044	VERSIÓN 1	PÁGINA 1

FECHA DE IMPRESIÓN	30/05/2025	CERTIFICADO N°	MATERIAL
FECHA DE ENSAYO	Mayo, 2025	R4340	ANEXO EN CERTIFICADO N° 4340

INFORMACIÓN GENERAL	
No. ENSAYO	
CLIENTE	DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA
TESIS	ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025
UBICACIÓN	SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO
SONDEO	SN + 1.5%BX + 7 DPR
PROFUNDIDAD	0.00m. - 1.50m.

RESULTADOS DEL ENSAYO				
	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	ENSAYO 4
DIÁMETRO ó LADO (mm)	50.320	50.320	50.320	0.000
PESO UNITARIO (g/cm³)	1.977	1.980	1.968	0.000
ÁREA (mm²)	1988.71	1988.71	1988.71	0.00
VELOCIDAD (mm/min)	0.366	0.366	0.366	0.000
ESFUERZO NORMAL (kPa)	24.34	48.67	97.34	0.00
ESFUERZO DE CORTE (kPa)	37.97	53.20	81.69	0.00
COHESIÓN (kPa)	23.73	OBSERVACIONES:		
ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	30.83			

Deformación tangencial (%)

Esfuerzo normal (kPa)

EQUIPOS PARA ENSAYO				
ITEM	EQUIPO	SERIE	TRAZABILIDAD	FECHA CALIBRACION
1	EQUIPO DE CORTE DIRECTO	222 // 2201008356	LFP- 1128-2025	8/22/2025
2	DIAL INDICADOR corte	22300443	LL- 5820-2025	8/22/2025
3	DIAL INDICADOR corte	22263213	LL- 5821-2025	8/22/2025
4	BALANZA 620gr.	C215937122	LM- 1468-2025	8/22/2025

TEC. JEFE LABORATORIO E.E.Q.A. Firma:	SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA Yelsin Jordan Ugarte Firma:	VALIDACION PROFESIONAL J&T INGEOTECNIA S.A.C Ing. JULIO JESUS ROMERO TERRAZA Fecha: 30/05/2025 P. N° 300894
--	---	--

QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION PREVIA DE INGEOTECNIA S.A.C

J&T INGEOTECNIA Ensayos & Ingeniería	J&T INGEOTECNIA SAC		Codigo	GAE-Fr-026
	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557 MTC E 115 Y NTP 339.141		Version	1
			Fecha	8/25/2022
			Pagina	5

TESIS: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025					LUGAR DEL ENSAYO: LABORATORIO DE SUELOS CUSCO			
					FECHA DE EJECUCION: 26 - 05 - 2025		CONSECUTIVO	4331
SOLICITA: DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA					UBICACIÓN	Cal 02	OK	-
UBICACIÓN: SECTOR DE AGUA BUENA						-		-
						-		-
SONDEO	CAL-2	TIPO DE MUESTRA	SPT		COORDENADAS	183667.58		ESTE(m)
MUESTRA	SN + 0.00%BX		SHELBY			8500319.17		NORTE(m)
PROF.	0m - 1.5m		INALTERADA	OK				COTA(m)
			OTRA					
UBICACIÓN DE LA MUESTRA:			CAL 02					

PROCTOR MODIFICADO - METODO "A"						
ITEM	DATOS	ENSAYOS				
		1	2	3	4	
1	Peso del Suelo + Molde	5624.00 gr	5853.00 gr	5999.00 gr	5945.00 gr	
2	Peso del Molde	3992.50 gr	3992.50 gr	3992.50 gr	3992.50 gr	
3	Peso del Suelo Humedo Compactado	1631.50 gr	1860.50 gr	2006.50 gr	1952.50 gr	
4	Volumen del Molde	942.00 cm3	942.00 cm3	942.00 cm3	942.00 cm3	
5	Peso Volumetrico Humedo	1.732	1.975	2.130	2.073	
6	Peso del Suelo Humedo + Tara	251.25	236.68	288.17	275.76	
7	Peso del Suelo Seco + Tara	242.17	224.08	268.00	251.99	
8	Peso de Tara	27.00 gr	25.77 gr	26.32 gr	26.14 gr	
9	Peso de Agua	9.08 gr	12.60 gr	20.17 gr	23.77 gr	
10	Peso del Suelo Seco	215.17 gr	198.31 gr	241.68 gr	225.85 gr	
11	Contenido de Agua	4.22 %	6.35 %	8.35 %	10.52 %	
12	Peso Volumetrico Seco	1.662 gr/cm3	1.857 gr/cm3	1.966 gr/cm3	1.875 gr/cm3	

Densidad Maxima	Humedad Optima
1.970 gr/cm3	8.759 %

RELACIÓN HUMEDAD-DENSIDAD

$y = -0.0022x^3 + 0.0335x^2 - 0.0724x + 1.5387$

Densidad seca (gr/cm³)

Contenido de humedad (%)

OBSERVACIONES: CAL 02 ,realizado por J&T INGEOTECNIA SAC

TEC. LABORATORIO J&T INGEOTECNIA E.E.Q.A. Firma: <i>[Signature]</i> Fecha: 26 - 05 - 2025	SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA Yelsin Jordan Ugarte Firma: <i>[Signature]</i> Fecha: 26 - 05 - 2025	VALIDACION PROFESIONAL J&T INGEOTECNIA S.A.C <i>[Signature]</i> ING. JULIO JESUS ROMERO TERRAZAS CIP. N° 300894 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Fecha: 26 - 05 - 2025
--	--	--

QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN PREVIA POR PARTE DE J&T INGEOTECNIA S.A.C

J&T INGEOTECNIA Estudios & Ingeniería		J&T INGEOTECNIA SAC		Codigo	GAE-Fr-026
		ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557 MTC E 115 Y NTP 339.141		Version	1
				Fecha	8/25/2022
				Pagina	5

TESIS: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025				LUGAR DEL ENSAYO: LABORATORIO DE SUELOS CUSCO			
				FECHA DE EJECUCION: 26 - 05 - 2025		CONSECUTIVO	4334
SOLICITA: DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA							
UBICACIÓN: SECTOR DE AGUA BUENA				UBICACIÓN		Cal 02	OK
						-	-
						-	-
SONDEO	CAL-2	TIPO DE MUESTRA	SPT		COORDENADAS	183667.68	ESTE(m)
MUESTRA	SN + 1.5%BX		SHELBY			8500319.17	NORTE(m)
PROF.	0m - 1.5m		INALTERADA	OK		-	COTA(m)
			OTRA				
UBICACIÓN DE LA MUESTRA:				CAL 02			

PROCTOR MODIFICADO - METODO "A"					
ITEM	DATOS	ENSAYOS			
		1	2	3	4
1	Peso del Suelo + Molde	5825.00 gr	5890.00 gr	6039.00 gr	6004.00 gr
2	Peso del Molde	3992.50 gr	3992.50 gr	3992.50 gr	3992.50 gr
3	Peso del Suelo Humedo Compactado	1832.50 gr	1997.50 gr	2046.50 gr	2011.50 gr
4	Volumen del Molde	942.00 cm ³	942.00 cm ³	942.00 cm ³	942.00 cm ³
5	Peso Volumetrico Humedo	1.945	2.120	2.173	2.135
6	Peso del Suelo Humedo + Tara	305.43	331.10	285.55	361.93
7	Peso del Suelo Seco + Tara	288.50	307.59	260.32	325.08
8	Peso de Tara	26.21 gr	26.16 gr	27.34 gr	27.01 gr
9	Peso de Agua	16.93 gr	23.51 gr	25.23 gr	36.85 gr
10	Peso del Suelo Seco	262.29 gr	281.43 gr	232.98 gr	298.07 gr
11	Contenido de Agua	6.45 %	8.35 %	10.83 %	12.36 %
12	Peso Volumetrico Seco	1.827 gr/cm ³	1.957 gr/cm ³	1.960 gr/cm ³	1.900 gr/cm ³

Densidad Maxima	Humedad Optima
1.978 gr/cm ³	9.586 %

$y = 0.0009x^3 - 0.0381x^2 + 0.4854x + 0.0425$

RELACIÓN HUMEDAD-DENSIDAD

OBSERVACIONES: CAL 02, realizado por J&T INGEOTECNIA SAC

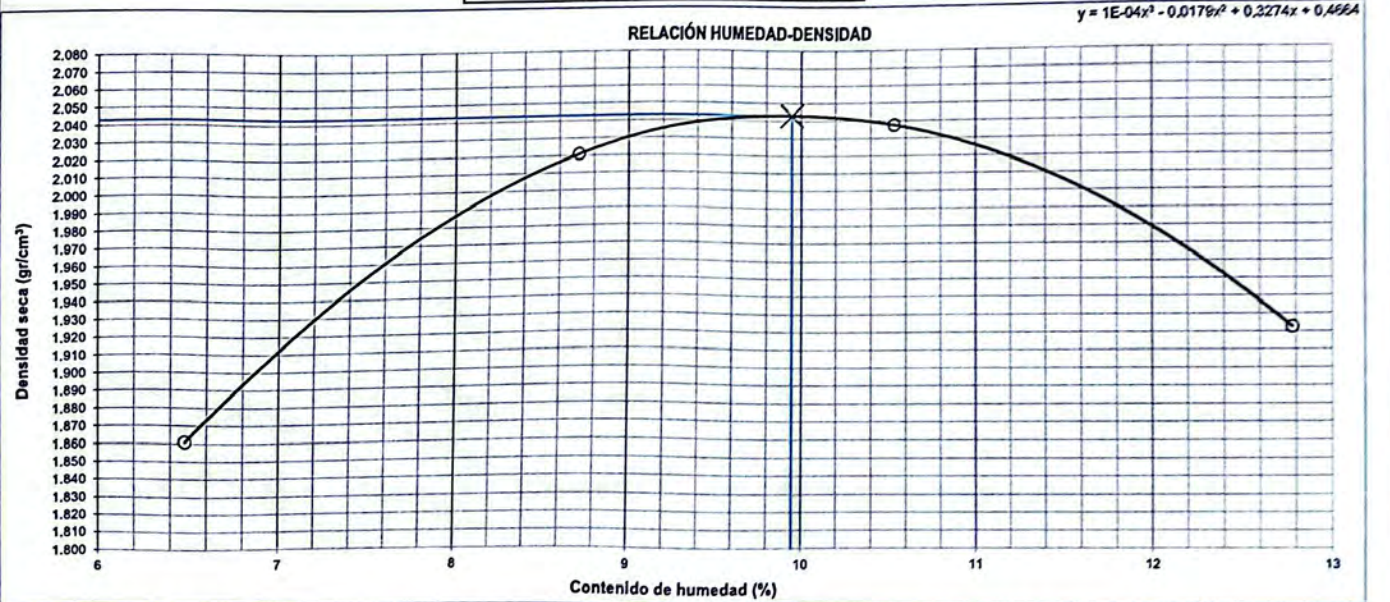
TEC. LABORATORIO J&T INGEOTECNIA E.E.Q.A. Firma: Fecha: 26 - 05 - 2025	SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA Yelsin Jordan Ugarte Firma: Fecha: 26 - 05 - 2025	VALIDACION PROFESIONAL J&T INGEOTECNIA S.A.C. ING. JULIO JESUS ROMERO TERRAZAS CIP. N° 300894 Fecha: 26 - 05 - 2025
---	---	---

QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN PREVIA POR PARTE DE J&T INGEOTECNIA S.A.C

TESIS: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025				LUGAR DEL ENSAYO: LABORATORIO DE SUELOS CUSCO				
				FECHA DE EJECUCIÓN: 26 - 05 - 2025		CONSECUTIVO	4333	
SOLICITA: DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA				UBICACIÓN	CAL 02	OK	-	
UBICACIÓN: SECTOR DE AGUA BUENA					-	-	-	
					-	-	-	
SONDEO	CAL-2	TIPO DE MUESTRA	SPT	COORDENADAS	183667.58		ESTE(m)	
MUESTRA	SN + 1.0%BX		SHELBY		8500319.17		NORTE(m)	
PROF.	0m - 1.5m		INALTERADA		OK	-		OSTA(m)
			OTRA					
UBICACIÓN DE LA MUESTRA:				CAL 02				

PROCTOR MODIFICADO - METODO "A"							
ITEM	DATOS	ENSAYOS					
		1	2	3	4		
1	Peso del Suelo + Molde	5859.00 gr	6062.00 gr	6114.00 gr	6035.00 gr		
2	Peso del Molde	3992.50 gr	3992.50 gr	3992.50 gr	3992.50 gr		
3	Peso del Suelo Humedo Compactado	1866.50 gr	2069.50 gr	2121.50 gr	2042.50 gr		
4	Volumen del Molde	942.00 cm3	942.00 cm3	942.00 cm3	942.00 cm3		
5	Peso Volumetrico Humedo	1.981	2.197	2.252	2.168		
6	Peso del Suelo Humedo + Tara	253.91	302.11	321.62	246.62		
7	Peso del Suelo Seco + Tara	240.10	279.99	293.57	221.62		
8	Peso de Tara	27.02 gr	26.11 gr	27.34 gr	26.21 gr		
9	Peso de Agua	13.81 gr	22.12 gr	28.05 gr	25.00 gr		
10	Peso del Suelo Seco	213.08 gr	253.88 gr	266.23 gr	195.61 gr		
11	Contenido de Agua	6.48 %	8.71 %	10.54 %	12.78 %		
12	Peso Volumetrico Seco	1.861 gr/cm3	2.021 gr/cm3	2.037 gr/cm3	1.923 gr/cm3		

Densidad Maxima	Humedad Optima
2.043 gr/cm3	9.946 %



OBSERVACIONES: CAL 02 ,realizado por J&T INGEOTECNIA SAC

TEC. LABORATORIO J&T INGEOTECNIA Alex Amílcar Campana Jordan		SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA Yelsin Jordan Ugarte		VALIDACION PROFESIONAL J&T INGEOTECNIA S.A.C	
Firma: 		Firma: 			
Fecha: 26 - 05 - 2025		Fecha: 26 - 05 - 2025		Fecha: 26 - 05 - 2025 CIP. N° 300894 ING. JULIO JESÚS ROMERO TERRAZAS ESPECIALISTA EN GEOTECNIA	

J&T INGEOTECNIA Estudios e Ingeniería		J&T INGEOTECNIA SAC		Código	GAE-F-426
		ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557 MTC E 115 Y NTP 339.141		Versión	1
				Fecha	8/25/2022
				Página	5

TESIS: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025				LUGAR DEL ENSAYO: LABORATORIO DE SUELOS CUSCO	
				FECHA DE EJECUCIÓN: 26 - 05 - 2025	CONSECUTIVO: 4332

SOLICITA: DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA				UBICACIÓN	CAL 02	OK	-	
UBICACIÓN: SECTOR DE AGUA BUENA					-		-	
					-		-	

SONDEO	CAL-2	TIPO DE MUESTRA	SPT		COORDENADAS	183667.58	ESTE(m)
MUESTRA	SN + 0.5%BX		SHELBY			8500319.17	NORTE(m)
PROF.	0m - 1.5m		INALTERADA	OK		-	COTA(m)
			OTRA				

UBICACIÓN DE LA MUESTRA:		CAL 02	
--------------------------	--	--------	--

PROCTOR MODIFICADO - METODO "A"					
ITEM	DATOS	ENSAYOS			
		1	2	3	4
1	Peso del Suelo + Molde	5801.00 gr	6031.00 gr	6072.00 gr	6061.00 gr
2	Peso del Molde	3992.50 gr	3992.50 gr	3992.50 gr	3992.50 gr
3	Peso del Suelo Humedo Compactado	1808.50 gr	2038.50 gr	2079.50 gr	2008.50 gr
4	Volumen del Molde	942.00 cm ³	942.00 cm ³	942.00 cm ³	942.00 cm ³
5	Peso Volumetrico Humedo	1.920	2.164	2.208	2.132
6	Peso del Suelo Humedo + Tara	301.45	277.19	281.34	275.89
7	Peso del Suelo Seco + Tara	285.21	257.32	266.54	248.99
8	Peso de Tara	27.00 gr	25.89 gr	26.45 gr	26.11 gr
9	Peso de Agua	16.24 gr	19.87 gr	24.89 gr	26.90 gr
10	Peso del Suelo Seco	258.21 gr	231.43 gr	240.09 gr	222.88 gr
11	Contenido de Agua	6.29 %	8.59 %	10.33 %	12.07 %
12	Peso Volumetrico Seco	1.806 gr/cm ³	1.993 gr/cm ³	2.001 gr/cm ³	1.903 gr/cm ³

Densidad Maxima	Humedad Optima
2.011 gr/cm ³	9.584 %

$y = 0.0003x^3 - 0.0254x^2 + 0.4163x + 0.1285$

RELACIÓN HUMEDAD-DENSIDAD

OBSERVACIONES: CAL 02, realizado por J&T INGEOTECNIA SAC

TEC. LABORATORIO J&T INGEOTECNIA E.E.Q.A.		SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA Yelsin Jordan U...		J&T INGEOTECNIA S.A.C.	
Firma:		Firma:		ING. JULIO JESUS ROMERO TERRAZAS CIP. N° 300894 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA	
Fecha: 26 - 05 - 2025		Fecha: 26 - 05 - 2025		Fecha: 26 - 05 - 2025	

QUEDA PROHIBIDO REPRODUCIR, DISTRIBUIR, PUBLICAR O DIFUNDIR CUALQUIER INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN PREVIA POR PARTE DE J&T INGEOTECNIA S.A.C

FORMATO

PERMEABILIDAD DE CARGA CONSTANTE

NTP 339.147

TESIS: ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN SUELO ARENO LIMOSO, MEDIANTE EL USO DEL BIOPOLÍMERO XANTANO, EN EL SECTOR DE AGUA BUENA, SAN SEBASTIÁN - CUSCO, 2025

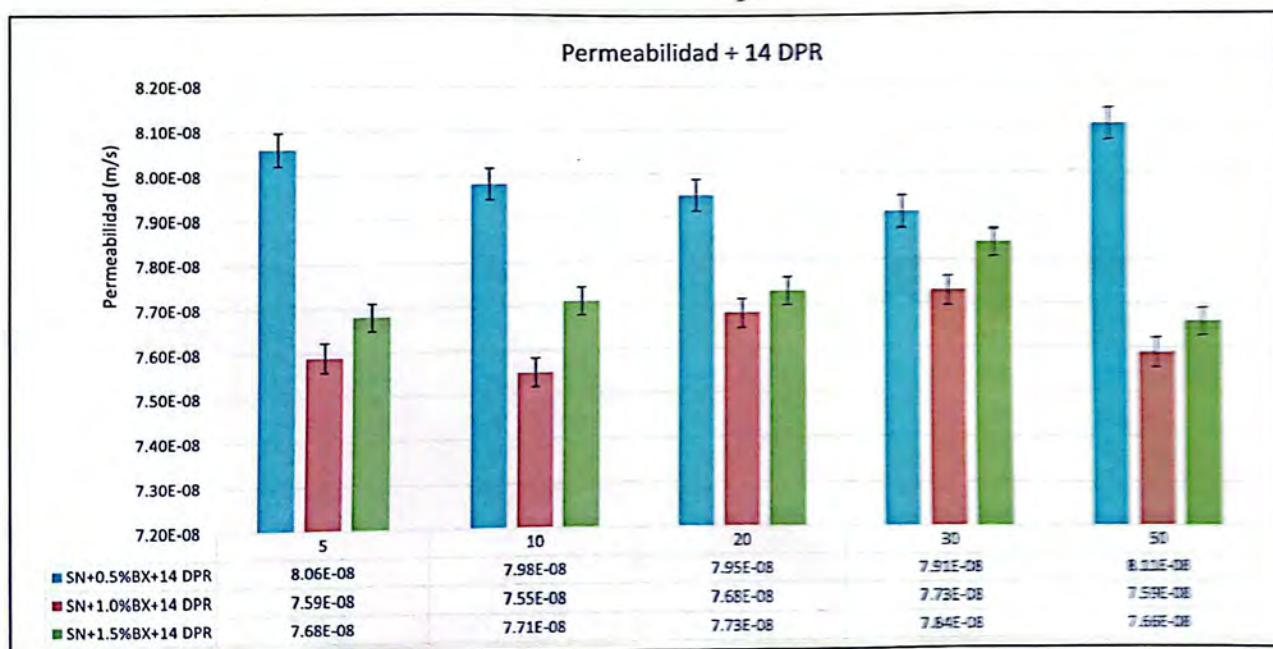
SOLICITA: DELBERT HUMBERTO MAMANI SALAS, ERICK EVERSONN QUISPE ASLLA

UBICACIÓN: SECTOR DE AGUA BUENA

FECHA: 30/06/2025

MUESTRA: 0.5%BX+14DRP, 1.0%BX+14DRP, 1.5%BX+14DRP

Tc (días)	Dosificación (%)	Gradiente (i)	Caudal (m ³ /s)	k (m/s)
SN+0.5%BX+14 DPR	0.5%BX	5	3.17E-09	8.16E-08
		10	6.26E-09	7.98E-08
		20	1.59E-08	7.95E-08
		30	1.76E-08	7.91E-08
		50	3.05E-08	8.11E-08
SN+1.0%BX+14 DPR	1.0%BX	5	2.96E-09	7.59E-08
		10	5.92E-09	7.55E-08
		20	1.62E-08	7.68E-08
		30	1.61E-08	7.73E-08
		50	3.14E-08	7.59E-08
SN+1.5%BX+14 DPR	1.5%BX	5	2.34E-09	7.68E-08
		10	4.69E-09	7.71E-08
		20	1.62E-08	7.73E-08
		30	1.64E-08	7.84E-08
		50	2.39E-08	7.66E-08



Observaciones:

J&T INGEOTECNIA S.A.C

ING. JULIO JESUS ROMERO TERRAZAS
CIP. N° 300894
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA