

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

“Análisis geotécnico para el diseño de un depósito de top soil en la unidad minera Animón, distrito de Huallay, región Pasco, 2024”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Soria Requena, Wilfredo Farquet

ASESOR: Segura Ttito, Eric

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis ()
- Trabajo de Suficiencia Profesional(X)
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Geotecnia
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 44598645

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 43453471

Grado/Título: Doctor en ciencias de la educación

Código ORCID: 0000-0002-7706-9722

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745
2	Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda	Máster en dirección de proyectos	73645168	0009-0001-0745-5433
3	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
<http://www.udh.edu.pe>

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 14:45 horas del día lunes 14 de abril 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA	PRESIDENTE
❖ MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA	SECRETARIA
❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 0618-2025-D-FI-UDH, para evaluar el trabajo de suficiencia profesional intitulada: "ANÁLISIS GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE UN DEPÓSITO DE TOP SOIL EN LA UNIDAD MINERA ANIMÓN, DISTRITO DE HUALLAY, REGIÓN PASCO, 2024", presentado por el (la) Bachiller. Wilfredo Farquet SORIA REQUENA, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) *aprobado* por *unanimidad* con el calificativo cuantitativo de *15* y cualitativo de *Bueno* (Art. 47).

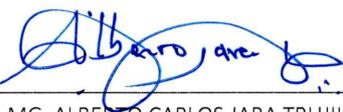
Siendo las *15:40* horas del día 14 del mes de abril del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA
DNI: 70502371
ORCID: 0000-0002-5650-3745

PRESIDENTE


MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA
DNI: 73645168
ORCID: 0009-0001-0745-5433

SECRETARIO (A)


MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO
DNI: 41891649
ORCID: 0000-0001-8392-1769

VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: WILFREDO FARQUET SORIA REQUENA, de la investigación titulada "Análisis geotécnico para el diseño de un depósito de top soil en la unidad minera Animón, distrito de Huallay, región Pasco, 2024", con asesor(a) ERIC SEGURA TTITO, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2443-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 24 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 19 de marzo de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

99. Soria Requena, Wilfredo Farquet.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

10%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

4%

2

repositorio.continental.edu.pe

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.unheval.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

WSP PERU CONSULTORIA S.A.. "Segunda MEIA-D del Proyecto de Ampliación de las Operaciones Minero-Metalúrgicas a 4 200 TMD de la Unidad Minera Animón-IGA0016878", R.D. N° 00059-2022-SENACE-PE/DEAR, 2022

Publicación

1%

5

repositorio.undac.edu.pe

Fuente de Internet

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO

D.N.I.: 40618286

cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

DEDICATORIA

Dedico esta tesis con todo mi amor y gratitud a mi madre, Gladys Requena, y a mis abuelos, Felipe Requena y Virginia Chagua. Su apoyo incondicional y sus enseñanzas han sido fundamentales para llegar a este momento. A Dios, por darme la fuerza y la guía necesarias para superar cada desafío en este camino. Gracias por ser mi inspiración y por acompañarme en cada paso de esta aventura.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme vida, salud y fortaleza en cada etapa de este camino. Sin Su guía, nada de esto sería posible.

A mi familia, por su incondicional apoyo y por estar siempre a mi lado, impulsándome a seguir adelante. Su amor y motivación han sido mi pilar en los momentos difíciles y en cada logro alcanzado.

A la Universidad de Huánuco, mi alma mater, por brindarme una formación de calidad y prepararme para ser un profesional competente y comprometido. Gracias por cada enseñanza y por el compromiso con la excelencia académica.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	XV
CAPÍTULO I.....	17
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	17
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	17
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	18
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	18
1.3. OBJETIVOS	19
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	19
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO SUFICIENCIA PROFESIONAL	19
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	19
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	20
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	20
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.7. DOCUMENTOS QUE ACREDITEN EXPERIENCIA PROFESIONAL	
.....	22
CAPÍTULO II.....	23
MARCO TEÓRICO	23
2.1. ANTECEDENTES DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA	
PROFESIONAL.....	23
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	23
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	25
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	27
2.2. BASES TEÓRICAS	28

2.2.1.	MECÁNICA DE SUELOS	28
2.2.2.	ENSAYOS BÁSICOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	28
2.2.3.	GEOFÍSICA	41
2.2.4.	DIQUES.....	47
2.2.5.	ESTABILIDAD DE TALUDES.....	51
2.2.6.	SOFTWARE SLIDE	59
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES	61
2.4.	VARIABLES.....	64
2.4.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE	64
2.4.2.	VARIABLE DEPENDIENTE.....	64
2.4.3.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	64
2.5.	MATERIALES Y MÉTODOS	65
2.5.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	65
2.5.2.	ALCANCE O NIVEL.....	65
2.5.3.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	66
2.5.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTACIÓN DE RECOLECCIÓN DE DATOS	67
CAPÍTULO III.....		70
MARCO DESCRIPTIVO REFERENCIAL		70
3.1.	DESCRIPCIÓN DE LA INSTITUCIÓN.....	70
3.1.1.	NOMBRE O RAZÓN SOCIAL.....	70
3.1.2.	RUBRO.....	70
3.1.3.	UBICACIÓN / DIRECCIÓN.....	70
3.1.4.	RESEÑA.....	70
3.1.5.	MISIÓN.....	71
3.1.6.	VISIÓN	71
3.2.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE DESARROLLO PROFESIONAL	72
CAPÍTULO IV.....		74
DESARROLLO DE EXPERIENCIA PROFESIONAL		74
4.1.	IDENTIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	74
4.2.	ACTIVIDADES PROFESIONALES REALIZADAS	75
4.2.1.	TRABAJO DE CAMPO	75
4.2.2.	TRABAJOS EN GABINETE.....	77

4.2.3. TRABAJOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	79
4.3. COMPETENCIAS PROFESIONALES ADQUIRIDAS.....	80
CAPÍTULO V.....	81
SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	81
5.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD DEL PROYECTO	81
5.2. TRABAJOS DE CAMPO.....	82
5.2.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	82
5.2.2. INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS.....	82
5.2.3. INVESTIGACIONES GEOFÍSICAS	85
5.3. TRABAJOS DE GABINETE.....	87
5.3.1. TOPOGRAFÍA - ORTOFOTO.....	87
5.3.2. GEOLOGÍA LOCAL	88
5.3.3. GEOTECNIA.....	92
5.3.4. GEOFÍSICA	96
5.4. ANÁLISIS GEOTÉCNICO	108
5.4.1. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS.....	108
5.5. CÁLCULO DEL COEFICIENTE SÍSMICO.....	113
5.5.1. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS	113
5.5.2. CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS.....	114
5.5.3. RESULTADOS OBTENIDOS	114
5.6. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LIMITE.....	115
5.6.1. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS	116
5.6.2. CRITERIO DE ANÁLISIS	116
5.6.3. CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS.....	117
5.6.4. RESULTADOS OBTENIDOS	118
5.7. DISEÑO CIVIL.....	122
5.7.1. EXCAVACIÓN DE CIMENTACIÓN DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL	123
5.7.2. BASE IMPERMEABLE	124
5.7.3. SUBDRENAJE DE INFILTRACIÓN DE AGUAS DE CONTACTO	126
5.7.4. POZA DE MONITOREO.....	128
5.7.5. DIQUE DE ARRANQUE	130

5.7.6. APILAMIENTO DE MATERIAL.....	132
5.7.7. DRENAJE SUPERFICIAL	133
5.7.8. CANAL DE CORONACIÓN	134
CONCLUSIONES	137
RECOMENDACIONES.....	140
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	141
ANEXOS.....	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tamaño de mallas estándares.....	29
Tabla 2	Límites de tamaño de suelos separados.....	31
Tabla 3	Símbolos de los suelos en el sistema SUCS	37
Tabla 4	Tipos de ensayos Triaxial	40
Tabla 5	Clasificación de los Perfiles de Suelo (NTP E.030 -2018).	47
Tabla 6	Clasificación de taludes	54
Tabla 7	Operacionalización de Variables.....	64
Tabla 8	Puntos de control de la zona de estudio	82
Tabla 9	Resumen de calicatas en el depósito de material orgánico.	84
Tabla 10	Ensayo de densidad de campo - Depósito de material orgánico. .	85
Tabla 11	Ensayos de permeabilidad - Depósito de material orgánico.	85
Tabla 12	Ubicación y longitud de las líneas de refracción sísmica - Top Soil.	86
Tabla 13	Ubicación del ensayo MASW-1D - Top Soil.....	87
Tabla 14	Ubicación y longitud de las líneas de tomografía geoelectrica - Top Soil.....	87
Tabla 15	Resumen de ensayos de laboratorio	93
Tabla 16	Resumen de ensayos de laboratorio en muestras de calicatas ...	94
Tabla 17	Resumen de ensayos de gravedad específica relativa de sólidos	95
Tabla 18	Ensayos de permeabilidad, carga constante	95
Tabla 19	Ubicación y longitud de las líneas de refracción sísmica	97
Tabla 20	Interpretación Refracción Sísmica LR-S-01	98
Tabla 21	Interpretación Refracción Sísmica LR-S-02.....	99
Tabla 22	Interpretación Refracción Sísmica LR-S-03.....	100
Tabla 23	Interpretación Refracción Sísmica LR-S-03.....	101
Tabla 24	Ubicación de los ensayos MASW-1D.....	102

Tabla 25 Clasificación sísmica según la norma E.030.....	105
Tabla 26 Ubicación y longitud de las líneas de tomografía geoelectrica....	105
Tabla 27 Zonas de resistividad eléctrica.....	108
Tabla 28 Parámetros de resistencia drenados típicos para suelos cohesivos compactados.....	111
Tabla 29 Granulometría de material de baja permeabilidad	111
Tabla 30 Resumen de parámetros de resistencia de los materiales.....	113
Tabla 31 Resumen de valores del coeficiente sísmico	115
Tabla 32 Resultados del análisis de equilibrio limite.....	121
Tabla 33 Excavación de cimentación.....	123
Tabla 34 Impermeabilización de la base.....	125
Tabla 35 Cuadro de metrados de la poza monitoreo	129
Tabla 36 Características del dique de arranque	130
Tabla 37 Excavación de cimentación.....	130
Tabla 38 Características conformación de depósito	132
Tabla 39 Cuadro de metrados	136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tamaño del Grano, D (mm)	30
Figura 2 Limites Atterberg.....	32
Figura 3 Dimensiones de la ranura en la copa casagrande	33
Figura 4 Carta de plasticidad	35
Figura 5 Equipo Triaxial	40
Figura 6 Esquema de Tomografía de Resistividad Eléctrica 2D (M.H. Luke, 2004).....	42
Figura 7 Tendido Sísmico Característico	42
Figura 8 Resultados Vs. 30 y perfil característico de velocidades de Ondas S. Método MASW.....	43
Figura 9 Zonas sísmicas, según NTP E030 (RM-355-2018).	45
Figura 10 Falla de base o profunda de un talud.....	56
Figura 11 Falla al pie del talud	56
Figura 12 Falla en la cara del talud.....	57
Figura 13 Interface del software.....	61
Figura 14 Ubicación del depósito proyectado de Top Soil.	81
Figura 15 Ubicación de las investigaciones geotécnicas en planta - depósito de material orgánico	83
Figura 16 Ortofoto obtenida en el área del depósito de material orgánico... ..	88
Figura 17 Plano Geológico local depósito de top soil.	92
Figura 18 Ubicación de las investigaciones geotécnicas en planta - depósito de Top Soil.....	93
Figura 19 Ubicación de las investigaciones geotécnicas en planta - depósito de Top Soil.....	96
Figura 20 Perfil de refracción sísmica LR-S-01.....	98
Figura 21 Perfil de refracción sísmica LR-S-02.....	99
Figura 22 Perfil de refracción sísmica LR-S-03.....	100

Figura 23 Perfil de refracción sísmica LR-S-03.....	101
Figura 24 Perfil del ensayo MW-L-01.....	102
Figura 25 Perfil del ensayo MW-L-02.....	103
Figura 26 Perfil del ensayo MW-L-03.....	104
Figura 27 Perfil del ensayo MW-L-04.....	104
Figura 28 Perfil de tomografía geoeléctrica TG-L-01	106
Figura 29 Perfil de tomografía geoeléctrica TG-L-02	106
Figura 30 Perfil de tomografía geoeléctrica TG-L-03.....	107
Figura 31 Perfil de tomografía geoeléctrica TG-L-04.....	107
Figura 32 Sección A-A` Falla circular - Condición estática	119
Figura 33 Sección A-A` Falla circular - Condición Pseudoestático	119
Figura 34 Sección A-A` Falla en bloque - Condición estática	120
Figura 35 Sección A-A` Falla en bloque - Condición Pseudoestático	121
Figura 36 Zona donde se va realizar el depósito de top soil.....	122
Figura 37 Cimentación del depósito de top soil.	123
Figura 38 Sección longitudinal A-A' de la cimentación del depósito de top soil	124
Figura 39 Detalle de la cimentación del depósito de top soil	124
Figura 40 Detalle de la impermeabilización del depósito de top soil.....	125
Figura 41 Detalle de la de la impermeabilización del depósito de top soil.	126
Figura 42 Base de material de baja permeabilidad en el depósito de top soil.	126
Figura 43 Sistema de drenaje para aguas de infiltración en el depósito de Top Soil.....	127
Figura 44 Sección A-A' de la tubería colectora	128
Figura 45 Ubicación de la poza colectora	128
Figura 46 Vista en planta de la poza de monitoreo.....	129
Figura 47 Sección 2-2' de la poza de monitoreo.....	129

Figura 48 Dique de arranque en el depósito de top soil.....	131
Figura 49 Dique de arranque progresiva 0+030 en el depósito de top soil.	131
Figura 50 Apilamiento de material en el depósito de top soil.	132
Figura 51 Sección longitudinal del apilamiento de material	133
Figura 52 Vista en planta del sistema de manejo de aguas de contacto y no contacto	134
Figura 53 Ubicación del canal de coronación	135
Figura 54 Perfil longitudinal del canal de coronación.....	135
Figura 55 Sección típica del canal de coronación	136

RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia profesional titulado “ANÁLISIS GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE UN DEPÓSITO DE TOP SOIL EN LA UNIDAD MINERA ANIMÓN, DISTRITO DE HUALLAY, REGIÓN PASCO, 2024” forma parte del proyecto de titulación en Ingeniería Civil con énfasis en Geotecnia. El objetivo principal es desarrollar un análisis geotécnico integral para el diseño y la construcción de un depósito de top soil en la Unidad Minera Animón.

Para desarrollar el diseño del depósito de material de capa superior, se llevaron a cabo estudios geológicos y geotécnicos en la zona teniendo en cuenta la topografía local y otros parámetros mecánicos del suelo. Se realizaron exploraciones geotécnicas dentro del área de estudio, lo que permitió determinar los parámetros necesarios para calcular la estabilidad de la pendiente en condiciones estáticas y pseudostáticas mediante simulaciones por computadora.

Dentro del alcance del análisis, se evaluaron tanto el diseño del depósito como la presa de arranque, que es un componente clave para la fundación del depósito. Este tipo de presa es crucial ya que soportará las cargas del material apilado. También se estudió la gestión del agua en contacto y fuera de contacto. El agua en contacto se redirigirá a un estanque de monitoreo, y el agua fuera de contacto se desviará a una zanja de corona, ayudando así a mejorar la protección del depósito. Para controlar el drenaje superficial, se establecieron zanjas al pie de las laderas como parte del sistema de control de erosión para reducir los riesgos y garantizar la estabilidad a largo plazo del depósito.

Este análisis geotécnico es crucial para garantizar que el diseño y la construcción del depósito de suelo superior se realicen dentro de los parámetros de seguridad y funcionalidad, así como para contribuir al desarrollo seguro y sostenible de las actividades mineras en la región.

Palabras claves: Geotecnia, estabilidad de talud, estudio geotécnico, diseño de un depósito, coeficiente de seguridad.

ABSTRACT

This professional proficiency work entitled “GEOTECHNICAL ANALYSIS FOR THE DESIGN OF A TOP SOIL DEPOSIT IN THE ANIMÓN MINING UNIT, HUALLAY DISTRICT, PASCO REGION, 2024” is part of the degree project in Civil Engineering with an emphasis on Geotechnics. The main objective is to develop a comprehensive geotechnical analysis for the design and construction of a top soil deposit in the Animón Mining Unit.

To prepare the design of the top soil material deposit, geological and geotechnical studies were carried out in the area, taking into account the local topography and other mechanical parameters of the terrain. Geotechnical explorations were carried out in the study area, which allowed obtaining the necessary parameters to evaluate the stability of the slope under different static and pseudo static conditions through computer simulations.

As part of the analysis, the deposit was designed and the design of the starter dam was evaluated, which is a crucial element for the deposit's foundation, as it will support the loads of the stacked material. The proper management of contact and non-contact waters was also analyzed. Contact waters will be redirected towards a monitoring pond, while non-contact waters will be diverted towards a crest channel, thus contributing to the protection of the deposit. As part of the drainage system, surface water channels were proposed at the foot of the slopes to mitigate erosion risks and ensure the long-term stability of the deposit.

This geotechnical analysis is essential to ensure that the design and construction of the top soil deposit meet the technical requirements of safety and functionality, thus contributing to the sustainable and safe development of mining activity in the region.

Keywords: Geotechnics, slope stability, geotechnical study, deposit design, safety coefficient.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de un depósito de top soil en contextos mineros implica enfrentar desafíos geotécnicos y ambientales para asegurar la estabilidad estructural. El proyecto que se está llevando a cabo corresponde a la Compañía Minera Chungar en la Unidad Minera Animón, ubicada en el distrito de Huallay. Este análisis tiene como objetivo cumplir con el análisis geotécnico y de estabilidad de taludes, lo cual es crítico para desarrollar un diseño que satisfaga las necesidades de seguridad y sostenibilidad a largo plazo en una región altamente elevada.

A nivel internacional, la estabilidad de taludes en proyectos mineros representa un componente crítico tanto para la seguridad como para la sostenibilidad económica y ambiental. En minería, los taludes inestables pueden desencadenar deslizamientos y colapsos que no solo ponen en riesgo a los trabajadores, sino que también generan costos adicionales en la remediación de daños y la interrupción de operaciones (MDPI, 2020). El análisis de estabilidad de taludes debe considerar una variedad de factores geotécnicos, tales como la resistencia del suelo y las condiciones de drenaje, elementos claves para el diseño de estructuras de depósitos de residuos como el top soil en áreas de alta montaña (Geological Behavior, 2020; MDPI, 2020).

A nivel nacional el diseño geotécnico de depósitos de top soil en zonas mineras se rige por normativas ambientales específicas, como el Decreto Supremo N° 040-2014-EM, que exigen garantizar la estabilidad y minimizar los impactos ambientales. Este tipo de estudios geotécnicos detallados no solo asegura la eficiencia operativa, sino que es fundamental para proteger los ecosistemas en zonas andinas, donde la variabilidad geológica representa un desafío adicional (Ministerio del Ambiente, 2014; The Geotech, 2021). En este estudio, se busca desarrollar un diseño de depósito de top soil que cumpla con las normativas vigentes y que ofrezca soluciones sostenibles, aplicando métodos avanzados de análisis de estabilidad de taludes y un

enfoque integral en la gestión de riesgos geotécnicos para la seguridad y funcionalidad de la unidad minera.

En este trabajo de suficiencia profesional, se desarrollan cinco capítulos que cubren aspectos clave del proyecto. En capítulo I, se describe a Geoservice Ingeniería S.A.C., una empresa peruana con más de 30 años de experiencia en consultoría de ingeniería civil en minería, reconocida por su calidad y seguridad certificadas bajo normas ISO. El capítulo II expone el área profesional del autor, detallando su experiencia en estudios geotécnicos, estabilidad de taludes y control de calidad en obras mineras, y su participación en la elaboración de expedientes técnicos para el proyecto de factibilidad del depósito de top soil en la Unidad Minera Animón. En el capítulo III se identifica la situación problemática, en la cual la Compañía Minera Chungar enfrenta riesgos de deslizamientos y erosión en el depósito de top soil, debido a las condiciones variables del suelo en una región montañosa, lo que exige un diseño que garantice estabilidad estructural y un sistema de subdrenaje efectivo. El capítulo IV detalla la experiencia del autor en actividades como levantamientos topográficos, ensayos geotécnicos y análisis de datos en gabinete, para garantizar un diseño geotécnico seguro. Finalmente, el capítulo V, centrado en la discusión de resultados, examina los ensayos geotécnicos y geofísicos (incluyendo refracción sísmica y tomografía eléctrica), comparándolos con los objetivos planteados; esta confrontación permite evaluar la eficacia del diseño y la estabilidad del depósito de top soil a largo plazo, asegurando así la funcionalidad y seguridad operativa del proyecto.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La Compañía Minera Chungar, dentro de su Unidad Minera Animón, enfrenta un desafío crítico respecto a la gestión de residuos sólidos, particularmente la disposición de la tierra vegetal en un área con terreno montañoso y condiciones geotécnicas difíciles. La ubicación geográfica de esta unidad minera implica que los suelos tienen variaciones considerables en sus características físicas y mecánicas, lo cual impacta directamente en la estabilidad de las pendientes y la seguridad operacional.

Uno de los problemas más serios se relaciona a la inestabilidad de los taludes en el depósito de top soil, lo cual constituye un riesgo mayor en virtud de la variabilidad de la cohesión y del ángulo de fricción del suelo en el área. Estos factores aumentan la posibilidad de deslaves y de erosión que, en cualquier caso, pondría en riesgo no solo la integridad física del depósito, sino también el ambiente que rodea la mina y su seguridad operativa.

La mala gestión de estos factores no solo puede llevar a riesgos de fallo de pendiente, sino que también puede tener impactos ambientales significativos al perturbar los ecosistemas locales, lo que conlleva costos elevados para el control de daños y la mitigación. Además, estos riesgos podrían interrumpir la continuidad y viabilidad operativa del proyecto minero.

Considerando este escenario, es esencial llevar a cabo un diseño civil y geotécnico del montón de tierra superior que proporcione estabilidad estructural y sostenibilidad a largo plazo. Este diseño necesita un análisis geotécnico detallado, la construcción de un sistema de subdrenes y una estimación de la estabilidad de la pendiente para gestionar los riesgos de deslizamientos y erosión. Además, deben cumplirse las normas ambientales y de seguridad de Volcan Compañía Minera, asegurando que el diseño cumpla con los indicadores regulatorios y los aspectos más comunes de la industria minera.

Para concluir, el depósito de suelo superior necesita ser diseñado cuidadosamente y también se debe realizar la caracterización geotécnica del suelo. Si se hace con precisión, ayudará a reducir los riesgos operativos y ambientales en la Unidad Minera Animon y contribuirá al desarrollo de un enfoque viable y sostenible para la gestión de residuos sólidos. Se espera que este estudio mejore la seguridad y rentabilidad del proyecto, pero también actúe como una guía en otras operaciones mineras que tienen parámetros geotécnicos similares. Estas son las maneras en que el estudio está diseñado para impactar y mejorar la eficiencia.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo desarrollar un diseño geotécnico seguro y estable para el depósito de top soil en la Unidad Minera Animón, que garantice la estabilidad de los taludes y minimice los riesgos de fallas estructurales y ambientales en condiciones estáticas y sísmicas?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Qué propiedades físicas y mecánicas presentan los suelos en la zona del depósito de top soil, y cómo afectan estas características la estabilidad de los taludes en la Unidad Minera Animón?

¿Cómo realizar un análisis geotécnico detallado que evalúe la estabilidad de los taludes del depósito de top soil, considerando diferentes ángulos de inclinación y cargas aplicadas en condiciones estáticas y pseudoestáticas, para garantizar la seguridad estructural y operacional en la Unidad Minera Animón?

¿Qué parámetros técnicos y soluciones de ingeniería deben incorporarse en el diseño del depósito de top soil para asegurar su estabilidad estructural, manejo eficiente de aguas y sostenibilidad a largo plazo en la Unidad Minera Animón?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un análisis geotécnico completo para el diseño y construcción de un depósito de top soil en la en la Unidad Minera Animón, distrito de Huallay, región Pasco, 2024., asegurando la estabilidad y seguridad del talud en el sitio.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar un estudio geotécnico para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo en el área de estudio en la Unidad Minera Animón, distrito de Huallay, región Pasco, 2024.
- ✓ Evaluar la estabilidad física del depósito de top soil mediante análisis estructurales y de estabilidad de taludes en la Unidad Minera Animón, distrito de Huallay, región Pasco, 2024.
- ✓ Proponer un diseño geotécnico óptimo para el depósito de top soil, en la Unidad Minera Animón, distrito de Huallay, región Pasco, 2024.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO SUFICIENCIA PROFESIONAL

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

El análisis geotécnico, en particular, es de especial importancia en la ejecución de estructuras de suelo como presas de terraplén y estructuras de relleno hidráulico en áreas de top soil en minería. La disciplina de la ingeniería mecánica conocida como mecánica de suelos proporciona la base para el análisis de pendientes: su estabilidad, la resistencia de los materiales del suelo y la respuesta a cargas estáticas y pseudoestáticas (Díaz Rodríguez, 2019). Este estudio se justifica teóricamente en la necesidad de aplicar principios de geotecnia y normativas vigentes para garantizar la seguridad y eficiencia del diseño del depósito. Además, se basa en estudios previos sobre modelación geotécnica y estabilidad de taludes, lo que respalda la importancia de realizar simulaciones y análisis estructurales antes de ejecutar una obra.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Desde un punto de vista práctico, esta investigación es fundamental para la adecuada planificación en la construcción de obras mineras. La contención de top soil en la Unidad Minera Animón demanda un adecuado estudio de los parámetros geotécnicos para el mejor control posible de estructural y ambiental errores dañinos. El control de aguas de contacto y no contacto también favorece la viabilidad del proyecto y el respeto a las normas ambientales. La propuesta de este diseño mejorará la eficiencia constructiva y disminuirá el gasto en el agravamiento de la inestabilidad geotécnica del terreno.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

El estudio sigue una metodología basada en exploración geotécnica, modelado numérico y análisis de estabilidad de taludes. Se utilizarán herramientas computacionales para realizar simulaciones con diferentes ángulos y condiciones de carga, permitiendo seleccionar el diseño más seguro y eficiente. Además, se aplicarán ensayos de laboratorio y estudios topográficos para determinar con precisión las propiedades del suelo y su capacidad de soporte. Esta metodología garantiza que el diseño del depósito cumpla con los estándares de ingeniería y responda a las **condiciones específicas del terreno en la Unidad Minera Animón.**

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

En esta investigación, no se identifican limitaciones significativas que puedan afectar la realización o el éxito del proyecto. La Compañía Minera Chungar cuenta con todos los recursos técnicos y financieros necesarios, incluyendo acceso a datos geotécnicos actualizados, equipos para la recolección de información en campo, y personal altamente capacitado en ingeniería civil y geotécnica. Además, las condiciones geográficas y climáticas de la zona son bien conocidas por el equipo, lo que permite una planificación efectiva de los trabajos de campo.

El proyecto también se ajusta a las normativas y estándares ambientales vigentes, asegurando que no habrá obstáculos regulatorios que puedan retrasar la investigación o su implementación. Por lo tanto, se espera que la investigación avance de manera fluida y sin complicaciones mayores, desde la recolección de datos hasta el diseño final del depósito de top soil.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación es factible dado que se cuenta con el apoyo institucional de la Compañía Minera Chungar, que ha proporcionado acceso a las instalaciones de la Unidad Minera Animón y a los recursos necesarios para llevar a cabo el estudio. Además, GEOSERVICE posee la infraestructura técnica adecuada, incluyendo un moderno laboratorio de mecánica de suelos certificado y un equipo multidisciplinario de ingenieros especializados en geotecnia, lo que garantiza la disponibilidad de conocimientos y tecnologías para ejecutar el proyecto.

El acceso a herramientas avanzadas de modelado geotécnico y equipos de ensayos permitirá realizar análisis detallados y precisos, lo que asegura la calidad y fiabilidad de los resultados. Asimismo, la experiencia acumulada en proyectos similares proporciona un marco de referencia sólido para abordar los desafíos específicos que puedan surgir durante la investigación.

En términos de tiempo, el proyecto ha sido programado para ajustarse a un cronograma realista que considera las condiciones climáticas y operativas de la zona, permitiendo la flexibilidad necesaria para superar las limitaciones temporales mencionadas.

La combinación de recursos técnicos, apoyo institucional, y planificación estratégica asegura que la investigación sea viable y que los objetivos planteados puedan ser alcanzados de manera efectiva.

1.7. DOCUMENTOS QUE ACREDITEN EXPERIENCIA PROFESIONAL

Geoservice Ingenieros Consultores S.A.C.

CONSTANCIA DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS CIVILES

El Jefe del Área Legal y Recursos Humanos de **Geoservice Ingenieros Consultores S.A.C.**, certifica que:

El señor, **Wilfredo Farquet Soria Requena**, identificado con DNI N.º 44598645, se encuentra prestando servicios a nuestra empresa, al amparo del artículo 1764 del Código Civil.

Los servicios técnicos de Asistente en el Área de Ingeniería de Proyectos, que brinda actualmente a nuestra empresa, son realizados de manera óptima, demostrando su alto grado de eficiencia y profesionalismo.

Así mismo, estos servicios profesionales están siendo realizados desde el 01 de Noviembre del 2021 hasta la actualidad.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado y para los fines que estime conveniente.

Lima, 03 de setiembre del 2024.



Dr. Oscar Bernuy Álvarez
Jefe del Área Legal y Recursos Humanos
Geoservice Ingenieros Consultores

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Park (2019), sustentó su tesis: “PRUEBAS DE LABORATORIO GEOTÉCNICAS PARA ANÁLISIS FEM 2-D DE CAPAS Y CUBIERTAS GEOMÓRFICAS Y PLANARES INCLINADAS PARA LA DEPOSICIÓN DE DESMONTE” de Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de Virginia Occidental, en esta investigación realizado en West Virginia, Estados Unidos, evaluó la estabilidad de un depósito de residuos mediante análisis de elementos finitos y principios de diseño geomórfico. Se destacó la importancia de las capas de barrera hidráulica y crecimiento para controlar infiltraciones extremas, logrando factores de seguridad superiores a 2.0 en taludes geomórficos y cerca de 1.5 en taludes convencionales

Mayorga (2020), sustentó su tesis: “METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO POR CONFIABILIDAD DE PRESAS DE RELAVES CONSTRUIDAS EN ARENA POR EL MÉTODO AGUAS ABAJO” en la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Pontificia Javeriana, con la finalidad de optar el Grado Académico de Ingeniero Civil. La investigación llegó a las siguientes principales conclusiones:

a) Tanto el Punto de Estimación como los métodos de simulación de Monte Carlo proporcionaron resultados muy similares; sin embargo, la facilidad asociada con la aplicación del primero lo convierte en el método más preferido. La probabilidad de fallo en fiabilidad comienza desde el criterio de fallo $FS < 1$, con el cual fue posible estimar la probabilidad total de fallo de la presa. Conocer las mejores opciones, como resultado de llevar a cabo los análisis comparativos entre funciones de comportamiento y métodos de simulación, es lo que justifica la recomendación de la guía de diseño.

b) Con base en los patrones de comportamiento de los resultados obtenidos de esta investigación, se propone que se utilicen períodos de diseño de 20 años, así como períodos de retorno para terremotos y lluvias de 475 años.

c) A todos los factores sabidos para afectar la probabilidad de falla total, algunos del comportamiento de las presas son: la infiltración, la cantidad de impactos y la inclinación de la cohesión interna del sólido. El aproximado mínimo de impactos que es sugerido es de diez impactos por pie para reducir la probabilidad de falla por licuación.

d) La posibilidad demostrada del uso de los métodos probabilísticos, permite la obtención de la probabilidad de falla, no solo brindando un indicador de seguridad, el cual no puede de manera independiente predecir esta probabilidad y queda como un número sin sentido. Para algunos casos se tienen factores de seguridad superiores a 1 con probabilidades de falla mucho mayores a las permitidas, sin embargo dichos factores de seguridad son moldeados por las desviaciones estándar que resultan del análisis probabilístico, de modo que se consideran las incertidumbres del modelo, esto hace que el método probabilístico tenga un valor agregado por encima del determinístico.

(Hamade, 2022), su enfoque está en los diseños geotécnicos de presas de relaves basados en la fiabilidad a partir del uso de métodos probabilísticos, en este caso, la simulación de Monte Carlo (MC), en un modelo real de una presa de relaves con retención de agua que se construye en etapas y donde el acoplamiento hidro-mecánico entre la deformación y la presión se simula utilizando el software FLAC. Este software se basa en un método de elementos finitos para tomar en cuenta la incertidumbre de las propiedades geotécnicas del material y predecir la presión de poro de la presa durante la construcción. En esta investigación, todos los materiales siguen el modelo de fallo de Mohr-Coulomb y se tratan como rígido-perfectamente plástico. En el transcurso de este estudio, se determinó que el material del núcleo de la presa de terraplén es el componente más crítico que gobierna la estabilidad de las pendientes de la

presa de relaves. Es por eso que se utilizan parámetros mecánicos e hidráulicos como las variables de entrada del núcleo en este análisis de fiabilidad.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

(Álvarez & Quiroz 2020), sustentó su tesis: “DISEÑO DE LA ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPÓSITO DE DESMONTE MINERO, MITIGANDO EL IMPACTO PAISAJÍSTICO EN JUNÍN PERÚ” para optar el título profesional de ingeniero civil en la universidad Ricardo palma Lima, su investigación llego a las siguientes conclusiones:

A fin de diseñar la estabilidad física del depósito de desmonte minero, se llevó a cabo la caracterización geotécnica del material de desmonte y del terreno de fundación. Se determinaron normas de cohesión, ángulo de rozamiento y peso especificado, mediante la ejecución de ensayos de laboratorio.

A partir del análisis de la inestabilidad del depósito, se calcularon los factores de seguridad economizados correspondientes al marco normativo peruano como los mínimos requeridos, por lo que se considera estable. Se concluye que la degradación de los parámetros del suelo debido a la contaminación por zinc y plomo no interfiere con la estabilidad del depósito.

El análisis obtenido en este proyecto fue realizado con el software Slide, el cual utiliza métodos de equilibrio límite para el cálculo

(Ricaldi 2023), sustentó su tesis: “DISEÑO DE LOS DEPÓSITOS DE DESMONTE EN LAS OPERACIONES MINERAS DE LA COMPAÑÍA MINERA LINCUNA S.A.” para optar el título profesional de ingeniero de minas en la universidad Daniel Alcides Carrión de Cerro de Pasco, su investigación llego a las siguientes conclusiones:

- ✓ Depósito de desmonte Hércules:Nº de Banquetas = 02, Cota de Banco: Banqueta 01 = 4079 msnm, Banqueta 02 = 4042 msnm,

Altura de Banco Promedio = 37.0m, Talud = 1.4H:1.0V, Ancho de Acceso = 10.0ml, Pendiente Máx. = 10%. Y Canales de coronación.

- ✓ Depósito de Desmonte Coturcan: N° de Banquetas = 02, Cota de Banco: Banqueta 01 = 4303 msnm, Banqueta 02 = 4283 msnm, Altura de Banco Promedio = 20.0m, Talud = 1.4H:1.0V, Ancho de Acceso = 10.0ml, Pendiente Máx. = 10%. Y Canales de Coronación, también cuenta con barrera enrocada.
- ✓ Depósito de Desmonte Caridad: Se tiene, N° de Banquetas = 02, Cota de Banco: Banqueta 01 = 4460 msnm, Banqueta 02 = 4444 msnm, Altura de Banco Promedio = 16.0m, Talud = 1.4H:1.0V, Ancho de Acceso = 10.0ml, Pendiente Máx. = 10%, Sistema de Subdrenaje, cuenta con berma de contención, cámara de colección, canales de coronación.

Estabilidad del talud de los depósitos de desmonte se obtuvo:

- ✓ Depósito de desmonte Hércules: Angulo de estabilidad desmonte 34.1°, de cimentación 35°, basamento rocoso 37°.
- ✓ Depósito de desmonte Coturcan: Angulo de estabilidad desmonte 38.35°, de cimentación 35°, basamento rocoso 37°.
- ✓ Depósito de desmonte Caridad: Angulo de estabilidad desmonte 33.15°, de cimentación 35°, basamento rocoso 37°.
- ✓ Sismicidad: Para el proyecto se considera un periodo de retomo de 475 años para el sismo de diseño, que corresponde a estructuras con una vida útil de 50 años y un nivel de excedencia del valor de aceleración propuesto de 10%.

(Sánchez 2020), sustentó su tesis: “DISEÑO GEOTÉCNICO DE PRESAS DE DEPÓSITO DE RELAVES” para optar el título profesional de ingeniero civil en la universidad Ricardo Palma de Lima, su investigación llegó a las siguientes conclusiones:

De acuerdo con las normas brasileñas, los factores de seguridad calculados para el análisis de estabilidad estática de los diques fueron mayores a 1.3 para fallos circulares y de bloque, por lo tanto se asume que permanecerán estables en condiciones estáticas. seguridad y estabilidad de las normas de Ingeniería brasileñasdes.

Para la condición actual de los diques existentes Pau D'Arco y Grota C (río abajo), los factores de seguridad son menores a 1.5 y 1.3 respectivamente, por lo tanto, es recomendable considerar las medidas de refuerzo propuestas.

En este sentido, tanto las normas panamericanas como las brasileñas están muy relacionadas. Sin embargo, debido a que Brasil no es un país con actividad sísmica conocida, no hay inclusión de análisis pseudoestático dentro del alcance del examen de estabilidad de taludes.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Como resultado de revisar sistemáticamente la literatura en la biblioteca de esta universidad, en las bibliotecas de otras universidades locales y en bases de datos accesibles en Internet, no se han encontrado obras publicadas que cubran el estudio integral del diseño de ingeniería geotécnica y el análisis de estabilidad de taludes de acopios de suelo superficial dentro del marco de los propósitos mineros locales.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. MECÁNICA DE SUELOS

Uno de los pilares centrales en el estudio de la mecánica de suelos es la identificación y clasificación de las propiedades geotécnicas de un terreno, tal como la resistencia al corte, la densidad, la permeabilidad y la deformabilidad. Estos parámetros son determinantes en el diseño de las cimentaciones y de las estructuras de soporte, ya que definen la capacidad del suelo para ser cargado y la manera en que el suelo contenedor responde a las cargas que le son impuestas.

De igual forma, la mecánica de suelos profundiza en el estudio de los fenómenos de erosión y sedimentación, la estabilidad de taludes y el análisis de riesgos geotécnicos en sentido amplio (Cernica, 2006). Cabe indicar que la mecánica de suelos es un subsistema de la mecánica que resulta de combinar otras ciencias como, la ingeniería civil, la geología, la hidrología y la geofísica. Comprender la geología del área y su impacto a las propiedades del suelo es fundamental en la asesoría a los resultados de los análisis geotécnicos (Braja Das, 2015).

2.2.2. ENSAYOS BÁSICOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

2.2.2.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Braja Das (2015), las variaciones en el tamaño de los gránulos en cualquier masa de suelo son bastante dispares. Para clasificar un suelo de forma correcta se debe conocer su distribución granulométrica. En el caso de los suelos gruesos, esta distribución se determina generalmente por el uso de un análisis granulométrico con mallas.

Un análisis granulométrico por mallas consiste, primero, en tomar una muestra de suelo seco que haya sido pulverizado y ponerla en una serie de mallas que van decreciendo en tamaño. Luego cada malla se coloca dentro de una charola. Con la malla colocada, se

comienza con un procedimiento que consiste en medir la cantidad de suelo único que se retiene en esta malla y calcular el porcentaje de suelo que pasa por ella.

Para cada malla se obtiene un porcentaje de retención de suelo que se pasa a clasificar además de ser empleado en las clasificaciones de suelos. Para estos fines existen listas guías sobre las mallas que se utilizan con mayor frecuencia además de su abertura para que puedan ser empleadas en análisis para clasificación de suelos.

Los resultados del porcentaje que pasa a través de cada malla, obtenidos con el análisis de los tamices, se presentan gráficamente en una escala semi-logarítmica. Esta representación gráfica sirve para observar claramente la distribución de los tamaños de partículas del suelo y ayudar en el análisis de las características de distribución del tamaño de partículas.

Tabla 1

Tamaño de mallas estándares

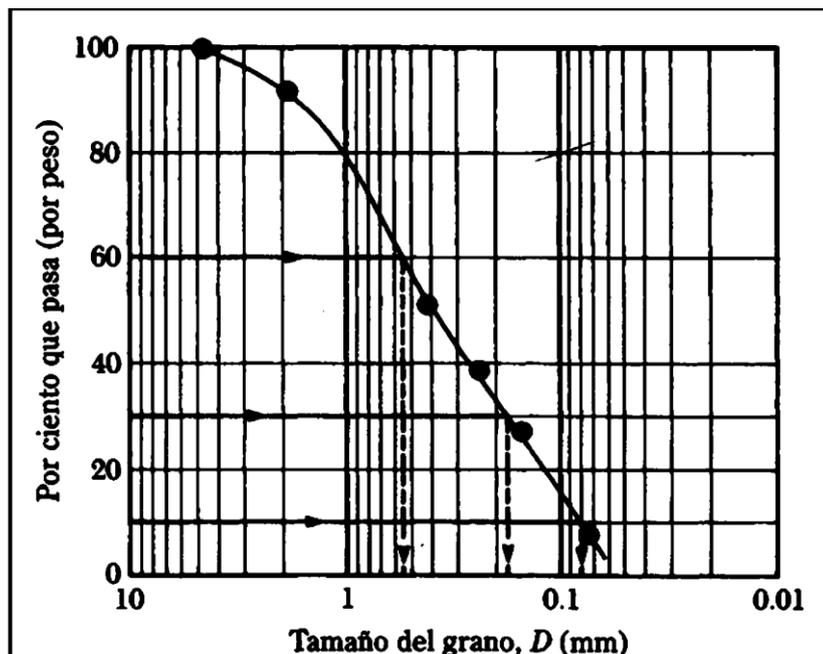
Tamiz N.º	Abertura (Mm)
4	4.750
6	3.350
8	2.360
10	2.000
16	1.180
20	0.850
30	0.600
40	0.425
50	0.300
60	0.250
80	0.180
100	0.150
140	0.106
170	0.080
200	0.075
270	0.053

Nota. Fundamento de ingeniería Geotecnica Das Braja M (2015).

Braja M. (2015) argumenta que una serie de organizaciones han intentado establecer límites superiores de tamaño para grava, arena, limo y arcilla basados en los tamaños de las partículas constitutivas de los suelos. En consecuencia, proporciona los límites de tamaño superior recomendados en el sistema AASHTO y en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos utilizado por el Cuerpo de Ingenieros, el Departamento del Ejército y la Administración de Recuperación. El autor señala que, según estos sistemas, las partículas de suelo más pequeñas que 0.002 mm se clasifican como arcilla. Sin embargo, las arcillas son cohesivas por naturaleza y pueden tomar una forma filamentosa cuando están húmedas. Esta propiedad de cohesión y la capacidad de los filamentos es una característica distintiva de las arcillas.

Figura 1

Tamaño del Grano, D (mm)



Nota. Fundamento de ingeniería Geotécnica Das Braja M (2015).

Las propiedades cohesivas de los suelos y su capacidad para formar filamentos provienen de minerales de arcilla como la caolinita, la illita y la montmorillonita. Estos minerales arcillosos confieren a los suelos sus propiedades cohesivas y un comportamiento particular.

Cabe destacar que otros minerales como el cuarzo y el feldespato pueden encontrarse en el suelo en forma de granos finos, pero no exhiben la cohesividad característica de los minerales de arcilla. Por lo tanto, se les denomina partículas del tamaño de arcilla y no partículas de arcilla.

Tabla 2

Límites de tamaño de suelos separados

Sistema de clasificación	Tamaño del grano (mm)
AASHTO	Grava: 75 mm a 4,75 mm
	Arena: 2,0 mm a 0,05 mm
	Limo: 0,05 mm a 0.002 mm
	Arcilla: <0,002 mm
SUCS	Grava: 75 mm a 4,75 mm
	Arena: 4,75 mm a 0,075 mm
	Limo y Arcilla: <0,075 mm

Nota. Das, B. M. (2015). Fundamentos de ingeniería geotécnica.

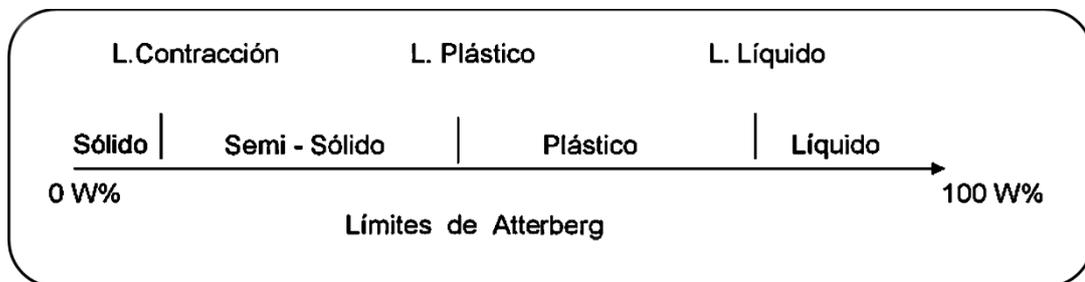
2.2.2.2. Límites de Atterberg

Para Sara Crespo Villalaz (2012), el término que la mayoría de la gente conoce se refiere principalmente a la deformación del suelo sin agrietamiento hasta un cierto punto. Esta característica es informativa sobre el comportamiento del suelo bajo diferentes condiciones. Las arcillas exhiben esta propiedad en varios niveles. Para evaluar la plasticidad de un suelo, se utilizan sus límites de Atterberg (también llamados límites de consistencia) que pueden clasificar los suelos cohesivos en cuatro estados de consistencia (Figura 2). Estos límites incluyen el límite líquido (L.L.), el límite plástico (L.P.) y el límite de contracción (L.C.), que ofrecen información sobre el tipo de suelo que se está examinando. Todos los límites de consistencia se determinan utilizando el suelo que pasa a través de un tamiz con malla número 40. La diferencia entre los valores del límite líquido (L.L.) y el límite plástico (L.P.) se conoce como el índice de plasticidad del suelo (I.P). Tanto el límite líquido

como el límite plástico son funciones de la cantidad y tipo de arcilla disponible en la matriz del suelo, mientras que el índice de plasticidad es en gran medida una función de la cantidad de arcilla. Si no se puede establecer el límite plástico de un suelo, se considera que el suelo es no plástico (N.P.), indicando que el índice de plasticidad es igual a cero. El índice de plasticidad indica el grado de contenido de humedad en el que los suelos cohesivos exhiben las características de un material plástico.

Figura 2

Límites Atterberg



Nota. Crespo Villalaz (2012).

Límites de Plasticidad

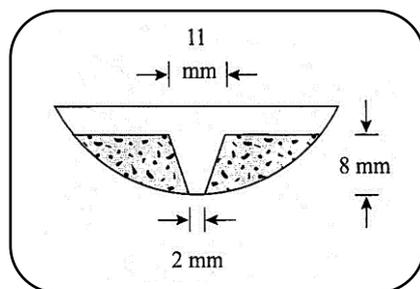
Siguiendo el razonamiento de Juárez y Rico (2004), hay numerosos criterios para calcular la plasticidad de la arcilla, y uno de los más relevantes es el sugerido por Atterberg. Atterberg indicó que la plasticidad de una cierta arcilla no es una propiedad constante, sino que depende de la situación y de la cantidad de agua presente. Una arcilla extremadamente seca puede tener una consistencia similar a la de un ladrillo y no tener plasticidad en absoluto, mientras que una arcilla con mucha agua puede comportarse como un barro semi líquido o suspensión. Entre estos extremos, hay un rango de contenido de agua donde la arcilla se comporta de manera plástica. Dependiendo del contenido de agua del suelo plástico, puede estar en cualquiera de los siguientes estados de consistencia en orden de proporción decreciente.

Límite Líquido

López (2014), menciona que Atterberg se refería al límite convencional entre los estados semirrelajados y plásticos como “WLL”. A pesar de que ninguna de las pruebas para establecer los límites de Atterberg es particularmente compleja, hay que tener cierta destreza para poder ejecutarla y obtener resultados consistentes. Para obtener el límite líquido, se suele emplear un dispositivo mecánico de Casagrande. Se coloca una muestra de suelo remoldeado en una taza, y se hace una ranura de 2 mm de ancho por 8 mm de altura en el medio de la pasta de suelo. Entonces, el operador coloca una manivela que eleva la taza a una posición fija sobre el nivel de la base; la posición en la que se detiene el elevador permite que la taza caiga libremente un centímetro. La tierra está en el límite líquido cuando 25 golpes son requeridos para que el extremo inferior de la ranura se cierre y esa longitud alcanza las 0,5 pulgadas (13 mm). En ese momento, la cantidad de humedad en la muestra se considera como el límite líquido.

Figura 3

Dimensiones de la ranura en la copa Casagrande



Nota. Juárez & Rico (2004).

Según Juárez y Rico (2004), a través de estudios utilizando el método original de Atterberg y determinaciones realizadas en diferentes laboratorios con distintos operadores, se encontró que el límite líquido obtenido por la copa de Casagrande coincide con el límite líquido de Atterberg. Este límite se define como la cantidad de agua en una muestra de suelo suficiente para cerrar un surco de 1.27

centímetros (1/2 pulgada) de largo con 25 golpes en la copa. Esta correspondencia es de gran importancia ya que permite utilizar la experiencia previa acumulada antes de que la copa se introdujera en los procedimientos actuales. Para establecer el límite líquido, se realizan pruebas con diferentes cantidades de agua cercanas al límite líquido y con números correspondientes de golpes, y se traza una curva. La ordenada de esta curva en la abscisa de veinticinco golpes es la cantidad de agua que corresponde al límite líquido.

Límite Plástico

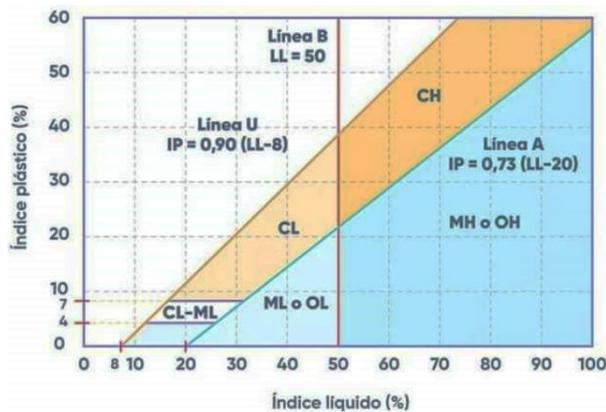
Conforme a Atterberg, se propuso un límite entre el estado plástico y semisólido, conocido como límite plástico WPP, que se determina a través de una prueba de laboratorio. La determinación de un límite plástico se puede hacer formando un cilindro delgado de un suelo plástico con un diámetro de 3 mm. En caso que el suelo no se desmorone se recoge el cilindro, amasa de nuevo, se enrolla y este proceso se repite hasta que el cilindro comienza a romperse que es cuando el diámetro es de 3 mm. La humedad en que el cilindro se quiebra y se fractura se considera el límite plástico.

Índice de Plasticidad

El rango de humedad donde el sistema exhibe comportamiento plástico se conoce comúnmente como el intervalo plástico, mientras que la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico se conoce como el índice de plasticidad (IP). Los límites líquidos y el índice de plasticidad juntos proporcionan una medida de la plasticidad del suelo. Los suelos con altos valores del límite líquido (WLL) y del índice de plasticidad se consideran altamente plásticos, mientras que aquellos con bajos valores se consideran ligeramente plásticos. La interpretación de las pruebas para el límite líquido y el límite plástico se facilita utilizando la carta de plasticidad realizada por Casagrande.

Figura 4

Carta de plasticidad



Nota. Das, B. M. (2015). Fundamentos de ingeniería geotécnica.

2.2.2.3. Clasificación del Suelo

Como lo establece Braja M (2015), los suelos que poseen características similares se agrupan y se dividen más según su comportamiento en ingeniería. Los sistemas de clasificación son diferentes porque proporcionan una forma de comunicar las características generales y resumidas de los suelos, que incluyen características altamente diversas e indeterminables. En la actualidad, existen dos sistemas que utilizan la distribución del grado de plasticidad del suelo y el tamaño de grano como base para el sistema de clasificación. Estos son el sistema de clasificación de suelos AASHTO y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS).

Sistema de Clasificación AASHTO

Como se evidencia en la versión actual propuesta en 1945 por el Consejo de Ingeniería de Carreteras en América, ha pasado por una serie de revisiones desde 1929, cuando fue introducido por la Oficina de Carreteras Públicas como un sistema de clasificación para la Asociación de Carreteras Americanas relevante. Se realizó bajo el procedimiento AASHTO M145 de la prueba D-3282 de la ASTM, la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales.

De acuerdo con este sistema, los suelos se clasifican en 7 grupos principales: A-1 a A-7 como se presenta en la Tabla 3. Los suelos granulares, que se definen por un porcentaje de partículas que pasan a través de un tamiz número 200 que es menor o igual al treinta y cinco por ciento, comprenden los grupos de suelos A-1, A-2 y A-3.

Los suelos de limo y arcilla están clasificados bajo los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7, que se delimitan por el paso del tamiz número 200. Estos suelos se componen principalmente de arcilla limosa. El sistema jerárquico se establece basado en los siguientes criterios respecto al tamaño de grano:

- Grava: Fracción que pasa a través del tamiz de 75 mm (3") y se retiene en un tamiz No 10 (2 mm).
- Arena: La porción que pasa a través del tamiz No. 10 (2 mm) y se retiene en el tamiz No. 200 (0.074 mm). - Limo y arcilla: La porción que pasa a través del tamiz No. 200.
- Limo y arcilla: fracción que pasa por la malla N° 200.

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos fue propuesto por primera vez por Casagrande en 1942, y más tarde revisado y adoptado por la Oficina de Reclamación de los Estados Unidos y el Cuerpo de Ingenieros. En este sistema se utiliza ampliamente en la ingeniería geotécnica. En el Sistema Unificado, se utilizan los siguientes signos como identificadores.

Tabla 3*Símbolos de los suelos en el sistema SUCS*

Símbolo	Descripción
G	Grava
S	Arena
M	Limo
C	Arcilla
O	Limos Orgánico y arcilla
Pt	Turba y suelos altamente orgánico
H	Alta plasticidad
L	Baja plasticidad
W	Bien graduados
P	Mal graduados

Nota. Das, B. M. (2015). Fundamentos de ingeniería geotécnica.

2.2.2.4. Contenido de Humedad

La sequedad del suelo hace que se comporte como una esponja de maneras que se pueden comparar a la capacidad de retener agua dependiendo de las características de sus partículas, como la textura y la composición de la estructura. La humedad contenida en un suelo es esencialmente la relación entre la masa del agua que puede ser retenida en la estructura porosa del suelo y la masa de las partículas del suelo. Además, el contenido de humedad del suelo se define como la suma del agua libre, capilar y higroscópica (Botía, 2015, pág. 25).

Existen muchos métodos diferentes para determinar el contenido de agua de un suelo, tales como: sonda de neutrones, TDR (Reflectometría en Dominio del Tiempo), aguja de Proctor, método de Speedy, método nuclear, picnómetro de aire diferencial, metanol, evaluación táctil, uso indirecto de tensiómetros, y el método más utilizado en ingeniería civil y geotecnia, el método de secado en horno. Determinar el contenido de agua en el suelo es crucial para estimar las propiedades de cohesión, consistencia, cambios volumétricos y estabilidad mecánica del suelo (Botía, 2015, pág. 25).

2.2.2.5. Peso Específico

El peso específico captura la atención de ingenieros e investigadores en ciencia de materiales. Este término describe la relación entre el peso de una sustancia y su volumen. En otras palabras, el peso específico se refiere a la relación entre el peso de un material en particular y el volumen que ocupa.

En cuanto a esta definición existen dos términos adicionales:

Peso específico aparente: En este caso, se hace referencia al material en cuestión cubierto por un volumen. Para este cálculo es esencial el considerar los espacios vacíos o porosidad del material. La forma de calcular el peso específico aparente es dividiendo el peso total del material entre el volumen total incluyendo los espacios vacíos.

Peso específico real: La oposición de peso específico aparente tiene lugar a densidad aparente. Este indicador se centra en las partículas sólidas que constituyen el material. Esta masa resulta ser la porción del material por unidad de volumen en términos de espacio vacío excluyendo la porosidad del material. Se calcula dividiendo el peso de las partículas sólidas del material entre el volumen ocupado únicamente por esas partículas.

Al igual que términos de georreferencia, el peso específico se indica en unidades de fuerza de gravedad por volumen, por ejemplo, kilogramos por metros cúbicos o libras por pies cúbicos.

El esfuerzo de un organismo vivo se basa en el sistema al cual pertenece. Mientras que el peso no tiene efecto, sin embargo, es importante llevar cuidado con los compuestos de los materiales, por su densidad y grado de compactación, así como las condiciones ambientales, ya que esto afectará el peso específico del material.

El peso específico del suelo modifica la resistencia y la estabilidad del terreno debido a su relación con la densidad de partículas sólidas y el contenido de agua existente en el suelo. Con el conocimiento del peso específico, es posible evaluar la presión efectiva creada sobre el suelo debido a una carga externa. La presión efectiva es la presión total sobre el suelo menos la presión intersticial producida por el agua en los poros del suelo.

2.2.2.6. Ensayos Especiales de Laboratorio de Suelos

Ensayo Triaxial

La resistencia de un determinado suelo no es una propiedad fija, y en cambio puede cambiar de una situación a otra dependiendo de varias circunstancias dentro de un área prescrita.

En la mayoría de los casos, la prueba triaxial es el método más apropiado para determinar la resistencia al corte del suelo. Uno de los principales méritos de este procedimiento es la posibilidad de controlar las tensiones principales, el drenaje y la presión intersticial, lo que proporciona información sobre el comportamiento básico del suelo y sus características que se presentaron posteriormente en el diseño.

En la prueba triaxial clásica, se coloca una muestra cilíndrica de suelo con una relación altura-diámetro de 2:1 bajo una presión hidráulica constante, mientras se aplica una carga compresiva vertical, que se incrementa progresivamente hasta que ocurre la falla de la muestra. Esta carga debe aumentar a una tasa constante, que generalmente se logra utilizando una prensa eléctrica con control de velocidad.

A lo largo de todo el proceso de carga, hasta que la muestra se rompe, se registran los desplazamientos causados por las cargas aplicadas. Esto proporciona la información necesaria para resumir todo el proceso en forma de un gráfico de tensión-deformación. Este

proceso se realizó para tres muestras idénticas, cambiando solo la presión de confinamiento cada vez.

Tabla 4
Tipos de ensayos Triaxial

Tipo De Ensayo	Proceso Consolidación	Parámetros Obtenidos	Observaciones
UU sin consolidación y sin drenaje	No hay drenaje	c_u y ϕ_u	No se mide la presión intersticial. El proceso de rotura es rápido.
CU Con consolidación y sin drenaje	Hay drenaje	c_u y ϕ_u	No se mide la presión intersticial. El proceso de rotura es rápido.
CUU con consolidación, rotura sin drenaje y medida de presiones intersticiales	Hay drenaje	c' y ϕ'	Se mide la presión intersticial. Proceso de rotura con velocidad adecuadas para que se equilibren las presiones intersticiales.
CD con consolidación y con drenaje	Hay drenaje	c_u y ϕ_u	Se mide la variación de volúmenes del agua intersticial. Velocidad de rotura adecuada para que no se generen tensiones intersticiales durante el proceso de rotura.

Figura 5
Equipo Triaxial



2.2.3. GEOFÍSICA

Con el fin de identificar la existencia de posibles fracturas, anomalías o regiones con cambios en los valores de la resistividad eléctrica aparente del subsuelo, se realiza una revisión de la información existente. Además, la prueba sísmica geofísica se vinculará a los cambios en la velocidad de la onda de compresión (V_p) y la velocidad de la onda de corte (V_s), lo que ayudará a determinar los horizontes o capas que podrían estar presentes de acuerdo con los parámetros elásticos del subsuelo (compacidad del suelo y densidad aparente).

2.2.3.1. Tomografía Eléctrica

El comportamiento físico de las rocas depende de sus características minerales además del contenido de agua, forma agregada, volumen, forma, porosidad, temperatura y presión. La resistividad mide la dificultad que enfrenta una corriente eléctrica al pasar a través de un material definido. La resistencia de un conductor es constante independientemente de la corriente y el potencial. Las mediciones de resistividad eléctrica del subsuelo son comunes durante las encuestas geofísicas. Su objetivo es la identificación y localización de cuerpos y estructuras geológicas por su contraste resistivo.

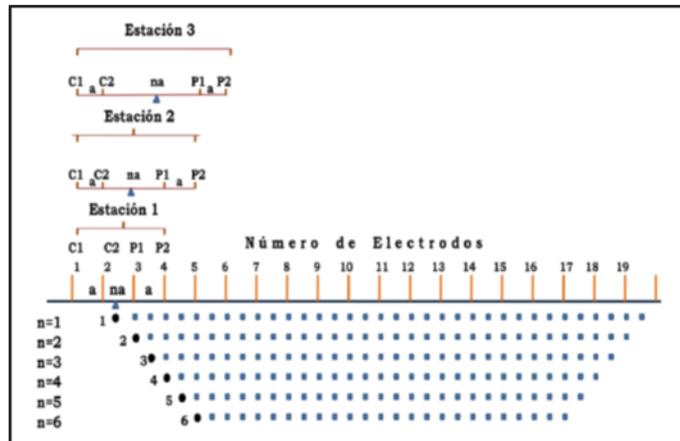
Un método de resistividad define un cuerpo semi-infinito con resistividad uniforme en el que se colocan dos electrodos de corriente y dos electrodos de potencial. El gradiente de potencial se mide utilizando un voltímetro. Este método es una aplicación práctica de la ley de Ohm y demuestra el principio de medir la resistividad del suelo: se inyecta una corriente I a través del par de electrodos AB , y se registra la diferencia de potencial ΔV a través de los electrodos MN .

La Tomografía de Resistividad Eléctrica 2D es un método de resistividad multielectrodo (ver Figura 6), que se basa en la modelización bidimensional de los valores de resistividad del subsuelo

utilizando técnicas de métodos numéricos (método de elementos finitos o diferencias finitas).

Figura 6

Esquema de Tomografía de Resistividad Eléctrica



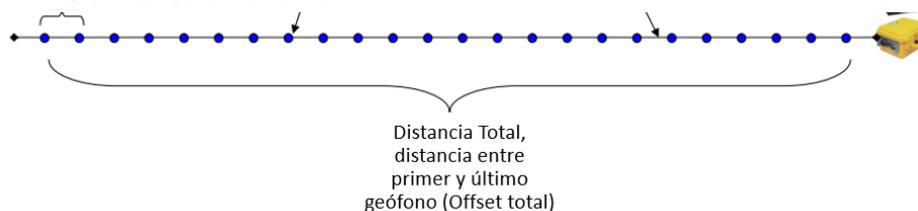
2.2.3.2. Refracción sísmica

En esencia, las ondas sonoras (ondas P) se crean al golpear repetidamente una placa de metal con un movimiento similar al de un látigo; esta acción genera frentes de onda que se propagan a diferentes velocidades debido a las características de masa y/o del medio. Estos frentes de onda se alejan de la fuente de poder (el punto de golpeo del martillo) hacia los sensores (geófonos). Este principio se basa en el hecho de que a mayores profundidades la velocidad de transmisión aumenta debido a la compactación del suelo y sus constituyentes.

Las ondas generadas por los golpes arriban a los geófonos, después de un tiempo “t” y depende también de la distancia “d”, al martillo, y tanto de la elasticidad como de la densidad del medio.

Figura 7

Tendido Sísmico Característico



La sísmica de refracción es una técnica geofísica de exploración del subsuelo que se distingue por investigar los cambios de parámetros físicos de las rocas. Las llegadas de las ondas causan vibraciones en cada uno de los geófonos, que son registradas y luego amplificadas por el sismógrafo, cuyos resultados se muestran en la pantalla de la computadora. La Figura 7 nos muestra un sismograma, que es un registro de los movimientos del suelo resultantes de la excitación artificial en cada geófono.

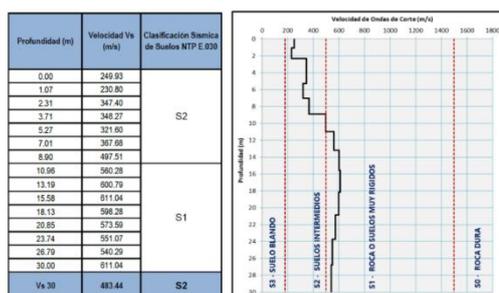
2.2.3.3. Ensayo MASW (Onda Superficiales en Arreglo Multicanal)

Las mediciones de ondas superficiales en arreglos de múltiples canales (MASW) implican generar ondas superficiales y registrar a diferentes distancias la llegada de ondas de cizallamiento (ondas S) con las que medimos los cambios en la velocidad con la profundidad en los diferentes contactos.

Este tipo de estudio permite estimar la profundidad de ciertas interfaces, como la superficie del suelo, la profundidad de la roca dura y el poder de la capa superficial, a través de la medición e interpretación de los perfiles sísmicos obtenidos por la técnica MASW o el Análisis Multicanal de Ondas Superficiales. Estos perfiles fueron acompañados de mediciones geofísicas de parámetros como la resistividad eléctrica y el magnetismo del suelo (Ver Figura 8).

Figura 8

Perfil característico de velocidades de Ondas S. Método MASW



2.2.3.4. Parámetros elásticos

En la teoría de elasticidad de ondas sísmicas (Kramer, 1996), la velocidad de las ondas P y S se expresa mediante una ecuación que corresponde al movimiento de un cuerpo elástico isotrópico de la siguiente manera:

Dónde:

V_p : Velocidad de ondas de compresión

V_s : Velocidad de ondas de corte

λ : Constante de Lamé

μ : Rigidez

ρ : Densidad

Analizando la onda de corte, la velocidad de la onda compresional y la densidad del medio a través del cual se propagan las ondas, se pueden obtener los siguientes parámetros elásticos:

$$\text{Relación de Poisson } (\nu): \nu = \frac{(V_p / V_s)^2 - 2}{2(V_p / V_s)^2 - 2}$$

$$\text{Módulo de Young } (E_d): E_d = 2(1 + \nu)G$$

$$\text{Módulo de Corte } (G_{\max}): G_{\max} = \rho V_s^2$$

En las áreas de trabajo, los sondeos geofísicos proporcionarán las velocidades de onda P (V_p) y de corte (V_s) del perfil subsuperficial. Por otro lado, para estimar la densidad de los materiales, se asumen valores característicos, lo que permite, a través de la aplicación de las formulaciones anteriormente mencionadas, obtener los parámetros elásticos de las regiones de estudio.

2.2.3.5. Clasificación del Tipo de suelo NTP E.030 Diseño Sismorresistente (2018-Perú)

Esta norma define las condiciones mínimas que deben cumplirse para que los edificios diseñados tengan un comportamiento sísmico de acuerdo con los principios indicados en el numeral (1.3) de la norma. Cubre el diseño de todos los edificios nuevos, el reforzamiento de los existentes y también la reparación de aquellos que han sido dañados debido a la acción de los terremotos. Todo el país se considera dividido en cuatro zonas, como se ilustra en la Figura 9. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial observada de la sismicidad, las características generales del movimiento de las ondas sísmicas y su atenuación con la distancia desde el epicentro, así como en información neotectónica.

Figura 9

Zonas sísmicas, según NTP



Nota. N.T.P. E030.

a) Perfil Tipo S0: Roca Dura

A este tipo pertenecen rocas sanas con una velocidad de onda cortante de \bar{V}_s mayor a 1500 m/s. Las mediciones deben ser para la ubicación del proyecto, o para afloramientos de la misma roca en la misma formación con igual o mayor meteorización o fracturación de la piedra. Si se sabe que la roca dura es continua hasta una profundidad de 30 m, entonces se pueden utilizar mediciones de la velocidad superficial de onda cortante para estimar \bar{V}_s .

b) Perfil Tipo S1: Roca o Suelos Muy Rígidos

Las rocas correspondientes de este tipo son aquellas con diferentes grados de fracturación, de masa uniforme y los suelos muy duros con velocidades de propagación de ondas de corte \bar{V}_s , desde 500 m/s hasta 1500 m/s, incluidos aquellos casos donde se funda en:

Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada q_u mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm²).

Arena muy densa o grava arenosa densa, con N60 mayor que 50.

Arcilla muy compacta con menos de 20 m de espesor, promedio en resistencia de corte en condición no drenada $\bar{s}_u > 100$ kPa (1 kg/cm²). Presenta un aumento gradual en sus propiedades mecánicas con la profundidad.

c) Perfil Tipo S2: Suelos Intermedios

Este grupo corresponde a suelos que son moderadamente rígidos, con velocidades de onda de corte medidas \bar{V}_s , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyendo los casos donde la fundación se coloca sobre:

Arena densa, de grado grueso a medio, o grava arenosa moderadamente densa, con un valor de SPT \bar{N}_{60} entre 15 y 50.

Suelo cohesivo compacto, con resistencia al corte no drenada \bar{s}_u , dentro del rango de 50 kPa (0.5 kg/cm²) a 100 kPa (1 kg/cm²) y

con un aumento gradual no calificado de las propiedades mecánicas con la profundidad.

d) Perfil Tipo S3: Suelos Blandos

Pertenece a este tipo los suelos flexibles que tienen una velocidad de onda de corte \bar{V}_s , igual o menor a 180 m/s, incluyendo casos donde se asienta sobre:

Arena de media a fina, o grava arenosa, con un valor de SPT \bar{N}_{60} inferior a 15.

Suelos cohesivos blandos, con resistencia al corte no drenada \bar{S}_u de 25 kPa (0.25 kg/cm²) a 50 kPa (0.5 kg/cm²) y un aumento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

Cualquier perfil que no pertenezca al tipo S4 y que tenga más de 3 m de suelo con las siguientes características: índice de plasticidad $PI > 20$, contenido de humedad $\omega > 40\%$, resistencia al corte no drenada $\bar{S}_u < 25$ kPa.

Tabla 5

Clasificación de los Perfiles de Suelo

Clasificación De Los Perfiles De Suelo			
Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{S}_u
S0	>1500 m/s	-	-
S1	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kPa
S2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S3	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S4	Clasificación basada en el EMS		

Nota. NTP E030 (RM-355-2018).

2.2.4. DIQUES

En su connotación teórica, los diques se definen como desagües, o terraplenes cuyos rastros pueden ser naturales o artificiales, que, como regla, se encuentran por debajo de la superficie del suelo y corren paralelos al lecho de un río o arroyo; en este sentido, y de la misma manera que los

diques, aunque poseen características similares a la construcción de un embalse, difieren en su función esencial. (Benedicti, 2010).

Una concepción más enmarcada se refiere a los diques como una forma lineal geomorfológica o geosistémica específica hecha de material suelto a lo largo de la cual hay una depresión que requiere elevación en profundidad a lo largo de sus lados en pendiente que varían en forma y tamaño y que se aproxima a la forma de la sección de un triángulo. La contracara de la zanja tiene un talud libre, así, el fondo de la zanja es muy ancho. (Gómez, 2015) De manera similar, Días (Días, 2008) explica que un dique se define como una obra exterior con el propósito principal de brindar protección contra olas externas para las instalaciones portuarias de manera que sea posible el funcionamiento normal.

Como lo hemos tratado hasta aquí, puede afirmarse que la principal razón de existir de un dique es almacenar agua, o cualquier otro recurso hídrico, en movimiento, por una determinada distancia en el tiempo, siendo para la resistencia de su estructura preferiblemente de uso materiales impermeables y resistentes a la fuerza del agua (Gómez, 2015).

2.2.4.1. Diseño de Diques

Consideraciones Previas a la Etapa de Diseño y Construcción de Diques para poder abordar la fase de diseño de construcción de un dique es necesario analizar y tener claro una serie de consideraciones que, según propuesta de Gómez (Gómez, 2015) podrían ser las siguientes:

Criterios de Diseño:

Las medidas de prevención de desbordamientos implican asegurar que algunas áreas circundantes estén libres o reservadas como bordes de rebosadero fuera de la altura de seguridad adicional. Esta altura debe contemplar todos los posibles errores en factores como la estimación del nivel del agua, el asentamiento, la contracción por secado, la deformación por terremotos, los cambios en la cima de

la presa debido al tráfico y la erosión causada por el viento y la lluvia, entre otros aspectos.

La filtración de suelo y la tubulación deben ser implementadas en los terraplenes de alturas de 3 a 5 metros con suelos de baja a media permeabilidad, así como arena fina. Además, se debe construir una zanja y una pantalla impermeable en la base sobre el estanque y no se deben colocar filtros en la pendiente inferior del terraplén.

La seguridad de las paredes y la cresta contra la erosión debe considerar los caudales máximos. La erosión debido al tráfico de vehículos, viento, lluvia y las capas de limo deben ser consideradas para la máxima protección de las superficies externas.

Pérdida de seguridad en impermeabilización: Garantiza ya sea un apilamiento de láminas o un recubrimiento de material impermeable, la cobertura puede ser inerte o con hierbas, pero no más vegetación debido al riesgo de raíces.

Deslizamiento de seguridad: Donde se analiza la estabilidad de una pendiente bajo diferentes condiciones; para cada estado, se proporcionan los factores de seguridad mínimos basados en la experiencia de construcción y levantamiento de estructuras similares en la región del área de diseño.

Criterios Técnicos

Se aconseja limitar el número de diferentes tipos de protección que pueden aplicarse.

Se debe asegurar que se observe un comportamiento adecuado y se deben prever las condiciones que surjan durante inundaciones muy severas.

El nivel máximo de protección permitido (buceo defensivo, protección de muros, y así sucesivamente) está cualitativamente limitado por la infraestructura existente y no debe incrementarse mucho sin que la ciudad tenga acceso al río.

La solución aplicada del sistema de protección no debe considerarse como definitiva y sin posibilidades de mejoras y modificaciones. Las autoridades locales deben poder controlar, observar y analizar el funcionamiento real del sistema de protección para hacer los ajustes que se consideren necesarios. En este sentido, el sistema de protección debe ser rígido y no permitir cambios que puedan considerarse necesarios más adelante.

El funcionamiento estable de los conductos flexibles debe ser monitoreado durante la erosión del lecho del río, la degradación del suelo protegido y el período posterior a las inundaciones de sedimentación.

Las características básicas del dispositivo de protección flexible se establecen en función de las recomendaciones del proveedor dependiendo de las condiciones hidráulicas existentes y requeridas (velocidad y profundidad máxima y mínima, altura del fondo, relación de llenado, etc.) y de acuerdo con el criterio de que la fuerza de tracción de trabajo es menor o igual a la tensión eléctrica en el fondo y la fuerza en el estado crítico en la playa.

La longitud del filtro trapezoidal horizontal flexible se determina en función de la profundidad media de erosión en el modelo físico o matemático: $L = 2 \times Pe$, donde L es la longitud del filtro flexible y Pe es la profundidad de erosión.

Los criterios más importantes para aceptar cualquier solución técnica dada para las obras de protección son la selección de una opción que cumpla con la naturaleza de la protección flexible y proporcionar la máxima seguridad tanto para el área bajo protección como para el área urbana construida.

La seguridad de las presas es supervisada e integrada por varias disciplinas técnicas especializadas responsables del diseño, cálculo, construcción, mantenimiento, operación e incluso el desmantelamiento de un embalse, con el objetivo de lograr el más alto

nivel posible de gestión del riesgo de seguridad. (ORSEP – Organismo regulador de seguridad de Presas y Diques, 2018).

Las encuestas y las prácticas técnicas vinculadas a ellas han tenido una influencia significativa en la historia del desarrollo civilizacional, ya que equilibrar la distribución espacial y temporalmente desigual del agua en el planeta contribuye al avance de la civilización, que desde sus diversos objetivos como acumular agua para riego, control de inundaciones, generación de energía, espacios recreativos, etc.

Los avances en el conocimiento manual van acompañados del diseño y la ejecución de las grandes obras, que se están construyendo dentro de estructuras de retención cada vez más grandes. Esto ha llevado, a su vez, a embalses de mayor y mayor volumen. Sin lugar a dudas, esto genera un factor de riesgo para la vida y la propiedad de la población que vive a lo largo de las orillas del río y que depende de su estabilidad. (ORSEP - Organismo regulador de seguridad de Presas y Diques, 2018).

Las consecuencias que resultan de la ruptura de un dique son, en general, severas; de tal manera que solo la probabilidad de que exista una falla conlleva un gran riesgo, tanto para los ingenieros a cargo del diseño, la operación y el control, cuyos esfuerzos para minimizar el riesgo deben ser maximizados, como para dichas autoridades. (ORSEP - Organismo regulador de seguridad de Presas y Diques, 2018). Se debe garantizar la atención necesaria a los recursos humanos y financieros.

2.2.5. ESTABILIDAD DE TALUDES

Por talud se comprende una parte de un plano inclinado o de una pendiente cuya forma es parcialmente natural y parcialmente artificial en cuanto a su forma y a su estabilidad (Catanzariti, 2015). Con respecto a la construcción de tirantes, este es un plano que debe reservarse porque la

evolución rampante de las vías de comunicación como los caminos y ferrocarriles y la construcción de estructuras lo han cambiado. Realmente, Tali como tal es un plano inclinado en el que horizontalmente se acomoda el suelo y es donde la mecánica del suelo, el estudio de la geología de las rocas, los diseños que se han hecho, y finalmente, la normativa se constituye. Indudablemente, los taludes son producidos así, a este tipo se le da el nombre de pendiente, pero cuando hay una intervención, se les da el nombre de cortes o pendientes artificiales, dependiendo de su intervención, cuando la excavación se produce en un medio natural de la tierra, mientras que las pendientes artificiales tienen laderas de inclinación. En este caso, se hace necesario emplearlas en algún tipo de obra. En su mayor parte, se utilizan en obras de tipo civil como en la construcción de caminos o vías, terraplenes, zanjonos, y otros. Un follow up sobre sus descritas indecuaciones se puede reunir en la ejecución de la obra. Hace poco, hemos presenciado una serie de problemas derivados por el desgarrar de deslizamientos y taludes, en combinación con la erosión del suelo, sobrecarga de peso, malas excavaciones o incluso el ángulo natural de la pendiente.

Sobrecargas: Situaciones que surgen debido a la carga extra de peso relacionado con la construcción de alguna edificación o la adición de elementos naturales tales como excesos de pluviosidad o nieve.

Excavaciones: Al excavar la parte inferior del talud, o su borde y soporte, existe una alta posibilidad de que se produzca una fundición del terreno porque esta pierde fortaleza a las cargas que se le apliquen.

Erosión: Tales actividades son a causa del desgaste por el tiempo y ciertas acciones de la naturaleza como lluvias fuertes que dan lugar a disminuir la resistencia de los suelos lo que origina deslaves y desgajamientos. Para sortear estos tipos de vulnerabilidades e incidentes, es de suma relevancia realizar el estudio y reforzar la estabilidad del talud obstruyendo y modificando la topografía, considerando las características mecánicas del suelo en el que se encuentra y determinar que tipo de refuerzo se va a utilizar, si será protección superficial tal como inyección de

shotcrete o más específicos como algún sistema de anclaje o como en nuestro tema, algún dique. A continuación, se explicará la utilidad de las taludes de estabilidad de las que, como su nombre indica, son una serie de recursos que permiten abordar los problemas surgidos por la rapidez con la que aparecen los desniveles en el terreno y hacer un uso más eficiente de la superficie al contrario de cómo se espera que se construyan los diferentes elementos que darán forma a nuestra edificación o obra civil.

Conceptos Básicos Sobre Taludes

Una pendiente se define como la superficie libre de una masa de suelo en la naturaleza (pendiente). En un contexto diferente, se puede encontrar una pendiente cuando una masa de suelo se deposita o almacena en una superficie (reposición de la pendiente), cuando se construyen terraplenes (pendiente del terraplén), o cuando el suelo se excava durante la fase de corte de una operación de movimiento de tierras (pendiente de un corte). (Polo Aguilar 2005).

Clasificación de Taludes

La clasificación de las laderas según varios factores que en conjunto definen su estabilidad se presenta en la tabla 6. Es importante señalar que cada factor por sí solo no puede determinar independientemente si una ladera es estable o no, ya que un factor puede tener una influencia positiva o negativa dependiendo del estado de otro factor.

Tabla 6*Clasificación de taludes*

Clasificación De Taludes	
Descripción	Observaciones
Por su Altura	Bajos (Entre 0 y 5 metros)
	Medianos (Entre 5 y 20 metros)
	Altos (Mayores 20 metros)
Por su pendiente	Suave (Menor a 5 grados)
	Regular (Entre 5 y 20 grados)
	Pronunciada (Mayor a 20 grados)
Por su forma de falla	De base o profunda
	De pi de talud
	En la cara del talud
Mecanismo de falla	rápida
	Desprendimiento
	Volcamiento
Mecanismo de falla	Influencia de infiltración de flujo
	Deslizamiento

Nota. Benedicti (2010).**Factores que intervienen en un talud**

Según Romero (2011), los factores primarios que contribuyen a la estabilidad de una pendiente son los siguientes:

Factores Geológicos:

La Litología; los tipos de rocas y la calidad de los suelos, que en muchos casos, determinan la facilidad con que la superficie se degrada a causa de los factores externos, tales como, meteorización, intemperismo, etc.

Tectonismo; que son los factores relacionados al tipo, magnitud, e intensidad de la deformación que presentan los materiales rocosos, que crean en ellos elementos como foliaciones, plegamientos, fallas, diaclasas que cambian su estructura y que alteran su equilibrio. Estructuras son importantes, para su estabilización, porque determinan zonas de debilidad donde se producen deslizamientos.

- Factores Internos:
- Propiedades mecánicas de los suelos constituyentes.
- Estado de los esfuerzos actuantes.

Factores Geomorfológicos:

Las características que pertenecen a los contornos de la superficie de la tierra son una expresión relacionada con el logro alcanzado dentro del proceso evolutivo. Características como la pendiente, agudeza, amplitud y profundidad de dicho contorno del relieve nos proporcionan una comprensión sobre el estado de equilibrio o desequilibrio de los materiales que conforman el contorno junto con la naturaleza o los procesos que ocurren en él.

Factores Sísmicos:

Las vibraciones provocadas por sismos pueden ser lo suficientemente fuertes como para generar deslizamientos de diversa magnitud, afectando extensas áreas.

- Factores Climáticos.
- Humedad.
- Nivel freático.
- Lluvias
- Temperatura

Mecanismo de Falla de los Taludes

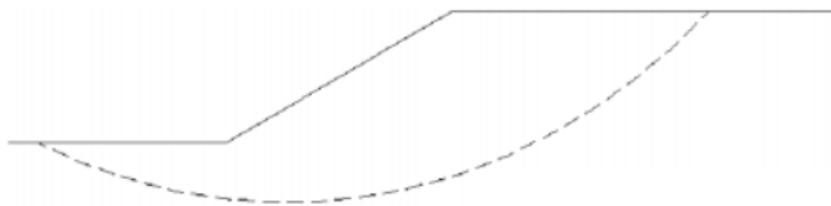
Esta falla ocurre en el momento en que la parte superior de la ladera se desprende, cayendo verticalmente, mientras las capas ejercen presión sobre la región cerca del pie de la ladera, levantándose y tomando una forma de pandeo.

Falla de Base o Profundidad de un Talud

Este tipo de fallo ocurre en la parte alta del talud cuando se despeja con caída vertical, mientras que los niveles en la parte baja ejercen presión horizontal sobre la superficie próxima al pie del talud, con un movimiento hacia arriba y hacia abajo en forma de flexión.

Figura 10

Falla de base o profunda de un talud



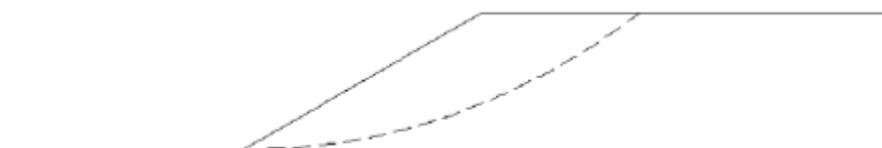
Nota. María Graciela Fratelli (2015).

Falla al pie del talud:

Se genera en pendientes pronunciadas y en suelo con un ángulo de fricción interna considerable. La falla ocurre como consecuencia del deslizamiento del terreno sobre el talud, creando un perfil escalonado en su cara y cubriendo el pie de la pendiente.

Figura 11

Falla al pie del talud



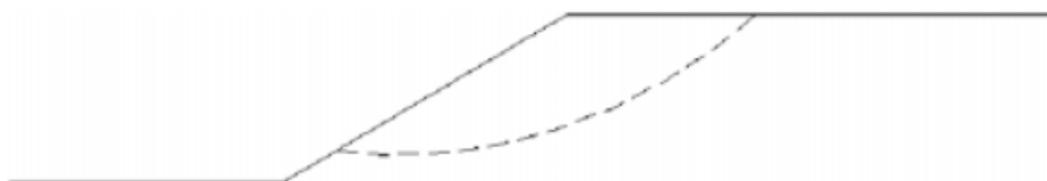
Nota. María Graciela Fratelli (2015).

Falla en la cara del talud:

Este es un caso específico de falla donde la rigidez de los términos que lo constituye es marcadamente diferente. La falla es causada por la presencia de un intermedio firme en la masa del talud que delimita el extendimiento de la superficie de la falla, sobre la cual se desliza solo parte de la masa superior. La crítica del plano de deslizamiento corta la superficie del talud a una altura mayor que el pie.

Figura 12

Falla en la cara del talud



Nota. María Graciela Fratelli (2015).

Tipos de fallas más comunes en los taludes

Citando a Romero (2011), los taludes se refieren a pendientes que pueden sufrir lo que se denomina deslizamientos o deslizamientos. Algunos de los ejemplos incluyen fallos por deslizamiento superficial, desintegración estructural de fallos de suelo y fallos por licuación.

Junto con los factores ya mencionados, otros varían con la erosión de un terraplén como la geometría de la pendiente, la dirección del agua, la consistencia de las propiedades del suelo, y presenta los tipos de fallos que son los más comunes.

Falla por deslizamiento en laderas naturales:

Este defecto resulta de un proceso de deformación causado por esfuerzo cortante en regiones relativamente más profundas, que muchas veces produce una verdadera superficie de ruptura y movimiento. Estos movimientos a veces son tan lentos que pasan desapercibidos hasta que

se ejecuta algún trabajo de construcción en el área. La mayor parte de este movimiento está relacionada con alguna estratigrafía que es favorable a ello, así como a algunos flujos de agua estacionales dentro de la pendiente.

Este tipo de defecto se observa en materiales cohesivos, donde las fuerzas gravitatorias que actúan durante mucho tiempo son producidas por grandes deformaciones que generan la superficie de ruptura. Una vez que la superficie es violada, la resistencia que se puede movilizar a lo largo de ella será resistencia residual.

Falla por deslizamiento superficial:

Los taludes son afectados por una orden natural que empuja las partículas o la porción de suelo que rodea su frontera a deslizar. Este fenómeno es más pronunciado cerca de la superficie del talud que se encuentra inclinado, debido a la falta de presión normal confinante que existe. Como resultado, la región delineada se encuentra parcialmente susceptible a un flujo viscoso hacia abajo con gran lentitud.

Este desequilibrio es debido a un aumento de los esfuerzos actuando en la corona del talud, o por la compresión que la resistencia del suelo al cortante, o en ciertas como las laderas, por razones geológicas que son más allá del análisis local exhaustivo.

Falla por erosión:

Este mal funcionamiento es causado por agentes erosivos como el viento, el agua de escorrentía superficial y las aguas subterráneas que actúan en la superficie de la pendiente y dentro del material de la pendiente durante el proceso erosivo.

El mal funcionamiento se expresa a través de ondulaciones, cavidades y surcos en la superficie de la pendiente. El fenómeno es mucho más pronunciado dependiendo de la inclinación de la pendiente.

Falla por fluencia

La falla se manifiesta en fracturas no cimentadas desde bloques de roca hasta suelos arcillosos. Ocurre tanto en materiales secos como húmedos. Muchos flujos rápidos dentro de un material dado están asociados con fenómenos de presión de aire. Estos incluyen el flujo de fragmentos de roca que varían desde muy rápido (avalancha) hasta fluir gradualmente. Otros flujos en suelos muy húmedos son verdaderos flujos de licuación.

La falla constituye movimientos más o menos rápidos de zonas delimitadas ubicadas dentro de un cuerpo de pendiente natural. El movimiento junto con la velocidad aparente y los gradientes de desplazamiento se asemeja al de un fluido viscoso. La superficie de desplazamiento suele ser indistinta, pero se forman marcas en períodos de tiempo relativamente cortos. La zona de contacto entre la porción móvil y las masas configuradas de la pendiente debe ser la zona de flujo plástico.

Falla por licuefacción

Este defecto consiste en una disminución brusca de la tensión de corte, ya sea temporal o permanente. Hay dos razones que se pueden mencionar con respecto a la pérdida de resistencia: debido al aumento de la tensión de corte activa y debido a altas presiones intersticiales, quizás debido a un evento sísmico o una explosión. Esta última razón está asociada con el colapso rápido del fallo del suelo, donde los vacíos que están llenos de agua tienden a colapsar. La licuación instantánea ha tenido lugar en arcillas saturadas altamente sensibles y arenas finas sueltas, especialmente cuando están en estado de saturación.

2.2.6. SOFTWARE SLIDE

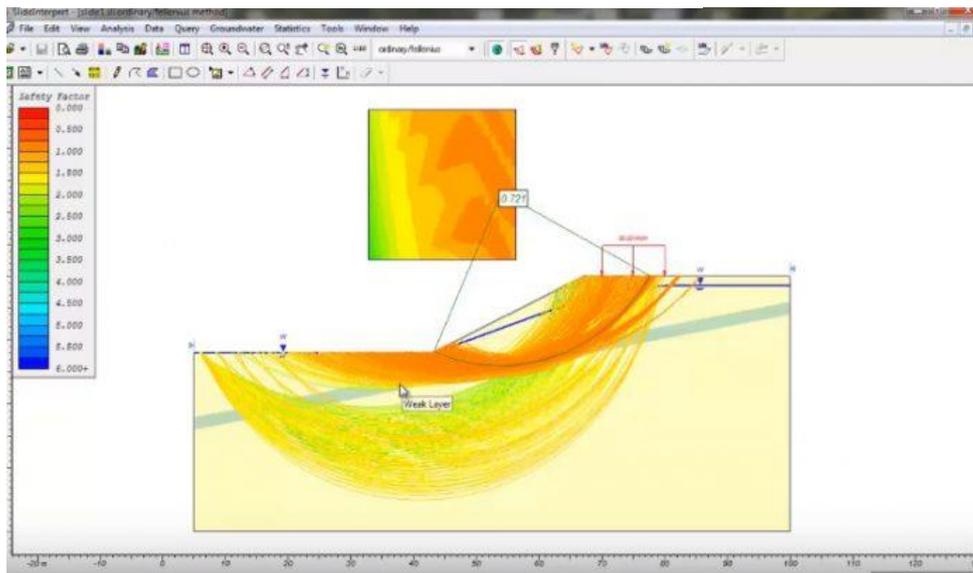
Slide es una herramienta de software desarrollada para el análisis de filtraciones a través de presas hechas de diferentes materiales, así como para permitir el estudio de la estabilidad de taludes utilizando diferentes métodos de equilibrio límite. Tales problemas en geotecnia con respecto a

la estabilidad de terraplenes, presas, taludes en minería a cielo abierto o en edificios, efectos de cargas externas, sísmicas, eficiencia de elementos de refuerzo, etc., son muy diversos, lo que hace que su aplicación en la ingeniería civil y la minería sea extensa. Slide es una solución de software poderosa y flexible creada por Rocscience, un líder mundial en modelización geotécnica. Con el tiempo, la capacidad del programa Slide ha aumentado junto con las capacidades del análisis geotécnico asistido por ordenador en los últimos años. Su constante esfuerzo en la investigación y actualización, junto con la fiabilidad que le otorga su experiencia, lo convierte en un software de referencia. Prueba de ello es el hecho de ser uno de los programas más conocidos y utilizados que existen en el mercado. Hoy en día, hay una gama más amplia de software para modelización geotécnica genérica, así como para modelización de estabilidad de taludes. Sin embargo, no todos los programas pueden competir al nivel de computación y fiabilidad que tiene Slide.

Este programa se destaca entre la multitud de software disponible debido a sus menús claros y simples, así como a una interfaz amigable que permite un fácil acceso a los diversos métodos de análisis. Dado el alto grado de competencia y el costo de la licencia comparada con otros competidores, junto a su cobertura técnica de análisis, Slide se erige al nivel de software de modelización geotécnica de primer nivel.

Figura 13

Interface del software



2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Ángulo de fricción: Charles, (1900). El ángulo de fricción, también conocido como ángulo de rozamiento, es el ángulo en el cual dos materiales o superficies en contacto comienzan a deslizarse uno sobre el otro debido a una fuerza tangencial aplicada. Representa la máxima inclinación o pendiente en la cual un objeto puede mantenerse en reposo antes de que comience a deslizar debido a la fuerza de fricción.

Análisis Geotécnico: Das & Sobhan, (2017). El análisis geotécnico es el estudio de las propiedades físicas y mecánicas del suelo y la roca, utilizado para evaluar la resistencia, estabilidad y comportamiento de estos materiales bajo diversas condiciones de carga. Este análisis es esencial para el diseño seguro de estructuras de soporte en proyectos de ingeniería

Asentamiento: Borselli, (2019). Se define como "el hundimiento gradual de una estructura". Este efecto puede ser medido y calculado en unidades a través de varios métodos como: consolidación unidimensional elástica y modelado constitutivo".

Cimentación: Norma Técnica E-050, (2018) La cimentación es la parte de una estructura que transmite las cargas de la misma al suelo o roca subyacente de manera segura y estable. Es el componente que equilibra las

cargas de la estructura mientras evita actividades de asentamiento adversas en el suelo derivadas de cargas excesivas.

Cohesión: Casagrande, (1930). La cohesión es una propiedad geotécnica que corresponde a la capacidad de un suelo para ser cortado con cierta dificultad o a mantenerse íntegro bajo fuerzas corrosivas. Se entiende como fuerza interna que une las partículas del suelo. En suelos cohesivos como en arcillas, las partículas son capaces de unirse unas con otras debido a fuerzas atractivas entre ellas y a la presencia de agua. Esta fuerza de unión o cohesión permite que el suelo sea más resistente al corte y más coherente.

Muestras disturbadas: Norma Técnica E-050, (2018). Las muestras disturbadas en geotecnia se refieren a muestras de suelo que se han alterado durante su extracción o manipulación, lo que significa que han experimentado cambios en su estado original o in situ.

Muestras inalteradas: Norma Técnica E-050, (2018). Las muestras inalteradas en geotecnia son muestras de suelo que se obtienen de manera cuidadosa y preservan las condiciones originales del suelo en su ubicación natural. Estas muestras se extraen utilizando métodos especiales que minimizan la alteración de la estructura, la composición y las características físicas del suelo.

Capacidad Portante: Santa Cruz (2018). dice: La capacidad del suelo para soportar las cargas de la estructura sobre él. Técnicamente, la capacidad de soporte se define como la presión promedio a la que una fundación está en contacto con el suelo sin riesgo de falla por corte o asentamiento diferencial excesivo.

Capacidad de Carga última: Según Cunó, (2020). dice: La capacidad de carga última se define como el estrés máximo que puede sostener el suelo y transmitirse a través de un elemento estructural, que en nuestro caso podría ser un cimiento, con la intención de provocar un fallo por corte subsuperficial. También se puede definir como la fuerza por unidad de área que causa el fallo por corte en el suelo.

Material de baja Permeabilidad: Terzaghi, Peck, & Mesri, (1996). El material de baja permeabilidad, generalmente arcilloso o compactado, es utilizado en proyectos geotécnicos para reducir el flujo de agua y limitar la

infiltración en estructuras como depósitos y diques, protegiendo así su estabilidad

Triaxial: Norma Técnica E-050, (2018). La prueba de resistencia al corte por compresión triaxial es una de las pruebas más usadas en geotecnia dentro de los ensayos de consolidación triaxial, los cuales se aplican para obtener y analizar mecánicamente suelo consolidado en laboratorio. Estas pruebas se desarrollan en un ambiente controlado, y su objetivo es verificar la elasticidad y plasticidad del suelo.

Talud: Holtz, Kovacs, & Sheahan, (2011). El talud es una superficie inclinada formada por la disposición natural o artificial de materiales del suelo o roca, cuyo análisis y estabilidad dependen de las propiedades del material y las condiciones externas, como el agua y las cargas sísmicas

Suelo: Braja, (2001). quien refiere: “El suelo se define como la masa no consolidada de granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas) junto con el líquido y el gas que llena los vacíos entre las partículas sólidas”.

Suelo cohesivo: Braja, (2001). Un suelo cohesivo es un tipo de suelo que contiene partículas finas, como arcilla o limo, que tienen la capacidad de adherirse entre sí debido a las fuerzas de atracción electrostáticas y cohesivas presentes en el material. Estas fuerzas de cohesión hacen que las partículas se unan y formen una estructura sólida cuando el suelo está en reposo.

Suelo no cohesivo: Braja, (2001). Un suelo no cohesivo es un tipo de suelo compuesto principalmente por partículas gruesas, como arena y grava, que carecen de fuerzas de cohesión significativas entre las partículas. Estas partículas tienden a ser sueltas y no se adhieren entre sí.

Evaluación Pseudoestática: Kramer, (1996). La evaluación pseudoestática en geotecnia es un método de análisis que considera una fuerza sísmica horizontal aplicada al talud o depósito, simulando el impacto de un sismo para estimar su estabilidad y factor de seguridad bajo condiciones sísmicas.

2.4. VARIABLES

2.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

- ✓ Análisis Geotécnico

2.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- ✓ Diseño del Depósito de Top Soil

2.4.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 7

Operacionalización de Variables

Tipo Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
VARIABLE INDEPENDIENTE: Análisis Geotécnico	Evaluación detallada de las propiedades físicas y mecánicas del suelo, determinando su resistencia y comportamiento bajo diferentes condiciones de carga.	Propiedades físicas y mecánicas del suelo	Contenido de Humedad	Ensayos in Situ Ensayos de laboratorio
			Cohesión Angulo de fricción Densidad del suelo	
VARIABLE INDEPENDIENTE: Diseño del depósito de Top Soil	Diseño geotécnico estructural del depósito de top soil, asegurando la estabilidad y funcionalidad del talud bajo condiciones normales y sísmicas.	Condiciones de estabilidad en el talud	Factor de seguridad	Software Geotécnico
		Geometría del talud	Geometría del deposito	Planos de Diseño y modelado estructural del depósito de top soil
		Control de infiltración y Erosión	Control de infiltración y erosión	

2.5. MATERIALES Y MÉTODOS

2.5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según Manuel Borja (2016), el enfoque de este trabajo de suficiencia profesional es cuantitativo, ya que el proyecto se centra en medir, analizar y verificar propiedades geotécnicas del suelo en la unidad minera Animón mediante datos numéricos y estadísticos. Esto incluye:

- ✓ Medición de propiedades del suelo (como cohesión, resistencia al corte, densidad del suelo, contenido de humedad y tipo de suelo).
- ✓ Simulaciones y cálculos con software de análisis geotécnico (como el Slide) para obtener factores de seguridad.

El análisis de estos datos permitió elaborar un diagnóstico técnico y justificar el diseño del depósito de suelo superior, razón por la cual un enfoque cuantitativo es el más apropiado para este trabajo de suficiencia profesional.

2.5.2. ALCANCE O NIVEL

De acuerdo con Borja (2016), el nivel del presente trabajo de suficiencia profesional corresponde a una investigación descriptiva y aplicada. Este enfoque es adecuado porque se enfoca en:

Investigación Descriptiva: Según Borja (2016), una investigación descriptiva tiene como objetivo observar y caracterizar las propiedades o condiciones de un objeto de estudio sin modificar su estado natural. En este proyecto, la investigación descriptiva permite realizar un diagnóstico técnico de las propiedades geotécnicas del suelo en la unidad minera Animón, evaluando condiciones del talud y los factores de seguridad necesarios para un diseño estructural seguro del depósito de top soil.

Investigación Aplicada: Borja (2016), también destaca que la investigación aplicada se orienta a resolver problemas prácticos específicos en contextos reales (Borja, 2016). En este caso, el proyecto se orienta a diseñar un depósito de top soil que cumpla con los requerimientos

de estabilidad y seguridad para la unidad minera, abordando una necesidad técnica concreta en el ámbito de la ingeniería geotécnica.

Por lo tanto, el alcance de este trabajo de suficiencia profesional se clasifica como descriptivo-aplicado, ya que permite tanto el análisis detallado del sitio como la aplicación práctica del diseño geotécnico para optimizar la funcionalidad y seguridad del depósito.

2.5.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Según Borja (2016), el diseño metodológico de este trabajo de suficiencia profesional es no experimental y de tipo descriptivo. Este diseño es apropiado para proyectos que buscan observar y describir características de un objeto de estudio sin intervenir directamente en las variables, permitiendo así un análisis detallado de los elementos presentes en el entorno (Borja, 2016).

Diseño No Experimental: Según Borja (2016), un diseño no experimental es apropiado cuando las principales variables del estudio no se manipulan. En este caso, la evaluación de la estabilidad del terreno y las características geotécnicas del suelo en la región de interés se realiza en función de mediciones y observaciones sin modificación de las condiciones del sitio.

Descriptivo: Borja (2016), como lo apunta el diseño descriptivo, es pertinente para aquellas investigaciones que buscan caracterizar y detallar las propiedades de un objeto de estudio. En este caso, el diseño descriptivo hace posible analizar y registrar las propiedades del suelo, su comportamiento y los niveles de seguridad necesarios para el almacenamiento de top soil en la unidad minera Animón.

Por lo tanto, el diseño de este trabajo de suficiencia profesional es no experimental descriptivo, lo cual permite un diagnóstico preciso de las condiciones del terreno sin manipulación directa de los factores involucrados, proporcionando así una base sólida para las recomendaciones de diseño geotécnico.

Esquema de variables

A = Conjunto de Variables Independientes (X1, X2, X3, ... Xn)

X1 = Propiedades geotécnicas del suelo (como cohesión y resistencia al corte)

X2 = Ángulo de inclinación del talud

X3 = Condiciones de drenaje y contenido de humedad

X4 = Condiciones climáticas (como la incidencia de lluvias)

X5 = Factores de seguridad esperados

B = Variable Dependiente (Y)

Y = Diseño Geotécnico del Depósito de Top Soil

Relación Lógica entre las Variables

La variable dependiente (Y), el diseño geotécnico del depósito de top soil se verá influenciada por el conjunto de variables independientes (A), que determinan las propiedades y las condiciones necesarias para que el diseño sea seguro y estable. Así:

$$Y=f (X1, X2, X3, X4, X5)$$

Esto indica que el diseño de la cuenca (Y) dependerá de la integración y evaluación de parámetros del suelo, ángulo de pendiente, drenaje, clima y factor de seguridad, todo lo cual puede ser automatizado en el sistema.

2.5.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTACIÓN DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para este trabajo de suficiencia profesional "Análisis y Diseño Geotécnico para la Construcción de una Instalación de Acopio de Suelo Superior en la Unidad Minera Animon," se implementaron técnicas avanzadas de recolección y caracterización de suelos, así como instrumentación específica, para garantizar la validez y representación de los datos. La recolección de datos involucró levantamientos topográficos,

perforación geotécnica y ensayos in situ para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo en la región de interés.

2.5.4.1. Técnicas

Topografía con un dron y un GPS diferencial: Se realizó un levantamiento topográfico con un dron y un GPS diferencial. Esta técnica permitió la creación de un modelo de terreno detallado que incluye todas las pendientes y sus correspondientes morfologías y ángulos, información fundamental para el diseño del depósito.

Exploración geotécnica: Para caracterizar el suelo en el área, se llevó a cabo una exploración geotécnica que consistió en tomar muestras representativas del subsuelo. Estas muestras fueron sometidas a diversas pruebas de laboratorio para determinar la cohesión del suelo, la resistencia al cortante y la clasificación.

Pruebas in situ: Se realizaron las siguientes pruebas para determinar los valores precisos de la humedad natural del suelo y la densidad:

- Reemplazo de agua: Utilizado para evaluar la densidad y la humedad natural del suelo, facilitando la evaluación de las condiciones de compactación natural del suelo en el lugar.
- Método del cono de arena: Otro método para determinar la densidad del suelo utilizando un cono de arena, proporcionando datos adicionales para un análisis completo de la densidad.

Geofísica (tomografía de resistividad y refracción sísmica): Utilizamos métodos geofísicos para recopilar más detalles sobre las características subterráneas a través de:

- Tomografía eléctrica: Permite evaluar la resistividad del suelo y capturar una imagen de las capas subterráneas que es muy importante para el análisis de estabilidad.

- Líneas sísmicas refractadas y MASW 1D: Estas pruebas evalúan la velocidad de propagación de las ondas sísmicas en el subsuelo y ayudan a evaluar la rigidez y densidad del terreno.

2.5.4.2. Instrumentos

Drones y GPS diferencial: Ambas tecnologías se utilizan simultáneamente para la topografía del sitio, produciendo modelos de terreno altamente precisos y asegurando la correcta posición y representación de las características geotécnicas dentro de la región.

Equipo de muestreo geotécnico: Herramientas diseñadas para recolectar muestras de suelo a diferentes profundidades para su análisis en laboratorio.

Equipo de Ensayo para Humedad y Densidad:

Equipo de Reemplazo de Agua: Dispositivo utilizado en el campo para medir la densidad y la humedad del suelo in situ.

Cono de Arena: Equipo utilizado para determinar la densidad in situ a través del desplazamiento de arena, midiendo así el suelo compactado con precisión.

Equipos Geofísicos:

Tomógrafo Eléctrico: Instrumento que determina mediante un cálculo eléctrico, la verticalidad de las estratificaciones del terreno e interpreta su resistividad.

Sismógrafo y Sensores para Refracción Sísmica y MASW 1D: Equipos utilizados para determinar la velocidad de las ondas sísmicas en un medio estratificado y evaluar la rigidez de los estratos secundarios.

CAPÍTULO III

MARCO DESCRIPTIVO REFERENCIAL

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTITUCIÓN

3.1.1. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL

Geoservice Ingeniería S.A.C.

3.1.2. RUBRO

Consultoría y supervisión en Minería, Energía, Irrigación, Transporte y Medio Ambiente.

3.1.3. UBICACIÓN / DIRECCIÓN

Av. Víctor Andrés Belaúnde 181 Oficina 303, San Isidro, Lima, Perú.

3.1.4. RESEÑA

GEOSERVICE es una empresa peruana que destaca en la consultoría de ingeniería como líder en la prestación de servicios altamente técnicos e innovadores en las áreas de minería, energía, riego, transporte y medio ambiente. Cuenta con más de treinta años de experiencia, con un grupo seleccionado de profesionales altamente calificados y con mucha experiencia en el desarrollo de proyectos de ingeniería y medio ambiente.

Estudios de Ingeniería:

- ✓ Planeamiento
- ✓ Factibilidad
- ✓ Estudio Definitivo
- ✓ Expedientes Técnicos

Control de la Construcción:

- ✓ Aseguramiento y Control de Calidad (CQA) de Obras
- ✓ Supervisión
- ✓ Inspección Técnica de Obras
- ✓ Puesta en Marcha y Pruebas

Estudios Ambientales:

- ✓ Estudios de Impacto Ambiental
- ✓ Estudios de Pasivos Ambientales
- ✓ Planes de Manejo Ambiental
- ✓ Monitoreo y Mediciones
- ✓ Estudios de Línea Base
- ✓ Planes de Cierre de Minas
- ✓ Gestión Social

GEOSERVICE es una de las pocas empresas en Perú con un Sistema de Gestión Integrado certificado bajo los actuales estándares técnicos internacionales. Este sistema agrega un valor significativo a los servicios de ingeniería que ofrece al garantizar la máxima calidad, seguridad y eficiencia en todos los proyectos.

ISO 14001: 2015 - Sistema de Gestión Ambiental.

ISO 9001: 2015 - Sistema de Gestión de Calidad.

ISO 45001: 2018 - Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo.

3.1.5. MISIÓN

GEOSERVICE se ha caracterizado por la calidad e innovación de los diseños y servicios ofrecidos, los plazos de entrega cumplidos y la habilidad técnica de nuestros profesionales.

3.1.6. VISIÓN

Ser una firma consultora líder en el campo de los servicios de ingeniería y medio ambiente en Perú y América Latina, cumpliendo y superando expectativas y convirtiéndonos en socios estratégicos de nuestros clientes.

3.2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE DESARROLLO PROFESIONAL

Inicié mi labor en Geoservice Ingeniería S.A.C. el 1 de noviembre de 2021, una empresa especializada en servicios de consultoría para la industria minera. La empresa cuenta con un moderno laboratorio de mecánica de suelos certificado, ubicado en el distrito de Pachacámac, Lima, y su oficina principal en la Av. Víctor Andrés Belaúnde 181, Oficina 303, San Isidro, Lima, Perú.

A medida que acumulaba experiencia, se me presentó la oportunidad de involucrarme en diversas supervisiones en diferentes unidades mineras. Durante estas supervisiones, adquirí un conocimiento profundo en procedimientos constructivos y en el control de calidad de las obras, desempeñándome como asistente de supervisión. Esta experiencia fue fundamental para consolidar mis habilidades en el área de la geotecnia, abarcando tanto la estabilidad de taludes como otros aspectos críticos de esta disciplina.

Mi desarrollo profesional en Geoservice me permitió aprender e implementar habilidades en estabilidad de taludes, mecánica de suelos, diseño de fundaciones y otros campos especializados de la geotecnia. Estas habilidades fueron críticas para garantizar la seguridad y la efectividad de los proyectos en los que trabajé, ayudando en la mitigación de riesgos y la optimización de recursos para las obras de construcción bajo supervisión.

En reconocimiento a mi desempeño y experiencia, el Gerente de Proyectos de Geoservice me asignó la responsabilidad de elaborar el expediente técnico titulado "INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DE DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR UNIDAD MINERA ANIMÓN" en el cual me desempeñé como coordinador del proyecto. Este encargo me permitió aplicar y ampliar mis conocimientos en ingeniería geotécnica, liderando el proyecto desde su concepción hasta la finalización del expediente técnico.

En este proyecto de titulación bajo la modalidad de suficiencia profesional, detallaré los diferentes aspectos de la ingeniería que se

desarrollaron en el expediente, proporcionando una visión integral de las competencias adquiridas y aplicadas durante mi tiempo en Geoservice.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE EXPERIENCIA PROFESIONAL

4.1. IDENTIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

En el desarrollo del análisis geotécnico para el diseño de un depósito de top soil en la unidad minera Animón, ubicada en el distrito de Huallay, región Pasco, se identificaron una serie de desafíos técnicos, operacionales y ambientales que impactaban directamente en la viabilidad y seguridad del proyecto.

Uno de los problemas más importantes encontrados fue la variabilidad de las características geotécnicas del suelo en el área donde se ubicaba el depósito. A partir de los estudios anteriores, estaba claro que había una heterogeneidad subyacente en los perfiles del suelo que impactaba su capacidad de carga y estabilidad. Esta situación motivó un examen más detallado para comprender mejor las propiedades geotécnicas críticas para desarrollar y garantizar un diseño adecuado.

Otro aspecto relevante fue la influencia de las condiciones climáticas adversas en la zona de estudio. La unidad minera Animón se encuentra en una región con precipitaciones estacionales y temperaturas bajas, lo que puede generar variaciones en la humedad del suelo, afectando su comportamiento mecánico y contribuyendo a problemas como la erosión superficial, el reblandecimiento del material y la disminución de su capacidad de soporte.

En cuanto a la estabilidad del depósito, se identificó la necesidad de realizar un diseño óptimo de los taludes y sistemas de drenaje, dado que el almacenamiento de top soil implica la acumulación de materiales de granulometría fina que pueden ser susceptibles a la erosión y movimientos diferenciales. Para evitar riesgos de deslizamientos o fallas en los taludes, se requería un análisis de estabilidad riguroso considerando diferentes escenarios de carga y condiciones geotécnicas.

Finalmente, se debían cumplir estrictamente las normativas ambientales y mineras vigentes, ya que el top soil es un recurso fundamental en los planes

de cierre de mina y rehabilitación ambiental. Su adecuada disposición y conservación eran cruciales para garantizar la regeneración del ecosistema tras la finalización de las actividades mineras.

Dado este panorama, se estableció la necesidad de desarrollar un análisis geotécnico integral para caracterizar el suelo, evaluar su comportamiento ante distintas condiciones y definir los parámetros de diseño que asegurarían la estabilidad y funcionalidad del depósito de top soil.

4.2. ACTIVIDADES PROFESIONALES REALIZADAS

En mi rol como coordinador del proyecto, se propuso una estrategia para implementar mejoras en las estructuras de manejo de residuos sólidos y desechos líquidos de la Compañía Minera Chungar en su Unidad Minera Animón. Este proyecto fue desarrollado por GEOSERVICE con la finalidad de realizar la ingeniería de factibilidad del depósito de top soil. El plan comprende la revisión y consideración de alternativas para el sitio del depósito de top soil seleccionado, así como la ejecución de investigaciones de tipo geotécnico que permitan la caracterización del depósito de forma integral. Estas investigaciones cubrirán facetas físicas, hidrológicas y geoquímicas y se asegurarán del cumplimiento de la estabilidad del depósito en cada una de estas dimensiones.

4.2.1. TRABAJO DE CAMPO

En el marco del proyecto "Ingeniería de Factibilidad del Depósito de Top Soil para la Compañía Minera Chungar", se programaron y realizaron diversos trabajos de campo orientados a la recolección precisa de datos geotécnicos y topográficos. Esta información es fundamental para garantizar la estabilidad del diseño y la seguridad en lo que respecta al vertedero de suelo superficial en la Unidad Minera Animón. A continuación, se describe de manera detallada las actividades realizadas:

4.2.1.1. Levantamiento Topográfico

Uno de los primeros pasos en el trabajo de campo fue la obtención de una topografía exacta del área seleccionada para el depósito. Utilizando GPS diferencial, se realizó un levantamiento topográfico de alta precisión que permitió captar las características geomorfológicas del terreno. Además, se utilizó la ortofoto, que consiste en la generación de imágenes aéreas corregidas para obtener una representación precisa y detallada del área de estudio. La unidad minera facilitó los puntos de control, lo que garantizó la exactitud de los datos topográficos y la alineación con la cartografía oficial del sitio.

4.2.1.2. Investigaciones Geotécnicas:

Excavación de calicatas: Se realizaron calicatas de 3 metros de profundidad en distintos lugares estratégicos del área que se habilitó para el depósito de top soil. Estas calicatas fueron útiles para poder realizar un estudio estratigráfico, así como estudiar la estratigrafía del suelo en mucho más detalle.

Determinación de densidad natural y humedad: Se hicieron ensayos de densidad natural y humedad in situ mediante el método speedy, que permite obtener los resultados en poco tiempo y con gran precisión en cuanto a humedad del suelo, que sirve para evaluar cómo el suelo se comporta en términos mecánicos.

Determinación de la permeabilidad: Se determinó la permeabilidad del suelo a distintas profundidades en la mayoría de los puntos donde se hizo la excavación, ya que esto es fundamental para caracterizar el grado de infiltración y circulación del agua en el depósito, lo que es importante para el diseño del drenaje y la estabilidad del terreno.

Rotulación y muestreo de calicatas: De cada calicata se sacaron representantes de la muestra de suelo, los cuales fueron debidamente rotulados y luego enviados a laboratorio de mecánica de suelos para las pruebas correspondientes.

4.2.1.3. Ensayos Geofísicos

Líneas de refracción sísmica: Este método permitió determinar la profundidad y características del subsuelo al medir la velocidad de las ondas sísmicas que viajan a través de diferentes capas de suelo y roca. Proporcionó información importante sobre la resistencia del suelo y la profundidad de las capas competentes.

Tomografía eléctrica: A través de la tomografía, se creó una imagen detallada de la distribución de resistividades en el subsector, lo que es útil para detectar áreas que pueden tener degradación del suelo o fracturas.

Prueba MASW (Análisis Multicanal de Ondas Superficiales): Esta prueba se realizó para determinar la velocidad de las ondas superficiales que viajan en el suelo, que es uno de los parámetros para determinar la rigidez del suelo y la estabilidad del suelo en las pendientes. Este tipo de análisis brinda información sobre la profundidad de las capas de suelo rígido y ayuda a planificar un diseño de las pendientes que apoyen de manera segura y estable el depósito de la capa superior de suelo.

4.2.2. TRABAJOS EN GABINETE

Los trabajos en gabinete se centraron en el procesamiento y análisis de los datos recolectados en campo, así como en la elaboración del diseño técnico del depósito de top soil. A continuación, se detallan las actividades realizadas en esta etapa:

- ✓ Análisis y procesamiento de datos topográficos: Utilizando los datos obtenidos del levantamiento topográfico, se generaron modelos

digitales del terreno (MDT) para visualizar y analizar la morfología del área destinada al depósito. Estos modelos permitieron identificar las zonas más adecuadas para la ubicación del depósito y evaluar la inclinación de los taludes.

- ✓ Interpretación de resultados geotécnicos: En este caso particular, se evaluaron los resultados de los ensayos de laboratorio y en situ a partir del comportamiento mecánico del suelo, procesando las propiedades de su densidad, permeabilidad, humedad, y resistencia al corte. Esto permite establecer la posible capacidad del suelo para soportar un depósito de residuos y los deslizamientos que en consecuencia pudiesen llevarse a cabo.
- ✓ Diseño del sistema de subdrenaje: Utilizando los datos de permeabilidad y las características hidrológicas del sitio, se diseñó un sistema de subdrenaje para garantizar la adecuada evacuación tanto de las aguas subterráneas como de las aguas de infiltración. Este sistema es crítico para prevenir que el agua se acumule en el reservorio, lo que podría poner en peligro su estabilidad.
- ✓ Cálculos de estabilidad de taludes: Se llevaron a cabo análisis de estabilidad de taludes con el software especializado Slide v. 7 basados en los datos recolectados de los ensayos MASW y de refracción sísmica. Su utilización permitió determinar los ángulos de inclinación más óptimos para los taludes del depósito, cumpliendo con las condiciones de seguridad y estabilidad para diferentes niveles operativos y climáticos.
- ✓ Documentación técnica: Finalmente, toda la información recopilada y analizada se integró en el expediente técnico, que incluyó los planos del diseño, especificaciones técnicas, y un informe detallado con las recomendaciones para la construcción y operación del depósito de top soil.

4.2.3. TRABAJOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Las muestras recolectadas durante las excavaciones de calicatas fueron enviadas al laboratorio de mecánica de suelos, donde se realizaron los ensayos necesarios para caracterizar de manera más precisa las propiedades del suelo. Entre los ensayos realizados destacan:

- Evaluación de granulometría: Este análisis en particular permitió establecer la distribución del tamaño de las partículas del suelo, lo cual es esencial para que su comportamiento estructural y capacidad de carga sean adecuados.
- Límite líquido y límite plástico (consistencias de Atterberg): Estas pruebas fueron importantes para evaluar el comportamiento plástico del suelo y ofrecen información sobre cómo podría deformarse y mantenerse estable frente a cualquier cambio en el contenido de agua del suelo.
- Prueba de Proctor: Esta prueba se realizó para encontrar la densidad máxima y el contenido de humedad óptimo del suelo. Estos dos valores son muy importantes para el proceso de compactación de la capa superficial del suelo para el depósito durante la construcción.
- Prueba de permeabilidad en laboratorio: Esta prueba se hizo para verificar los datos in situ, proporcionando un examen adicional de la capacidad del suelo para transmitir agua. Esta información es muy importante para el diseño del sistema de desagüe subterráneo.
- Resistencia al corte (triaxial): Se llevaron a cabo pruebas triaxiales para la resistencia al corte del suelo bajo diferentes presiones aplicadas de manera escalonada para simular las cargas que el depósito de suelo superficial tendrá que soportar. Esta prueba es esencial para la evaluación de la estabilidad de las pendientes y del depósito en sí.

4.3. COMPETENCIAS PROFESIONALES ADQUIRIDAS

A lo largo del desarrollo del proyecto, se adquirieron y reforzaron diversas competencias profesionales esenciales para el ejercicio de la ingeniería civil en el ámbito minero:

- ✓ Dominio de geotecnia aplicada a minería
 - Realización de estudios geotécnicos y mecánica de suelos.
 - Análisis de estabilidad de taludes y diseño de estructuras de contención.
 - Aplicación de ensayos de laboratorio para la caracterización del suelo.
- ✓ Diseño y planificación de depósitos de materiales
 - Evaluación de criterios geotécnicos y ambientales en el diseño del depósito de top soil.
 - Uso de software especializado para modelado y simulaciones geotécnicas.
 - Optimización del diseño considerando eficiencia operativa y seguridad.
- ✓ Gestión de proyectos mineros y cumplimiento normativo
 - Coordinación con equipos multidisciplinarios para la ejecución del estudio.
 - Elaboración de informes técnicos y planos.
 - Aplicación de normativas ambientales y de seguridad minera.
- ✓ Manejo de herramientas tecnológicas
 - Uso de software como AutoCAD Civil 3D, Geo5 y Slide.
 - Análisis de datos geotécnicos y modelado 3D de depósitos.

CAPÍTULO V

SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

5.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD DEL PROYECTO

La zona estudiada pertenece al distrito de Huayllay, provincia y departamento de Pasco, a una altura media de 4600 m.s.n.m. Específicamente, se encuentra en las subcuencas del río San José y el río Huascacocha, que desembocan en el río Mantaro en el lado oriental de los Andes.

Para acceder a la zona estudiada, es necesario partir desde Lima tomando el lado norte de la Carretera Panamericana Auxiliar o 1N y conduciendo hasta Huaral, que se encuentra a 75 km al noreste de Lima. Luego, continuar hacia el noroeste por la Carretera 1NC durante aproximadamente 136 km, deteniéndose a 20 km antes de llegar a Huayllay.

La siguiente figura obtenida de Google Earth, muestra el área de estudio.

Figura 14

Ubicación del depósito proyectado de Top Soil



Nota. Google Earth (2023).

5.2. TRABAJOS DE CAMPO

5.2.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El sistema UTM WGS84 fue el sistema de coordenadas elegido para los cálculos de coordenadas UTM. Las coordenadas de los puntos de control suministrados se utilizaron como referencia por la unidad minera. Regionalmente, se realizó un mapeo topográfico utilizando un dron Mavic 3 Enterprise para capturar fotogrametría del paisaje natural.

5.2.1.1. Puntos de Control

En la siguiente tabla 8 se presenta los puntos de control tomados como base.

Tabla 8

Puntos de control de la zona de estudio

N°	Código	Coordenadas UTM (WGS 84)		Elevación (msnm)
		Norte	Este	
1	PAS01480	8,780,780.017	343,358.505	4,763.332
2	PAS01479	8,781,321.002	344,277.273	4,628.923
3	PAS01478	8,780,580.149	344,772.845	4,683.039
4	CMH22	8,779,919.359	343,517.299	4,638.723
5	CH3	8,779,976.019	343,234.067	4,707.679
6	CH5	8,779,975.517	343,236.965	4,707.053
7	CH6	8,779,516.910	344,388.640	4,617.280
8	CH8	8,779,760.560	345,407.440	4,645.810

Nota. Información proporcionada por la unidad minera.

5.2.2. INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS

Para establecer las características físicas y los parámetros de resistencia al corte de los materiales del depósito de material orgánico, se desarrolló un programa de investigaciones geotécnicas que incluyó geotecnia de trinchera de sondeo, pruebas de densidad, permeabilidad y humedad in situ, y obtención de muestras para pruebas de laboratorio de mecánica de suelos.

Las ubicaciones descritas anteriormente están incluidas en el mapa de los trabajos geotécnicos para la zona del proyecto que se proporciona a continuación.

Figura 15

Ubicación de las investigaciones geotécnicas en planta - depósito de material orgánico



Nota. Geoservice (2023).

5.2.2.1. Excavaciones de Calicatas

El presente estudio involucró ejecutar seis (06) calicatas en el depósito de material orgánico, las cuales se situaron estratégicamente dentro del área de estudio para poder analizar los condicionantes geotécnicos que forman parte del modelo geotécnico de los dos depósitos. Se llevó a cabo una inspección de la realización de cada una de las calicatas y en cada calicata se realizó una descripción pormenorizada del estrato que le corresponda conforme a la norma y requisitos de la ASTM D2488. Luego se completó el muestreo mediante la recolección de las muestras disturbadas que resultaron ser representativas. Estas fueron etiquetadas y colocadas en las bolsas y

sacos de polietileno para que no se contaminara su estado natural y llevar a cabo en el laboratorio los ensayos de caracterización física y mecánica.

La tabla 9 enseña en detalle el consolidado de calicatas efectuadas en la zona de los depósitos de materiales orgánicos, asignando su posición, profundidad y las cualidades del material retirado.

Tabla 9

Resumen de calicatas en el depósito de material orgánico

Calicata	Ubicación	Coordenadas UTM (WGS 84)		Cota (m.s.n.m.)	Nivel freático (m)	Prof. (m)
		Norte	Este			
CL-23-01	Cimentación	8779869	343575	4601.804	N.E.	2.00
CL-23-02	Cimentación	8779863	343533	4609.338	N.E.	2.00
CL-23-03	Cimentación	8779851	343510	4614.592	N.E.	1.50
CL-23-04	Cimentación	8779850	343572	4596.811	N.E.	1.50
CL-23-05	Cimentación	8779833	343556	4604.517	N.E.	0.70
CL-23-06	Cimentación	8779818	343570	4600.640	N.E.	0.20

Nota. UTM. Universal Transversal de Mercator, NE.= No Encontrado.

5.2.2.2. Ensayos de Densidad y Humedad en Campo

Se llevaron a cabo tres (03) pruebas de densidad en campo utilizando el método del cono de arena y se realizaron dos (02) pruebas de densidad in situ sustituyendo agua por materiales granulares con tamaños de partícula mayores a 3 pulgadas. Las pruebas se realizaron para establecer la densidad natural de los materiales necesarios para remodelar las muestras de suelo perturbadas para su examen en laboratorio. Se llevó a cabo según las directrices de la norma ASTM D1556.

Los métodos de cono de arena y el método de reemplazo de agua se presentan en la tabla 10.

Tabla 10*Ensayo de densidad de campo - Depósito de material orgánico*

Calicata	Ubicación	Contenido de humedad	Densidad húmeda	Densidad seca
		(%)	(g/cm ³)	(g/cm ³)
CL-23-01	Cono de Arena	7.60	1.866	1.734
CL-23-02		8.10	1.796	1.661
CL-23-04		3.40	1.816	1.757
CL-23-03	Reemplazo por Agua	5.20	2.101	1.997
CL-23-05		6.60	2.070	1.942

5.2.2.3. Ensayos de Permeabilidad in-situ

Se llevaron a cabo seis (06) pruebas de permeabilidad in-situ, con carga constante, de las cuales se obtuvieron la conductividad hidráulica o coeficiente de permeabilidad (K) que se define como la velocidad de flujo surgido a partir de un gradiente hidráulico unitario. Este valor "K" es un parámetro utilizado para medir la resistencia al flujo que brinda el suelo. En la Tabla 11 se muestra un resumen de los ensayos de permeabilidad in-situ de forma tabular.

Tabla 11*Ensayos de permeabilidad - Depósito de material orgánico*

Calicata	Coordenadas UTM (WGS 84)		SUCS	Profundidad (m)	K (cm/s)
	Norte	Este			
CL-23-01	8779869	343575	CL	0.5	6.835E-06
CL-23-02	8779863	343533	SC	0.5	7.757E-05
CL-23-03	8779851	343510	GC	0.5	5.191E-05
CL-23-04	8779850	343572	CL	0.5	1.286E-06
CL-23-05	8779833	343556	GC	0.5	2.056E-05
CL-23-06	8779818	343570	GM	0.5	1.483E-04

Nota. UTM. Universal Transversal de Mercator.

5.2.3. INVESTIGACIONES GEOFÍSICAS

Las técnicas geofísicas incluyeron la evaluación de la presencia de depósitos de material orgánico a través de sísmica de reflexión, tomografía geo eléctrica y 1D MASW, delimitando las heterogeneidades del filtro y sus correspondientes anomalías de resistividad. El objetivo de las pruebas

geofísicas es identificar posibles fugas, discontinuidades y áreas que presentan cambios considerables en los valores de la resistividad eléctrica aparente del subsuelo. Además, utilizando métodos sísmicos geofísicos, la identificación de capas o estratos existentes dentro de los parámetros elásticos del subsuelo, en relación con la compactación y densidad del suelo, se hace posible a través de las mediciones de la velocidad de las ondas sísmicas de compresión (V_p) y de corte (V_s).

5.2.3.1. Ensayos de Refracción Sísmica

Se realizaron cuatro (04) pruebas en la zona de almacenamiento de material orgánico, que tiene una extensión de 560.00m. La localización en resumen de los ensayos de refracción sísmicos se presenta en la siguiente tabla 12.

Tabla 12

Ubicación y longitud de las líneas de refracción sísmica - Top Soil

Ubicación	Código Línea	Progresiva	Coordenadas UTM (WGS 84)		Longitud Lineal (m)
			Norte (m)	Este (m)	
Depósito de material orgánico	RS-L-01	0+000	8779816.89	343476.71	170.00
		0+170	8779907.74	343618.99	
	RS-L-02	0+000	8779815.53	343493.79	115.00
		0+115	8779873.37	343593.44	
	RS-L-03	0+000	8779887.39	343475.85	160.00
		0+160	8779783.99	343597.78	
	RS-L-04	0+000	8779871.66	343537.80	115.00
		0+115	8779780.06	343607.33	
Total					560.00

Nota. UTM. Universal Transversal de Mercator.

5.2.3.2. Ubicación del Ensayo MASW 1D

Se realizaron un total de cinco (05) ensayos sobre la deposición de material orgánico. La ubicación en resumen de los ensayos MASW 1D se encuentra en la siguiente tabla 13.

Tabla 13*Ubicación del ensayo MASW-1D - Top Soil*

Ubicación	Código ensayo	Coordenadas UTM (WGS 84)	
		Norte (m)	Este (m)
Depósito de material orgánico	MW-L-01	8779876.51	343557.42
	MW-L-02	8779847.26	343520.40
	MW-L-03	8779831.23	343540.01
	MW-L-04	8779819.37	343577.49
	MW-L-05	8779847.84	343548.98

Nota. UTM. Universal Transversal de Mercator.

5.2.3.3. Ensayos de Tomografía Eléctrica

Se llevaron a cabo cuatro exámenes respecto al depósito de material orgánico con una longitud total de 880.00 metros. Se presenta un resumen de la ubicación del examen de tomografía eléctrica en la siguiente tabla 14.

Tabla 14*Ubicación y longitud de las líneas de tomografía geoeléctrica - Top Soil*

Ubicación	Código Línea	Coordenadas UTM (WGS 84)		Longitud Lineal (m)
		Norte	Este	
Depósito de material orgánico	TG-L-01	8779796.11	343430.91	220.00
		8779908.63	343618.53	
	TG-L-02	8779782.03	343428.54	220.00
		8779889.85	343620.37	
	TG-L-03	8779909.03	343455.50	220.00
		8779764.00	343620.64	
	TG-L-04	8779940.04	343484.64	220.00
		8779764.79	343617.67	
Total				880.00

Nota. UTM. Universal Transversal de Mercator.

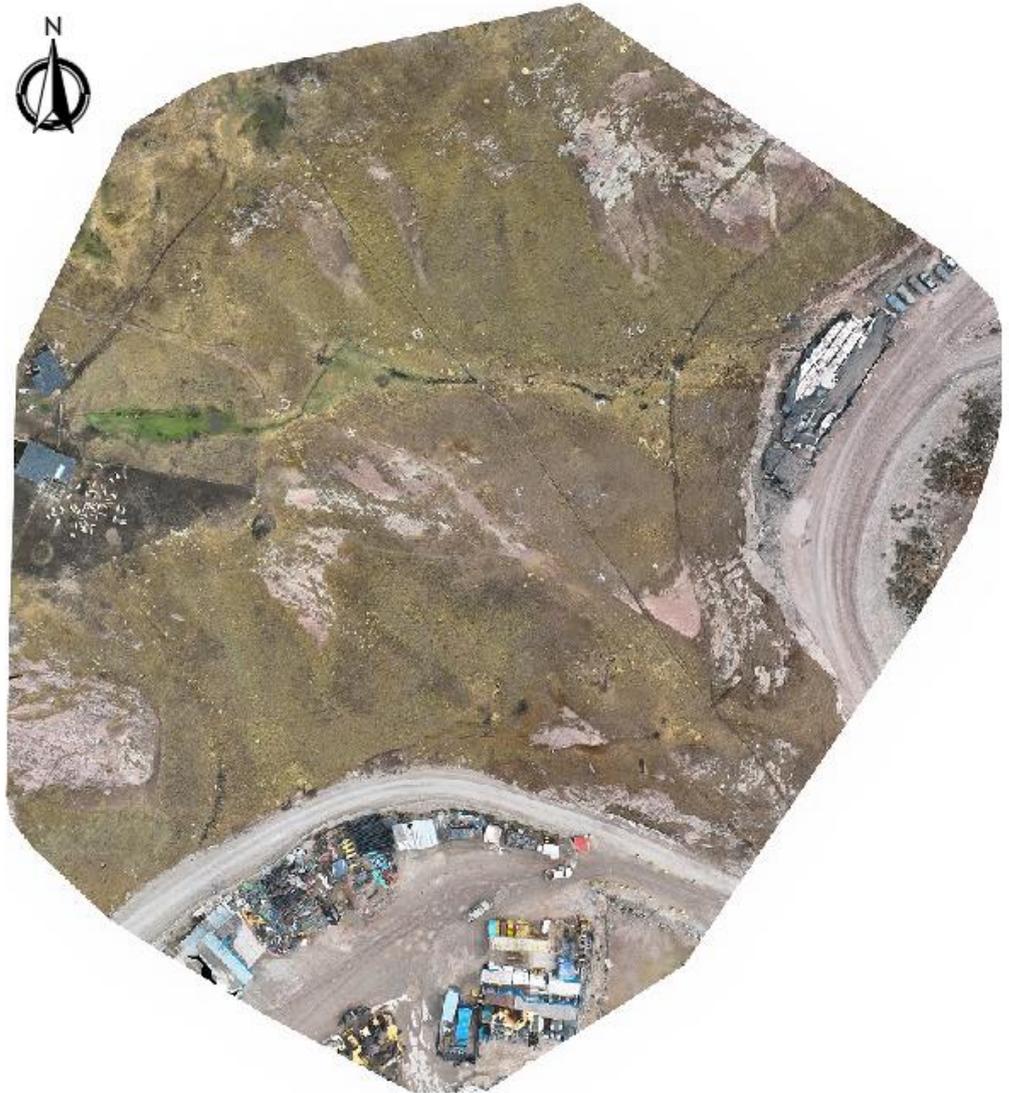
5.3. TRABAJOS DE GABINETE

5.3.1. TOPOGRAFÍA - ORTOFOTO

A continuación, se muestra la ortofoto obtenida a través del levantamiento topográfico con dron en el área del depósito de material orgánico.

Figura 16

Ortofoto obtenida en el área del depósito de material orgánico



Nota. Geoservice (2023).

5.3.2. GEOLOGÍA LOCAL

La mina Animon se encuentra en su mayoría sobre depósitos antropogénicos que corresponden a los materiales utilizados para la construcción de las plataformas para las instalaciones mineras, campamentos y los bloques de construcción para las carreteras de acceso; estos suelos están compuestos principalmente de grava, arena, limo y arcilla.

A continuación, se presenta la descripción de la litología del área donde se planea el Proyecto del depósito de suelo superior.

5.3.2.1. Formación Casapalca (Kp-Ca-inf)

Las "Capas Rojas" de la formación Casapalca tienen características continentales y abarcan desde el Cretácico Superior (Santoniano) hasta el Paleógeno Temprano y el Eoceno Medio.

La formación Casapalca está bien expuesta en el área de estudio donde se ubicará el depósito de suelo superior, que ha sido subdividido en tres miembros llamados miembro inferior, miembro medio (Conglomerado Shuco) y miembro superior (miembro de piedra caliza). Se observa que hacia la zona del proyecto se expone el miembro inferior, que consiste en una secuencia de margas rojas, margas grises, areniscas y siltitas. Se extiende a ambos lados del anti flexión de Huarón. En Chungar, es la roca huésped de la mineralización (Laguna Naticocha Centro).

5.3.2.2. Depósitos Cuaternarios

La región de estudio, en la que se proyecta construir el depósito de Top Soil, está cubierta con depósitos de cuaternario como: morrénico, coluvial y lacustre. Cada uno de estos será descrito a continuación.

Depósitos Morrénicos (Q-mo)

Estos depósitos están constituidos principalmente por brechas no consolidadas en una matriz microbrechosa o arenos arcillosos poco consolidados y depositados irregularmente, transportados por las corrientes de agua de depósitos antiguos glaciares, actualmente se encuentra erosionado en vertientes de laderas, que tienen espesor variable entre 1 y 5 m.

Depósito lacustre (Q-la)

La zona de estudio donde está planeada la construcción del depósito de top soil, presenta este tipo de material en su estado natural, el cual se encuentra caracterizado por su deposición en planos horizontales con escasa pendiente. En la mayor parte de estos depósitos, se presenta la obstrucción del escurrimiento de agua, formando superficies con suelos que por lo general son intermedios entre fangosos y pantanosos, lo cual deja ver que es un medio lacustre.

Depósitos de Bofedales (Q-bo)

Esta unidad corresponde al período Cuaternario y está conformada por suelos hidromorfos, cuyos depósitos se encuentran en los bordes de la laguna Naticocha, donde las pendientes son menores a 15°. Estos suelos se caracterizan por ser orgánicos, saturados, blandos y altamente compresibles. Se componen de materiales transportados y depositados en depresiones o planicies, con una mezcla de arenas, limos y gravas. Una característica distintiva de estos depósitos es la acumulación de agua, lo que da lugar a terrenos fangosos o pantanosos. Se presentan principalmente en las márgenes de lagunas y en las cabeceras de cuenca

Depósitos Coluviales (Q-co)

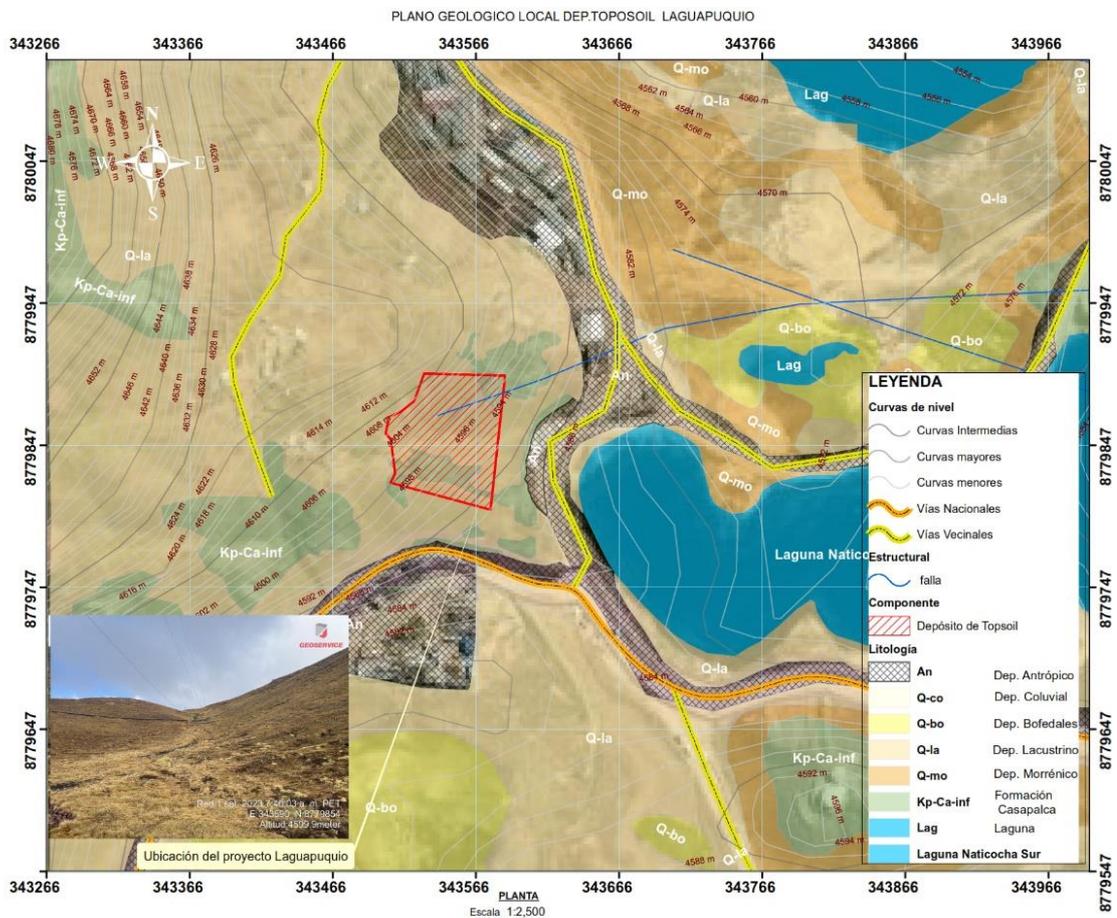
Estos tipos de materiales se caracterizan por sufrir un proceso de meteorización in situ y han sido transportados por gravedad y se encuentra expuestos en las laderas y al pie de las escarpas. En el área de estudio se ha identificado la presencia de estos tipos de materiales.

Depósitos Antropogénicos (Q-an)

Este tipo de depósito está compuesto principalmente de materiales utilizados para la construcción de plataformas de instalaciones mineras, edificios de campamentos mineros y caminos de acceso, y por lo tanto, están ubicados a una distancia considerable de la laguna Naticocha. Estos suelos son de constitución de grava-arenosa y limo-arcillosa; en las plataformas, son firmes y compactos; por otro lado, aquellos que cubren los lados de la cuenca de la laguna son bastante sueltos y porosos. La siguiente figura presenta la geología local en el depósito de suelo superior.

Figura 17

Plano Geológico local depósito de top soil



Nota. INGENMMENT (2023).

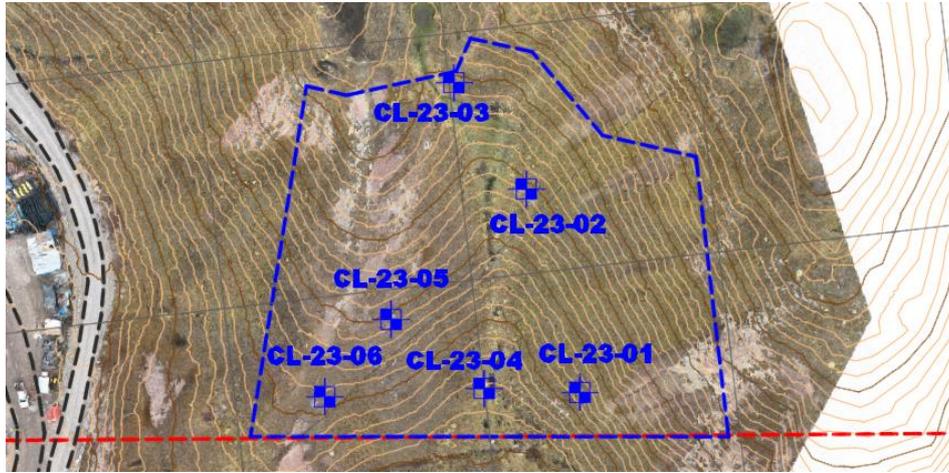
5.3.3. GEOTECNIA

Con el fin de identificar características físicas así como los parámetros de resistencia al deslizamiento de los materiales que componen los reservorios de suelo superficial, se diseñó un programa de investigaciones geotécnicas que consiste en prospección geotécnica de zanjas excavadas, pruebas in situ de densidad, permeabilidad y humedad, así como recolección de muestras para análisis de laboratorio de mecánica de suelos.

A continuación, se muestra la ubicación en planta de las investigaciones geotécnicas en el área del depósito.

Figura 18

Ubicación de las investigaciones geotécnicas en planta - depósito de Top Soil



5.3.3.1. Ensayos de Laboratorio

Para el análisis, tomamos las muestras calicatas que conforman la zona en estudio. Como parte de la investigación geotécnica, se realizaron ensayos estándar y especiales de su desplazamiento en el mecánico de suelos. El objetivo era calcular las propiedades físicas y la resistencia cortante del terreno. En la tabla 15 se resume la cantidad de ensayos ejecutados para el desarrollo de este estudio.

Tabla 15

Resumen de ensayos de laboratorio

Ensayos	Norma	Cantidad de ensayos
Análisis granulométrico por tamizado	ASTM D6913	6
Clasificación SUCS	ASTM D2487	6
Límites de Atterberg	ASTM D4318	6
Contenido de humedad	ASTM D4959	6
Peso específico	ASTM D854	6
Ensayos ABA	ASTM D5744-96	2
Total	-	32

Nota. American Society for Testing and Materials, SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. CU: Consolidado no drenado. ABA: Acid Base Accounting.

Ensayo de Propiedades Índice de Suelos

Se llevaron a cabo seis (06) ensayos en las muestras tomadas durante la exploración geotécnica de campo, se realizaron ensayos de índice y clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS). Las propiedades índices de los suelos ensayados se resumen en la tabla 16 en términos de tamaño de grano, índice de plasticidad y contenido de humedad junto con las correspondientes coordenadas UTM. Las normas que rigen los ensayos son las siguientes:

- Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro, NTP 339.128 / ASTM D 6913-04.
- Límite líquido y límite plástico, NTP 339.129 / ASTM D 4318.
- Contenido de humedad, NTP 339.127 / ASTM D 2216

Tabla 16

Resumen de ensayos de laboratorio en muestras de calicatas

Calicata	Granulometría			Clasific. SUCS	L.C.			C.H. (%)
	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)		LL (%)	LP (%)	IP (%)	
CL-23-01	12	31.8	56.2	CL	32.9	19.55	13.4	7.6
CL-23-02	25	26.1	48.9	SC	38.05	20.30	17.8	8.1
CL-23-03	51.6	19.0	29.5	GC	39.20	20.53	18.7	5.2
CL-23-04	5.1	16.8	78.1	CL	40.10	19.84	20.3	3.4
CL-23-05	39.8	22.0	38.3	GC	39.5	19.3	20.1	6.6
CL-23-06	54.2	24.4	21.4	GM	35.4	NP	NP	6.5

Nota. UMT. Universal Transversal de Mercator, SUCS: Sistema Unificado de clasificación de suelos, L.C.: Límites de consistencia, C.H.: Contenido de humedad.

Gravedad Especifica Relativa de Solidos

Se llevaron a cabo accidentes de gravedad específica de sólidos (pasante en la malla N°4) y de gravedad específica aparente en gravas (retenido en la malla N°4) el primero en la malla seis y el segundo en la malla seis. Estos experimentos se describen en lineamientos de la norma ASTM C 127 y D 854.

Tabla 17

Resumen de ensayos de gravedad específica relativa de sólidos

Calicata	Clasific. SUCS	Material retenido en la malla N°4	Material pasante en la malla N°4	Gs prom
		Porcentaje	Porcentaje	
CL-23-01	CL	12.0	88.0	2.718
CL-23-02	SC	25	75	2.681
CL-23-03	GC	51.6	48.4	2.668
CL-23-04	CL	5.1	94.9	2.721
CL-23-05	GC	39.8	60.2	2.646
CL-23-06	GM	54.2	45.8	2.664

Ensayos de Permeabilidad

El método de prueba para la hidráulica de materiales porosos saturados, empleando una carga constante, sigue las normas ASTM D2434. En tales pruebas, se logró el coeficiente de conductividad hidráulica o permeabilidad de las muestras remodeladas. La conductividad hidráulica (K) se define como la velocidad de flujo causada por la acción de un gradiente hidráulico unitario. El valor de "K" se utiliza para estimar la resistencia al flujo que presenta el suelo.

Tabla 18

Ensayos de permeabilidad, carga constante

Calicata	Coordenadas UTM (WGS 84)		SUCS	K (cm/s)
	Norte	Este		
CL-23-01	8779869	343575	CL	2.4654E-05
CL-23-04	8779850	343572	CL	6.7573E-07

Nota. UMT. Universal Transversal de Mercator.

5.3.4. GEOFÍSICA

Los métodos geofísicos se realizan para determinar la existencia de anomalías de filtraciones, puntos de heterogeneidad y zonas con diferencias en los valores de resistividad eléctrica aparente del subsuelo. Y, por otro lado, en el sismotécnico, con las ondas de compresión (V_p) y de corte (V_s) se medirá la velocidad para el reconocimiento de los horizontes o estratos existentes en función de los parámetros elásticos del subsuelo, que son compacidad del suelo y la densidad.

A continuación, se muestra la ubicación en planta de las investigaciones geotécnicas en el área del depósito.

Figura 19

Ubicación de las investigaciones geotécnicas en planta - depósito de Top Soil



5.3.4.1. Resultados e Interpretación de Ensayos de Refracción Sísmica

Se realizaron cuatro (04) estudios de refracción sísmica sobre los depósitos de suelo superficial con una longitud total de 560 metros. La ubicación aproximada de los estudios de refracción sísmica de suelo superficial se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19

Ubicación y longitud de las líneas de refracción sísmica

Ubicación	Código Línea	Progresiva	Coordenadas UTM (WGS 84)		Longitud Lineal (m)
			Norte (m)	Este (m)	
Depósito de material orgánico	RS-L-01	0+000	8779816.89	343476.71	170.00
		0+170	8779907.74	343618.99	
	RS-L-02	0+000	8779815.53	343493.79	115.00
		0+115	8779873.37	343593.44	
	RS-L-03	0+000	8779887.39	343475.85	160.00
		0+160	8779783.99	343597.78	
	RS-L-04	0+000	8779871.66	343537.80	115.00
		0+115	8779780.06	343607.33	
Total					560.00

Nota. UMT. Universal Transversal de Mercator.

A continuación, se muestran los perfiles de refracción sísmica.

Perfil de Interpretación RS-L-01

El perfil sísmico para la línea RS-L-01 tiene una longitud lineal de 170.00 m y una profundidad investigada de aproximadamente 35 m. A continuación, incluimos los resultados del perfil sísmico y sus velocidades de V_p distinguiendo 3 capas u horizontes:

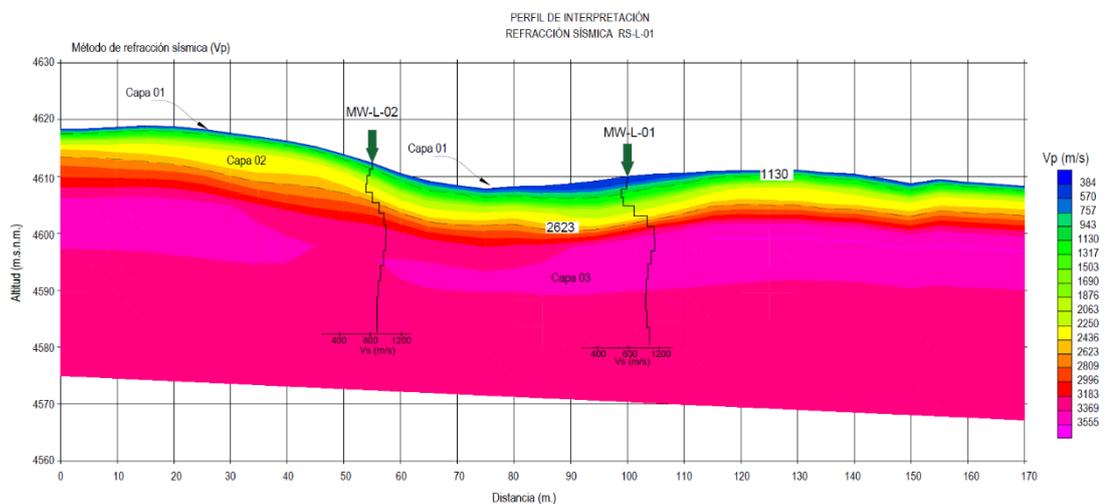
Tabla 20

Interpretación Refracción Sísmica LR-S-01

Capa	Velocidad Vp Min. – Max. (m/s)	Espesor de capa aproximado Min. – Max. (m)	Descripción de tablas referenciales según Vp
1	384 - 1130	0.7 – 2.9	Suelo medianamente denso
2	1131 – 2623	4.9 – 5.8	Suelo medianamente rígido o roca alterada, fracturada.
3	2624 - 3555	> 20.0	Roca fracturada

Figura 20

Perfil de refracción sísmica LR-S-01



Perfil de Interpretación RS-L-02

El perfil sísmico RS-L-02 tiene 115 metros de longitud lineal y se pudo estudiar una profundidad de alrededor de 35 metros. A continuación se presentan los resultados de la línea sísmica y sus velocidades Vp, identificando 3 capas u horizontes:

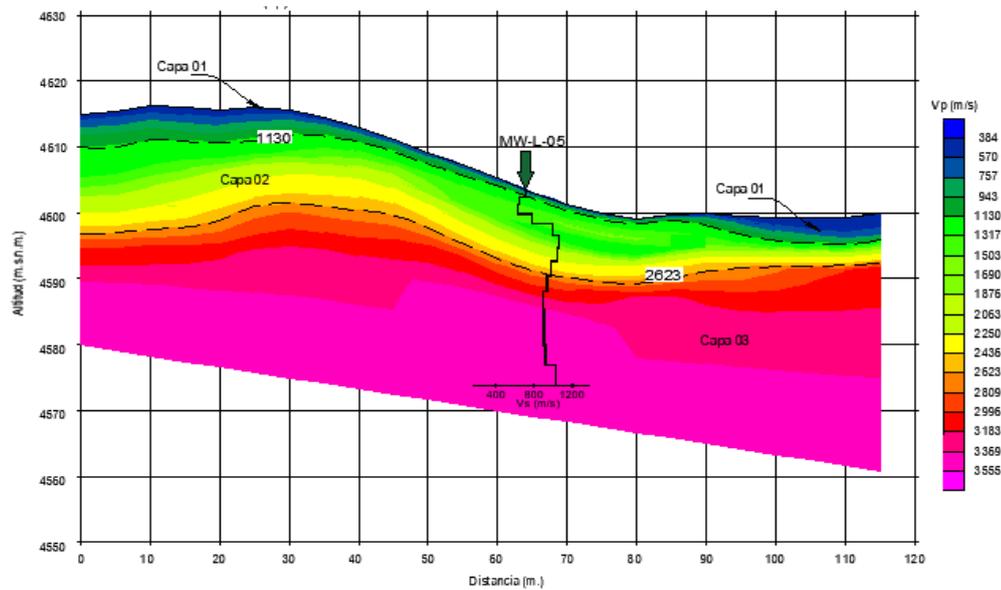
Tabla 21

Interpretación Refracción Sísmica LR-S-02

Capa	Velocidad Vp Min. – Max. (m/s)	Espesor de capa aproximado Min. – Max. (m)	Descripción de tablas referenciales según Vp
1	384 - 1130	0.0 – 5.9	Suelo medianamente denso
2	1131 – 2623	3.5 – 10.2	Suelo medianamente rígido o roca alterada, fracturada.
3	2624 - 3555	> 20.0	Roca fracturada

Figura 21

Perfil de refracción sísmica LR-S-02



Perfil de Interpretación RS-L-03

El perfil sísmico de la línea RS-L-03 tiene una longitud de 160.00 m, para lo cual se intentó una profundidad aproximada de 35 m. A continuación se presentan los resultados de la línea sísmica y sus velocidades Vp, que muestran 3 capas u horizontes:

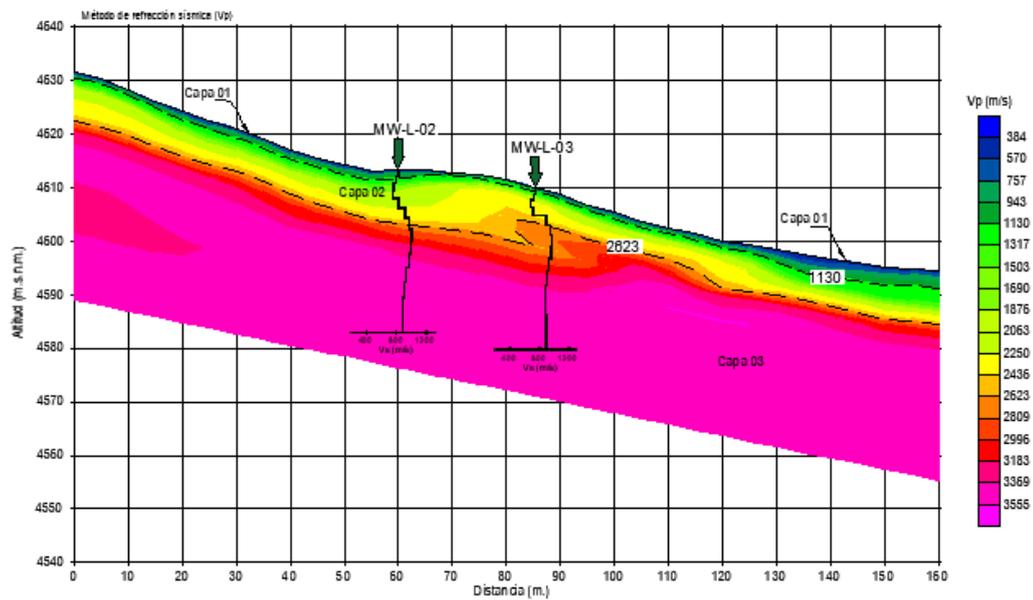
Tabla 22

Interpretación Refracción Sísmica LR-S-03

Capa	Velocidad Vp Min. – Max. (m/s)	Espesor de capa aproximado Min. – Max. (m)	Descripción de tablas referenciales según Vp
1	384 - 1130	0.0 – 3.2	Suelo medianamente denso
2	1131 – 2623	3.9 – 9.8	Suelo medianamente rígido o roca alterada, fracturada.
3	2624 - 3555	> 20.0	Roca fracturada

Figura 22

Perfil de refracción sísmica LR-S-03



Perfil de Interpretación RS-L-04

El perfil sísmico de la línea RS-L-04 tiene una longitud de 115.00 m lineales y se investigó una profundidad aproximada de 35 m. Posteriormente, se presentan los resultados de la línea sísmica y su velocidad, Vp, donde se identifican 3 capas o horizontes:

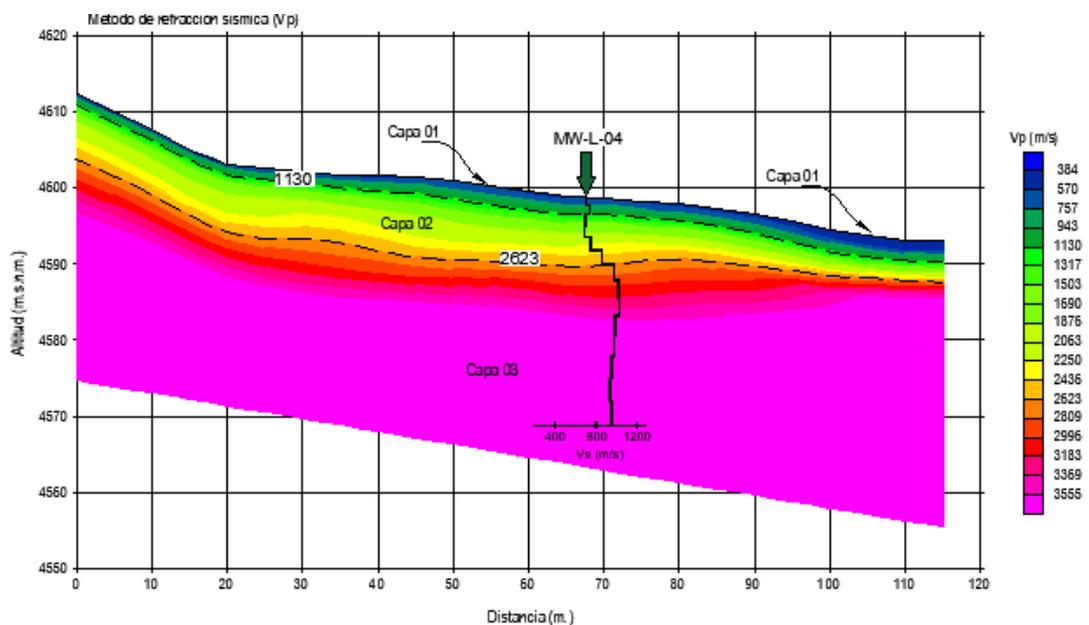
Tabla 23

Interpretación Refracción Sísmica LR-S-03

Capa	Velocidad Vp Min. – Max. (m/s)	Espesor de capa aproximado Min. – Max. (m)	Descripción de tablas referenciales según Vp
1	384 - 1130	0.9 – 3.5	Suelo medianamente denso
2	1131 – 2623	4.2 – 10.2	Suelo medianamente rígido o roca alterada, fracturada.
3	2624 - 3555	> 20.0	Roca fracturada

Figura 23

Perfil de refracción sísmica LR-S-03



5.3.4.2. Resultados e interpretación de los ensayos MASW 1D

Se ejecutaron cinco (05) ensayos de MASW-1D sobre depósito de Top Soil. La ubicación en resumen de los ensayos se presenta en la siguiente tabla 24.

Tabla 24

Ubicación de los ensayos MASW-1D

Ubicación	Código ensayo	Coordenadas UTM (WGS 84)	
		Norte (m)	Este (m)
Depósito de material orgánico	MW-L-01	8779876.51	343557.42
	MW-L-02	8779847.26	343520.40
	MW-L-03	8779831.23	343540.01
	MW-L-04	8779819.37	343577.49
	MW-L-05	8779847.84	343548.98

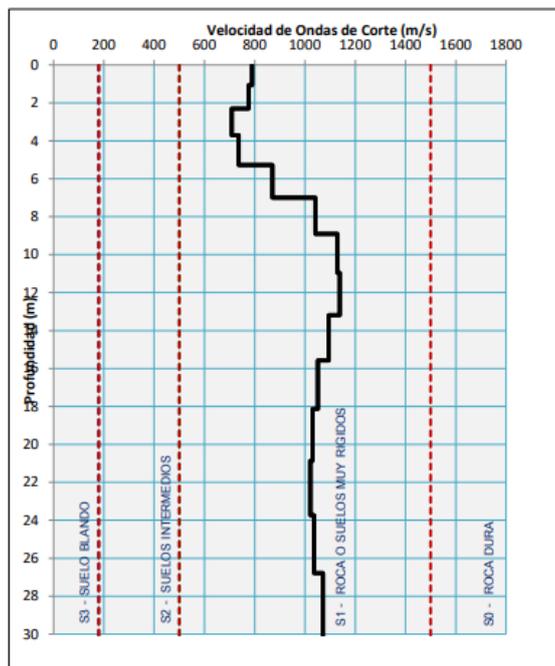
A continuación, se muestran los perfiles unidimensionales MASW1D

Perfil Unidimensional MW-L-01

El MW-L-01 se llevó a cabo utilizando un espaciado de intervalo de 5.0 metros con una serie de geófonos a una profundidad máxima de 30 m. A continuación se presentan los resultados de las pruebas sísmicas.

Figura 24

Perfil del ensayo MW-L-01

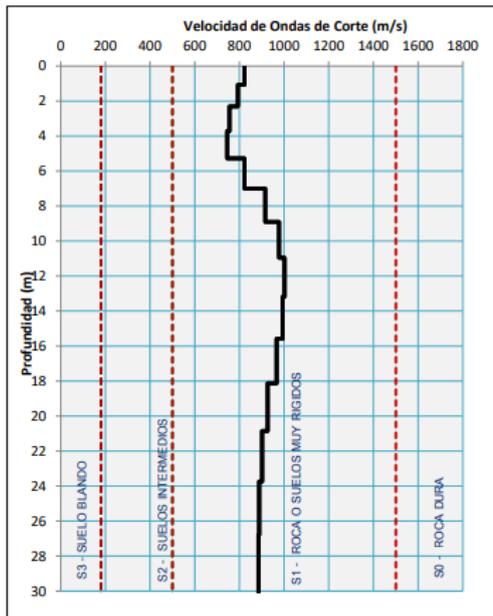


Perfil Unidimensional MW-L-02

En el ensayo MW-L-02, la distancia entre las colocaciones de geófonos fue de 5 metros y la profundidad de investigación fue de 30 m. A continuación se presentan los hallazgos de la encuesta sísmica MW-L-02:

Figura 25

Perfil del ensayo MW-L-02

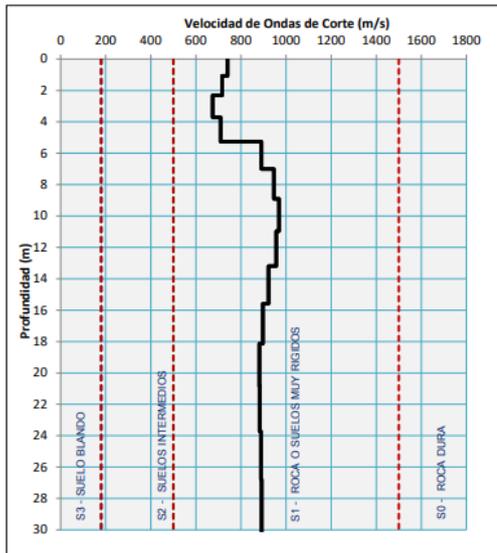


Perfil Unidimensional MW-L-03

El MW-L-03 se realizó utilizando un espaciamiento de 5.0 metros de los geófonos con una profundidad total de investigación de 30 m. Los resultados de la encuesta sísmica MW-L-03 se muestran a continuación:

Figura 26

Perfil del ensayo MW-L-03

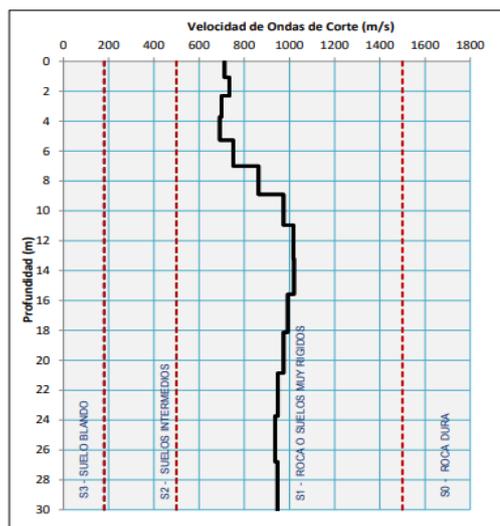


Perfil Unidimensional MW-L-04

El estudio MW-L-04 se realizó utilizando un intervalo de separación de geófonos de 5.0 metros y logró una profundidad de investigación de 30 metros. Presenta a continuación los resultados de la encuesta sísmica MW-L-04:

Figura 27

Perfil del ensayo MW-L-04



Con respecto a los resultados de las cuatro (04) pruebas MASW 1D, el valor promedio de la velocidad de ondas cortas se considera un Perfil de Suelo S1 de acuerdo a la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente, siendo el Tipo S1 Suelos Muy Rígidos o roca (Suelos con velocidades de ondas cortas para los 30 metros superiores de 500 a 1500 metros por segundo).

Tabla 25

Clasificación sísmica según la norma E.030

Clasificación Sísmica De Suelos Según Norma E.030		
Tipo	Vs 30 (m)	Descripción
SO	> 1500	Roca Dura
S1	500 – 1500	Roca o suelo muy rígidos
S2	180 – 500	Suelos Intermedios
S3	< 180	Suelos Blandos
S4	Condiciones excepcionales, clasificación basa en el EMS	

Nota. Norma E.030.

5.3.4.3. Resultados e Interpretación de Tomografía Geoelectrica

Se realizaron cuatro (04) pruebas de tomografía geoelectrica sobre el depósito de suelo superficial con una longitud total de 880.00 metros. La descripción resumida de la ubicación de las pruebas de tomografía geo eléctrica se presenta en la Tabla 26.

Tabla 26

Ubicación y longitud de las líneas de tomografía geoelectrica

Ubicación	Código Línea	Coordenadas UTM (WGS 84)		Longitud Lineal (m)
		Norte	Este	
Depósito de material orgánico	TG-L-01	8779796.11	343430.91	220.00
		8779908.63	343618.53	
	TG-L-02	8779782.03	343428.54	220.00
		8779889.85	343620.37	
	TG-L-03	8779909.03	343455.50	220.00
		8779764.00	343620.64	
	TG-L-04	8779940.04	343484.64	220.00
		8779764.79	343617.67	
Total				880.00

Nota. Universal Transversal de Mercator.

A continuación, se muestran los perfiles de tomografía geoelectrica.

Figura 28

Perfil de tomografía geoelectrica TG-L-01

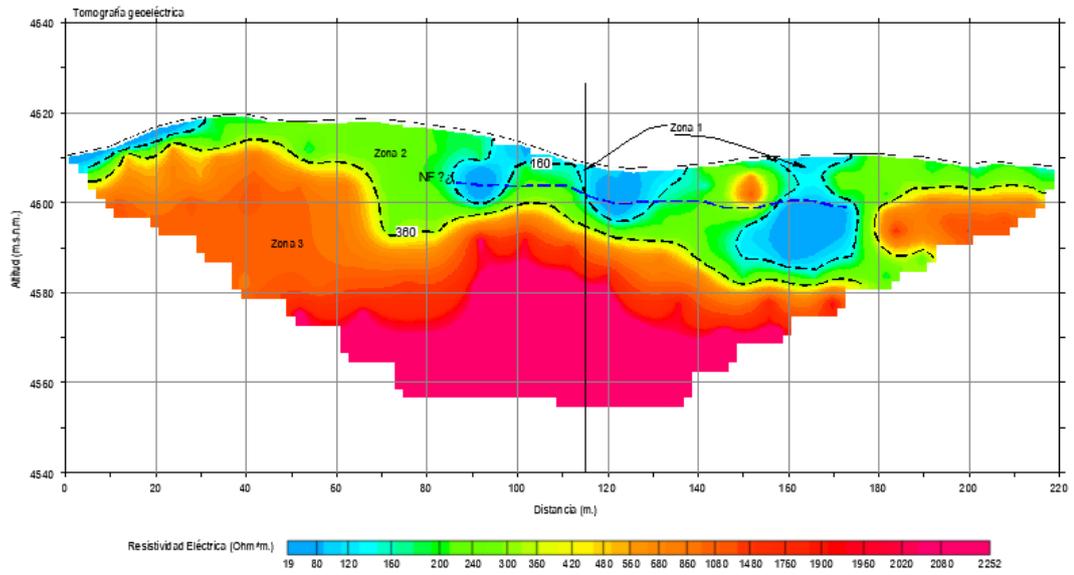


Figura 29

Perfil de tomografía geoelectrica TG-L-02

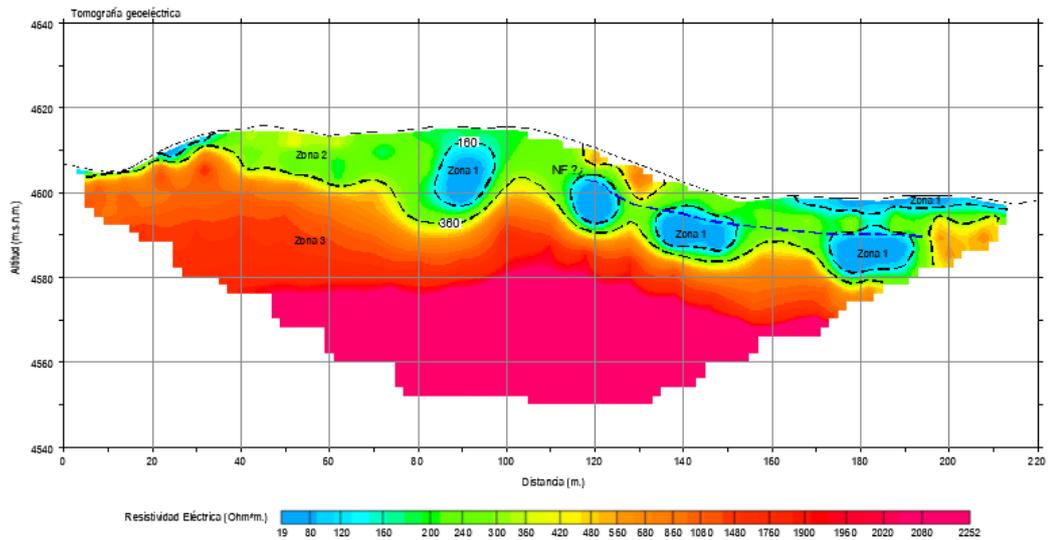


Figura 30

Perfil de tomografía geoelectrica TG-L-03

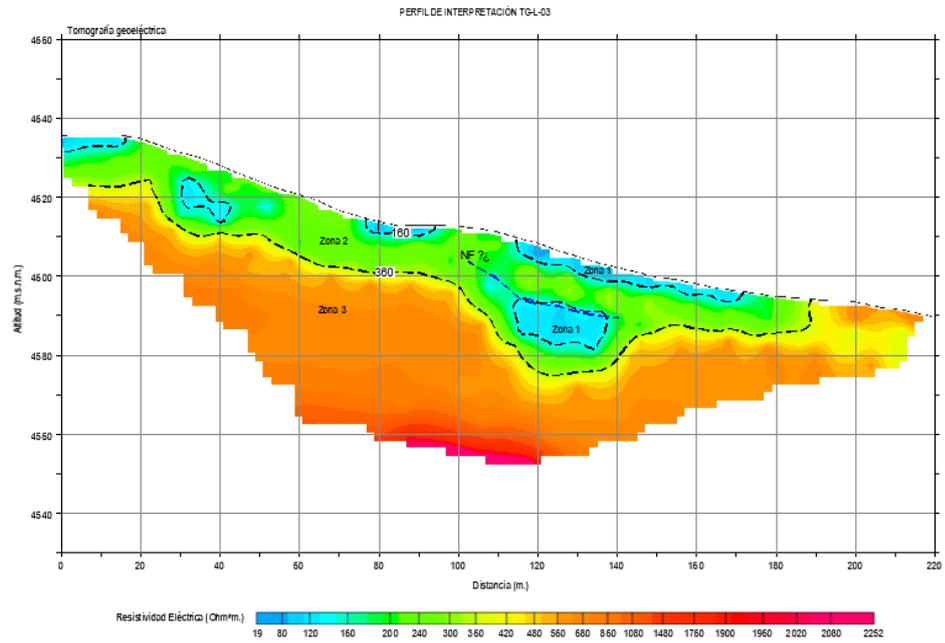
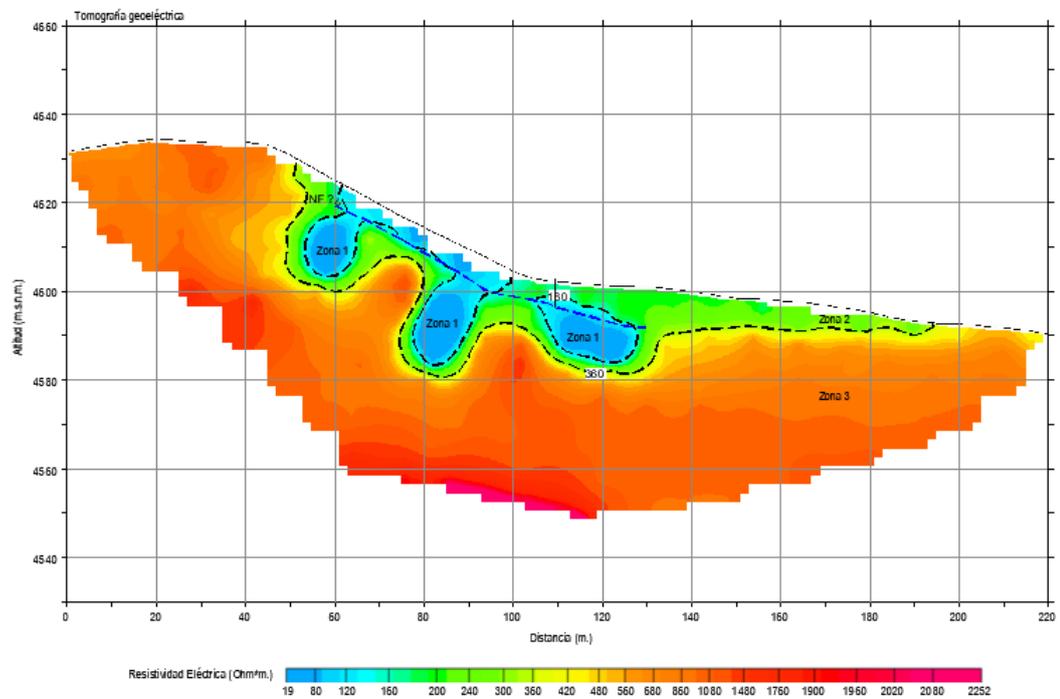


Figura 31

Perfil de tomografía geoelectrica TG-L-04



El perfil de resistividad eléctrica de las líneas TG-L-01, TG-L-02, TG-L-03 y TG-L-04 se obtuvo con el dispositivo de dipolo-dipolo (dipolos de 10.0 m), su profundidad de investigación es de alrededor de 50 m y tiene 03 zonas de resistividad eléctrica como se describe en la siguiente tabla 27.

Tabla 27

Zonas de resistividad eléctrica

Zona	Resistividad (Ωm)	Descripción
1	19 - 160	Zona de resistividad eléctrica baja, conformado por suelos de cobertura, bloques de roca y/o roca altamente fracturada. Zona con alto grado de humedad.
2	161 – 360	Zona de resistividad eléctrica media, conformado por bloques de roca conductiva y/o roca con presencia de humedad. Para zonas más superficiales representa a suelos de cobertura y/o suelos de grano fino con presencia de humedad.
3	361 - 2252	Zona de resistividad eléctrica media a alta, conformado probablemente por roca fracturada (roca de resistividad eléctrica alta o roca sin presencia de humedad). Para zonas más superficiales representa a bloques de roca o roca muy fracturada sin presencia de humedad.

En los perfiles analizados de las líneas, se ha logrado inferir el nivel freático (N.F.) en base a los valores bajos de resistividad eléctrica obtenido en la zona 1.

5.4. ANÁLISIS GEOTÉCNICO

En el contexto del estudio geotécnico destinado a determinar la estabilidad física del depósito en su condición de trabajo actual, se realizó un análisis de estabilidad de taludes en condiciones estáticas y pseudo-estáticas para las secciones relevantes. A continuación se describen los análisis realizados.

5.4.1. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

Las propiedades físicas y las características de resistencia de los materiales que forman el modelo geotécnico se obtuvieron a través de investigaciones de campo y resultados de laboratorio que se habían

recopilado previamente de estudios anteriores. A continuación, se proporciona una breve descripción de la interpretación y evaluación de cada material.

5.4.1.1. Depósito Lacustre

Los datos derivados de los estudios geotécnicos, el trabajo de laboratorio y la actividad geofísica efectuada por Geoservice durante el año 2023 indican que el material lacustre más fibroso se localiza en una profundidad de hasta 20 cm. Según la clasificación SUCS, este material se compone de grava limosa GM, grava arcillosa GC, arena arcillosa clasificada como SC y arcilla plástica de baja deformabilidad. El material presenta una proporción volumétrica de grava entre 12% a 54.2%, de arena de 16.8% a 31.8% y de finos de 21.4% a 78.1%. El material tiene una plasticidad mediana. La máxima humedad alcanzada está entre 3.4 % a 8.1 %. Esta capa presenta variaciones de espesor hasta 2 metros de profundidad.

En base a lo expuesto y con experiencias previas, Geoservice (2023) caracterizó el material lacustre asignándole 18 kPa de cohesión y 25° de ángulo de fricción, además de un peso específico a de 18.5kN/m³.

5.4.1.2. Suelo Orgánico

Se define como la porción superficial de la corteza terrestre con la característica de poder soportar el desarrollo de la vegetación principalmente debido a la disponibilidad de nutrientes y una cantidad considerable de materia orgánica. Típicamente, este material se denomina suelo orgánico o capa superior. Según las investigaciones existentes y contemporáneas, el material orgánico en el área estudiada se caracteriza como un suelo compuesto de arcillas y limos de baja plasticidad, blando, húmedo, marrón oscuro, homogéneo y que contiene raíces.

Look (Look, 2007) presenta los siguientes valores típicos de esfuerzos cortantes para suelos cohesivos.

En ese contexto, se consideró un comportamiento drenado de 6 kN/m² de cohesión y 20 grados de ángulo de fricción interna para condiciones pseudo-estáticas y estáticas de tensiones efectivas. Se asignó un peso unitario total de 16 kN/m³ para ambas condiciones.

5.4.1.3. Basamento rocoso

El basamento geológico fue descrito como un conglomerado compuesto de clastos subredondeados de piedra caliza, cuarcitas y areniscas, que se encuentra debajo de una secuencia de areniscas gris verdosas intercaladas. De manera bastante conservadora, al basamento geológico se le asignaron los siguientes parámetros: resistencia a la compresión no consolidada (UCS) de 28 Mpa, índice de resistencia geológica (GSI) de 45, Designación de Calidad de Roca (RQD) de 7 y factores de disturbio (D) de 0. El peso específico considerado corresponde a roca dura de 25 kN/m³.

5.4.1.4. Material de baja Permeabilidad

La deposición propuesta en el proyecto se formará sobre una capa de material de baja permeabilidad con un grosor de 0.30 m ubicada en la parte superior de la fundación. Esta capa se compactará y se espera que proporcione el sellado inferior del componente.

En la tabla 28 a continuación, se presentan algunos parámetros de resistencia (c y ϕ) para suelos cohesivos compactados por Proctor estándar según el Departamento del Interior de los EE. UU. (1973).

Tabla 28*Parámetros de resistencia drenados típicos para suelos cohesivos compactados*

Símbolo de clasificación	compactación relativa (%)	Cohesión efectiva c' (lb/ft²)	Angulo de fricción Φ' (deg)
SM-SC	100	300	33
SC	100	250	31
ML	100	200	32
CL-ML	100	450	32
CL-ML	100	300	28
MH	100	450	23
CH	100	250	19

Nota. Duncan (2001).

El material de baja permeabilidad será obtenido de fuentes terceras. Los requisitos de calidad que deben cumplir los materiales, deberán ajustarse a los requisitos siguientes:

Tabla 29*Granulometría de material de baja permeabilidad*

Tamaño del Tamiz ASTM		Porcentaje que pasa
75 mm	3"	100
19 mm	3/4"	60 - 100
4.75 mm	Nº4	45 - 100
0.45 mm	Nº40	35 - 85
0.075 mm	Nº200	30 - 80

Se consideró una cohesión total de 13 kPa y un ángulo de fricción interna de 29° para el comportamiento drenado con parámetros de resistencia al corte, en términos de esfuerzos efectivos, así como para un pesaje estático y pseudostático. También se consideró un peso específico de 16 kN/m³.

5.4.1.5. Material de Relleno Controlado

Se utilizará un relleno controlado o material de relleno durante la construcción de la presa de inicio. Se define como un material especialmente seleccionado que se obtiene de los trabajos de excavación propuestos para la construcción de caminos de acceso y

plataformas, que se colocará en las obras en capas compactadas. Con base en los parámetros obtenidos del material de sobrecarga, se asumió para condiciones estáticas y pseudo estáticas un comportamiento drenado con parámetros de resistencia al corte de 6 kPa de cohesión y 38° de ángulo de fricción interna, en términos de tensiones efectivas. Además, se asumió un peso específico total de 21 kN/m³.

5.4.1.6. Resumen de Parámetros

Los parámetros de resistencia al corte se han reinterpretado minuciosamente, teniendo en cuenta la variabilidad del material y la experiencia del consultor para la ejecución del análisis de estabilidad. Las propiedades geotécnicas utilizadas en el análisis se presentan en la tabla 30.

Tabla 30*Resumen de parámetros de resistencia de los materiales*

Material	Peso específico		Esfuerzo efectivo		UCS (kN/m ²)	m	s	a
	γ_{total} (kN/m ³)	γ_{hum} (kN/m ³)	C' (kPa)	ϕ' (°)				
Depósito Lacustre	26.5	-	18	25	-	-	-	-
Material de relleno controlado	21	-	6	38	-	-	-	-
Suelo orgánico	16	-	6	20	-	-	-	-
Basamento rocoso	25	-	-	-	28	0.34 1	0.00 03	0.50 8
Material de baja permeabilidad	16	-	13	29	-	-	-	-

Nota. ϕ' : Angulo de fricción interna efectivo, c: Cohesión efectiva, γ_{total} : Peso específico total, γ_h : Peso específico húmedo

5.5. CÁLCULO DEL COEFICIENTE SÍSMICO

Los coeficientes sísmicos que se utilizarán en los análisis pseudo-estáticos se determinaron utilizando la metodología de Bray et al. (2017). Este método considera tanto las características específicas del sitio de las estructuras evaluadas, los periodos naturales de los terremotos capaces o masas de deslizamiento, como el desplazamiento máximo permitido inducido debido a un terremoto. La próxima sección describe los procesos de pensamiento y resultados de los cálculos.

5.5.1. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

Se utilizó el método de Bray et al. (2017), que es un procedimiento simplificado para la evaluación de coeficientes sísmicos para una estructura dada, que considera el desplazamiento máximo permisible asociado al mecanismo de falla, el periodo de tiempo y la aceleración espectral para el periodo degradado de la masa deslizante y la magnitud de diseño del terremoto.

5.5.2. CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS

Se consideraron las siguientes observaciones al calcular el coeficiente sísmico:

- ✓ Las aceleraciones espectrales se toman de un espectro de peligrosidad uniforme de un sitio de tipo B para períodos de retorno de 500 años. Cabe decir que el enfoque de Bray et al. (2017) requiere aceleraciones espectrales en la fundación de la estructura y en el campo libre, es decir, fuera de la zona de deslizamiento del bloque.
- ✓ Se ha estimado el coeficiente sísmico para la condición más conservadora (la estructura puede entrar en resonancia), asumiendo que el periodo fundamental del bloque deslizante se ubica en la campana del espectro de peligro uniforme.
- ✓ Dado que las fuentes sismogénicas de subducción interfase son las que predominan en la evaluación del peligro sísmico en la zona de estudio, se estableció una magnitud de 8.8 Mw para el cálculo del coeficiente sísmico.
- ✓ Los coeficientes sísmicos fueron calculados para el límite superior definido por la formulación de Bray et al. (2017).
- ✓ Se definió de manera conservadora la serviciabilidad del depósito de desmonte para fallas de rotación igual a 50 cm como desplazamiento máximo.

5.5.3. RESULTADOS OBTENIDOS

Se realizó los cálculos realizados para estimar los coeficientes sísmicos en el depósito de desmonte definitivo que se encuentran cimentados sobre un suelo tipo B para fallas circulares. En la tabla 31 se presenta un resumen de los coeficientes sísmicos.

Tabla 31*Resumen de valores del coeficiente sísmico*

Periodo de retorno (años)	Componente	Serviciabilidad (m)	Coeficiente sísmico
500	Depósito de Top Soil	0.50	0.16

Es importante tener en cuenta que la combinación de metodologías de Bray et al (2017) permite minimizar el riesgo de que haya desplazamientos permanentes más allá de los límites permisibles, siempre que se utilicen factores de seguridad iguales o mayores a 1.0. Esta condición no es completamente asegurada por el método USACE. En el caso de la incertidumbre en la estimación de los períodos naturales del bloque deslizante, se optó de forma conservadora con respecto al análisis de estabilidad de taludes usando los coeficientes sísmicos que fueron definidos considerando el pico de la campana del espectro de respuesta para períodos de retorno de 500 años.

5.6. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LIMITÉ

El análisis de la estabilidad física mediante el método del límite de equilibrio se realizó con el fin de verificar las secciones geotécnicas en el depósito final. La “Evaluación” de la geotecnia se llevó a cabo considerando los criterios “Operativos” y “de Cierre”.

Los parámetros de resistencia al corte de los materiales que forman el modelo geotécnico de la estructura se obtuvieron de otros documentos disponibles y estimaciones basadas en algunas investigaciones de campo, ensayos de laboratorio y experiencia con el comportamiento de materiales similares.

El análisis de estabilidad se realizó en las áreas más críticas de la estructura con respecto al perfil geológico que se había establecido a partir de la revisión e interpretación de investigaciones de campo en ingeniería geotécnica y la geología local.

5.6.1. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

El análisis físico de la estabilidad de taludes empleó el software Slide v7.0, que permite la actividad con diferentes modelos para suelo y roca, como Mohr-Coulomb, Hoek-Brown, funciones anisotrópicas y normales y de corte, etc. El cálculo del factor de seguridad se llevó a cabo en las secciones consideradas en forma bidimensional utilizando el concepto de equilibrio límite y aproximándolo a un estado plano de deformación. El software proporciona la opción de usar diferentes métodos de análisis simultáneamente, pero para este análisis se utilizó el método de Spencer, que se sabe que satisface todas las ecuaciones de equilibrio estático en términos de fuerzas y momentos junto con cualquier superficie de falla.

En el análisis, las características del material se consideran isotrópicas y homogéneas, y se asume que el colapso ocurre debido a una combinación de fallas en la superficie de deslizamiento. Además, en el análisis pseudoestático, se asume que la masa por encima de la superficie de deslizamiento está sujeta a una fuerza horizontal constante, que es un coeficiente denominado coeficiente sísmico, bajo la acción del peso de la masa deslizante. Todo esto se hace para estimar aproximadamente los efectos de un evento sísmico.

El valor del coeficiente sísmico horizontal utilizado en el análisis pseudoestático fue calculado para cada profundidad de la falla circular por Bray et al. (2017), utilizando 50 cm de desplazamiento máximo como parámetro de entrada y el espectro de la evaluación de peligro sísmico ($T_r = 500$ años) para la clase de sitio Tipo B. Es prudente al estimar el período del bloque deslizante utilizar un valor que tenga más probabilidades de producir la máxima aceleración espectral para los espectros considerados.

5.6.2. CRITERIO DE ANÁLISIS

Los criterios de estabilidad analizados en estos análisis de ladera cumplen con los factores de seguridad mínimos establecidos por la Oficina de Reclamación de los Estados Unidos (USBR), la Sociedad de Presas de

los Estados Unidos (USSD), la Asociación Canadiense de Presas y el Comité Nacional Australiano de Grandes Presas (ANCOLD) ya que las métricas de seguridad aplicadas son las siguientes:

Factor de seguridad estático mínimo a largo plazo: 1.5

Factor de seguridad pseudostático mínimo a largo plazo: 1.0

Vale la pena indicar que un factor de seguridad pseudostático por encima de 1.0 no implica que el vertedero permanecerá estacionario durante un terremoto. Más bien, lo que probablemente ocurrirá es una cantidad mínima de movimiento inducido sin que se cause un daño significativo por el terremoto de diseño.

5.6.3. CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS

Para el análisis de estabilidad se tomaron las siguientes consideraciones:

- ✓ El modelo geotécnico del depósito está conformado por suelo orgánico, suelo lacustre, material de relleno controlado, material de baja permeabilidad y basamento rocoso.
- ✓ Se consideró el nivel freático a partir de la interpretación de los ensayos de tomografía geoeléctrica.
- ✓ Se llevó a cabo el análisis de estabilidad correspondiente a la configuración actual. Por la falta de documentos as-built relativos a la construcción del depósito junto con el plano de cimentación de diseño, para este análisis se ha considerado la topografía preliminar antes de la construcción como superficie de cimentación.
- ✓ El análisis de estabilidad se realizó utilizando las propiedades del material del modelo geotécnico con resistencia al corte que se establecieron en base al estudio de escritorio de investigaciones pasadas y se complementaron con la estimación de los trabajos de campo y pruebas de laboratorio.

5.6.4. RESULTADOS OBTENIDOS

Dentro del análisis de estabilidad, fue posible detectar dos tipos posibles de fallas para la Sección A proyectada, que son: falla circular y falla de bloque. Los factores de seguridad calculados para cada modo de falla, tanto en condiciones estáticas como pseudo-estáticas, son los siguientes:

5.6.4.1. Falla Circular

En condiciones estáticas, el análisis muestra un factor de seguridad de 1.743, mientras que en condiciones pseudo-estáticas (0.10 g) es de 1.117. Este valor muestra que la pendiente cumple con los criterios de estabilidad en condiciones normales, pero durante un terremoto, puede sufrir algunos desplazamientos menores debido a que el factor de seguridad pseudo-estático está cerca del mínimo recomendado (1.0). La imagen relacionada con esta configuración muestra la superficie de deslizamiento en forma de arco, que es característica de fallas rotacionales en suelos homogéneos.

Figura 32

Sección A-A` Falla circular - Condición estática

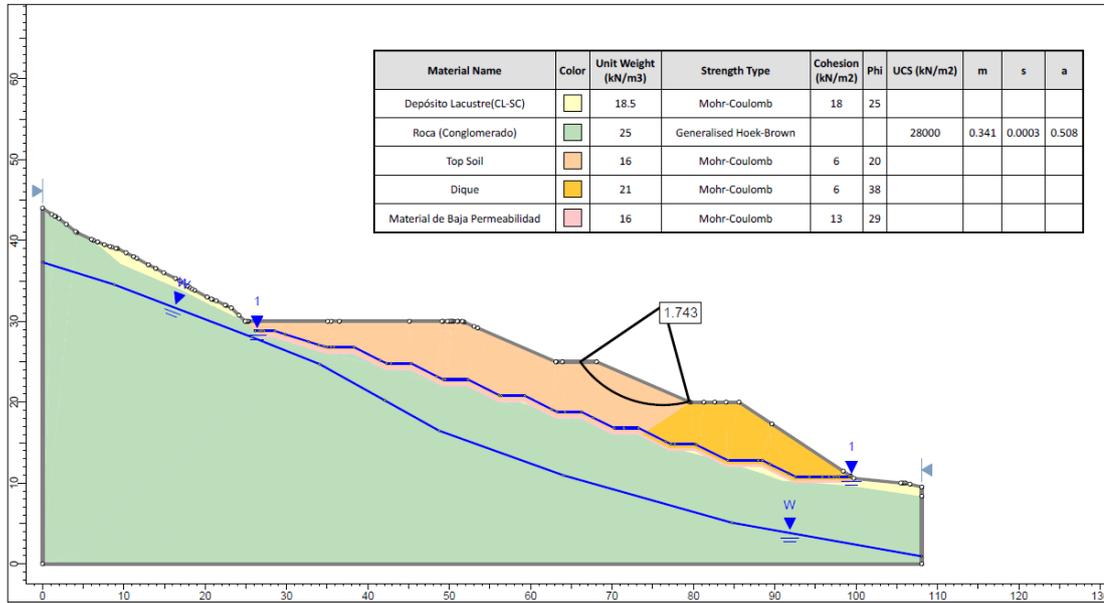
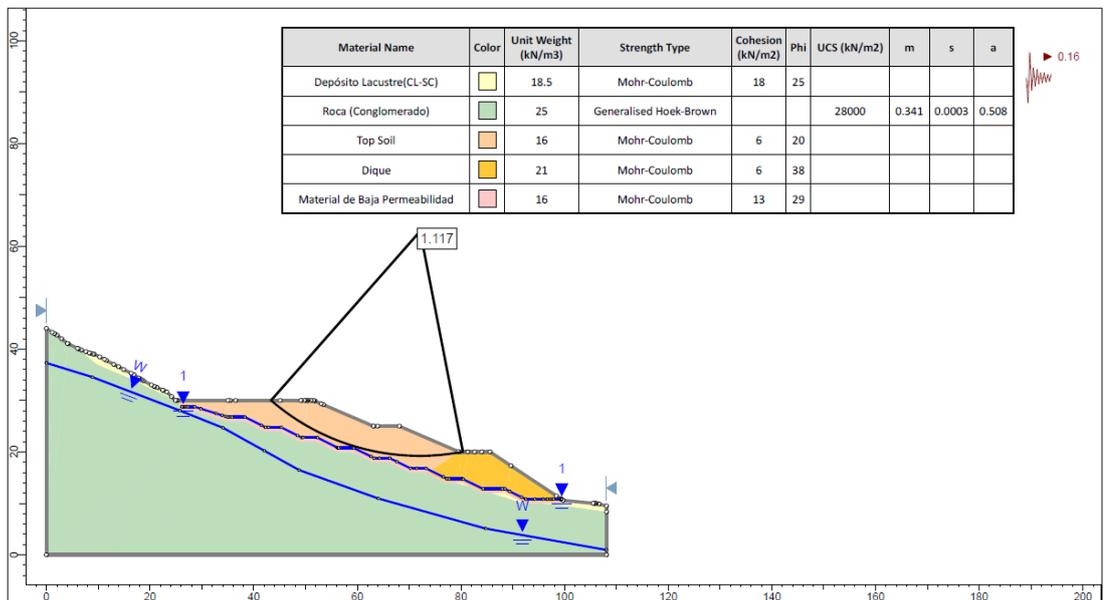


Figura 33

Sección A-A` Falla circular - Condición Pseudoestático



5.6.4.2. Falla en Bloque

Para este tipo de fallo, se obtuvieron un valor pseudo estático de 1.852 y un valor pseudo dinámico de 1.255 para la expansión de cavidad conocida. Estos valores también cumplen con los requisitos de estabilidad y superan los valores predeterminados recomendados, indicando que la ladera es aún más estable con una configuración de deslizamiento de bloque debido a la superficie de fallo plana. La sección transversal que describe esta configuración muestra una superficie de deslizamiento recta típica de fallo translacional en un suelo estratificado o de baja cohesión.

Figura 34

Sección A-A` Falla en bloque - Condición estática

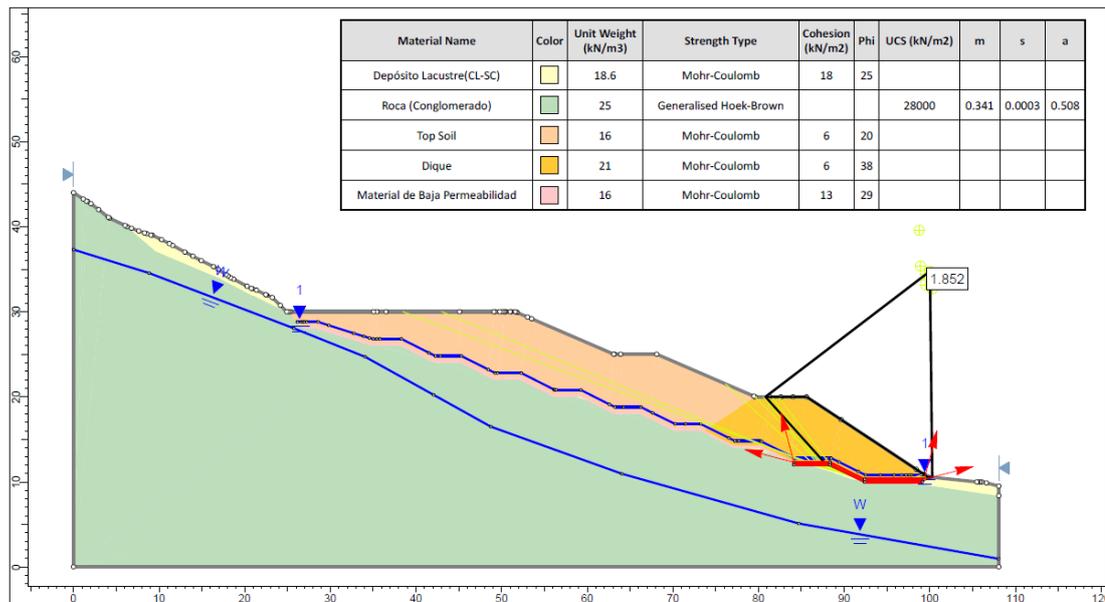
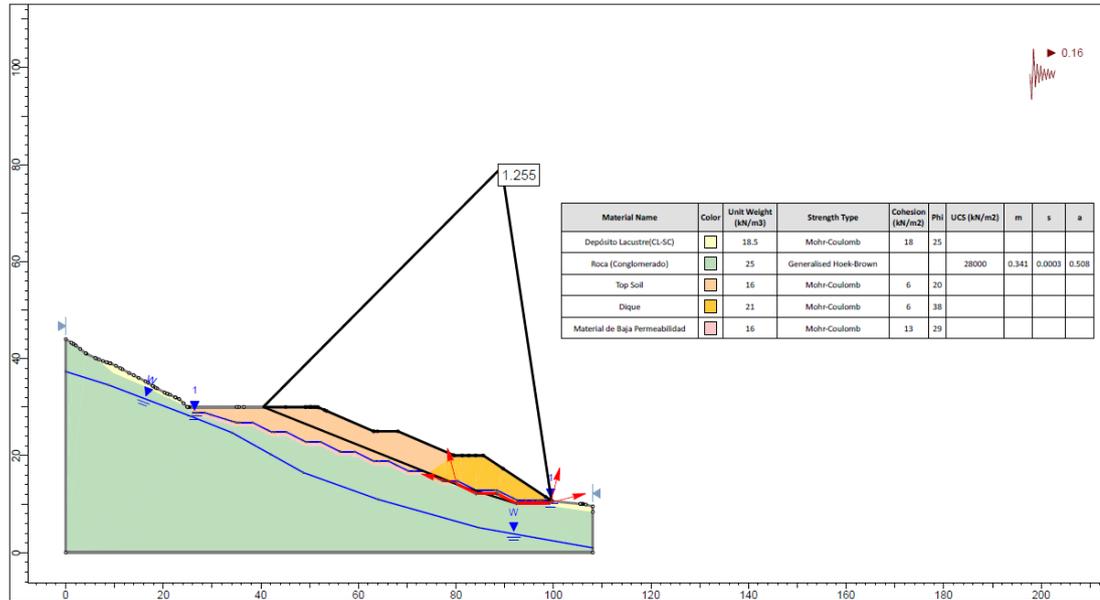


Figura 35

Sección A-A` Falla en bloque - Condición Pseudoestático



En la tabla 32 se presenta el resumen de los resultados obtenidos del análisis de estabilidad física.

Tabla 32

Resultados del análisis de equilibrio limite

Sección	Condición	Tipo de falla	Factor de seguridad	
			Estático	Pseudoestático (0.10g)
A	Proyectada	Circular	1.743	1.117
A	Proyectada	Bloque	1.852	1.255

En la Tabla 32 se observa que todos los factores de seguridad obtenidos en el depósito de top soil definitivo, se encuentran por encima de los valores mínimos definidos en los criterios de diseño, por lo tanto, se concluye que la configuración actual de las estructuras evaluadas presenta condiciones estables y cumplen los criterios de estabilidad para cierre.

5.7. DISEÑO CIVIL

El diseño civil del montón de tierra vegetal para la Unidad Minera Animón incluye diferentes fases y elementos de construcción necesarios para garantizar la estabilidad y funcionalidad del montón. El diseño incluye la excavación y preparación de la cimentación y la construcción de una base impermeable hecha de materiales con baja permeabilidad, que previene la filtración de contaminantes hacia el subsuelo.

Además, se prevé un sistema de subdrenaje para la adecuada disposición de aguas subterráneas y reducir el riesgo de presión de poros en el material acumulado, que se complementa con un estanque de monitoreo para controlar la calidad del agua en el sistema de drenaje. El diseño también contempla un dique inicial que sirve como contención inicial para el apilamiento de material, proporcionando soporte y ayuda para la operación de apilamiento. Finalmente, el drenaje superficial ha sido diseñado para remover el agua de lluvia y prevenir la erosión mientras se mantiene la estabilidad del montón. Este diseño integral facilita la gestión segura y eficiente del montón de tierra vegetal mientras asegura la estabilidad estructural y minimiza los impactos ambientales en el sitio.

Figura 36

Zona donde se va realizar el depósito de top soil



5.7.1. EXCAVACIÓN DE CIMENTACIÓN DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL

Con el fin de lograr una superficie de soporte y anclaje adecuada, la proyección para los trabajos de excavación tiene como objetivo eliminar el material rocoso superficial inadecuado y meteorizado (siltitas arenosas y lutitas), logrando una fundación estable, un tipo de fundación en escalón de acantilado.

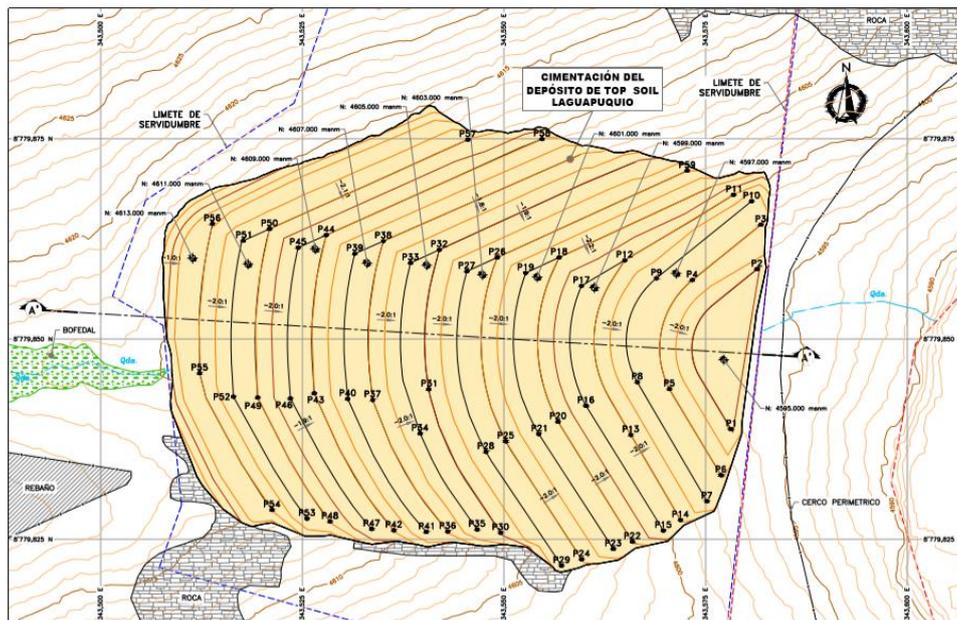
Tabla 33

Excavación de cimentación

Excavación de cimentación	Unidad	Cantidad
Área de cimentación 2D	m2	3,428.00
Área de cimentación 3D	m2	3,849.00
Corte total	m3	5,882.00

Figura 37

Cimentación del depósito de top soil



Las características geométricas de la superficie base de la excavación incluyen pendientes de 2:1 (H:V), anchos de los bancos que miden 3.0 m, con una altura de 2.0 m. Las siguientes figuras muestran la sección longitudinal y los detalles sobre los bancos.

Figura 38

Sección longitudinal A-A' de la cimentación del depósito de top soil

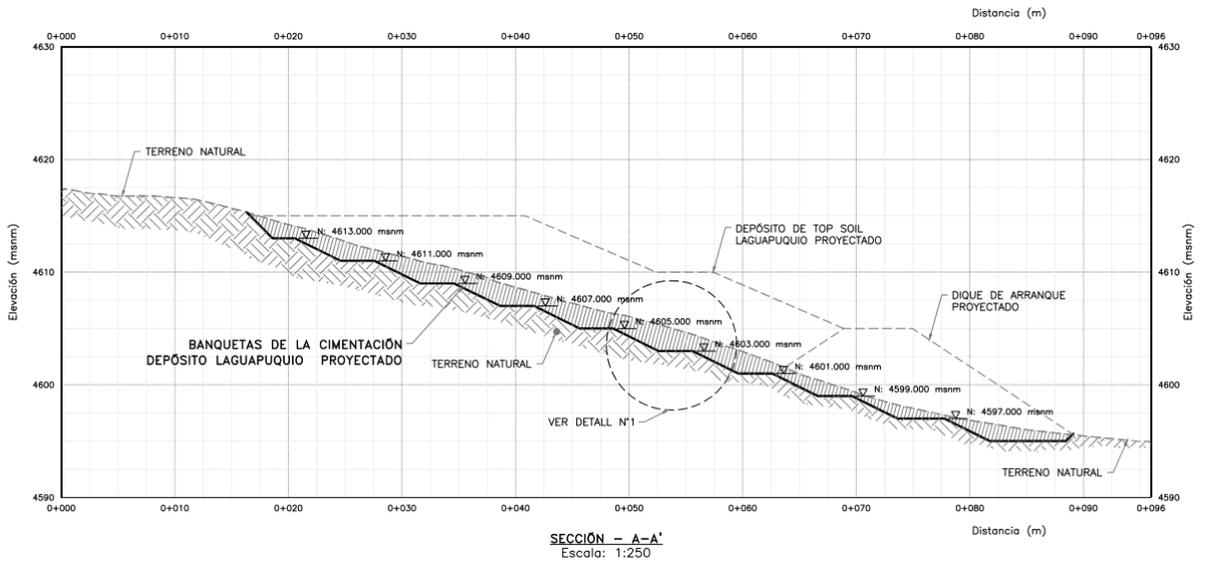
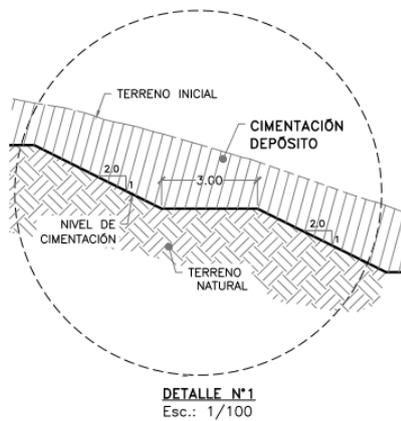


Figura 39

Detalle de la cimentación del depósito de top soil

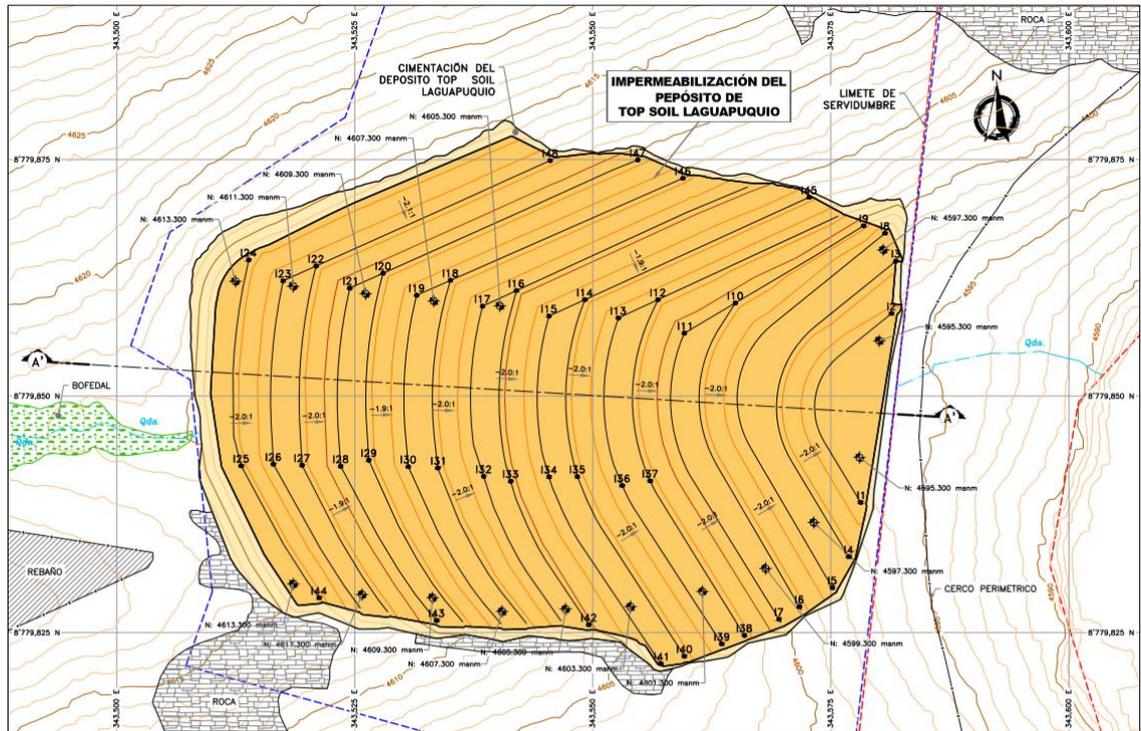


5.7.2. BASE IMPERMEABLE

Con el fin de evitar filtraciones no intencionadas de líquidos en la superficie, se consideran trabajos de impermeabilización en el depósito de suelo superior. La construcción de la capa de suelo superior impermeable tiene como objetivo detener el agua o cualquier líquido de saturar el suelo. La siguiente figura demuestra la impermeabilización de la parte inferior del depósito.

Figura 40

Detalle de la impermeabilización del depósito de top soil



Según la geometría proyectada, las cantidades (metrado) de esta partida se muestra en la siguiente tabla 34.

Tabla 34

Impermeabilización de la base

Impermeabilización	Unidad	Cantidad
Área de cimentación 2D	m ²	3,152.00
Área de cimentación 3D	m ²	3,435.00
Impermeabilización	m ³	924.00

Según la geometría proyectada, el material de baja permeabilidad será dispuesto en una capa de 0.30 m de espesor. Las siguientes figuras muestran el detalle de la impermeabilización de la base del depósito.

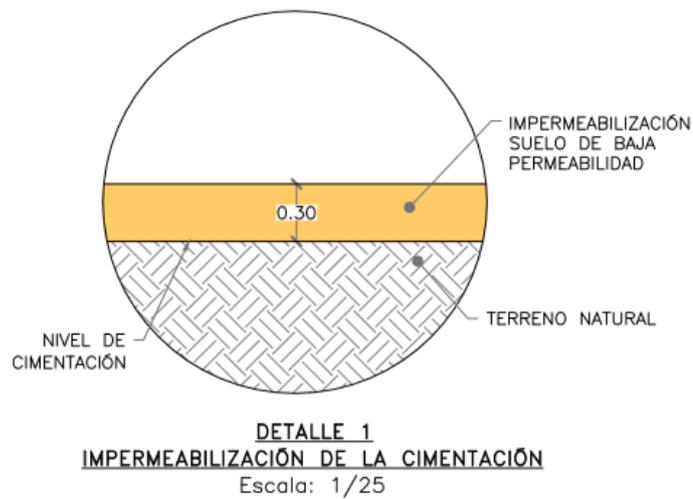
Figura 41

Detalle de la de la impermeabilización del depósito de top soil



Figura 42

Base de material de baja permeabilidad en el depósito de top soil



5.7.3. SUBDRENAJE DE INFILTRACIÓN DE AGUAS DE CONTACTO

Se propuso el sistema subdrenaje de infiltración de aguas de contacto este sistema está diseñado para recoger y drenar el agua que se infiltra en el depósito de top soil, evitando la acumulación de agua en el interior y reduciendo la presión de poros que podría comprometer la estabilidad del talud.

Este sistema se encuentra ubicado en la base del depósito y consiste en una red de conductos y materiales permeables que capturan las aguas de contacto (aquellas que han estado en contacto con el material almacenado) y las canalizan hacia una poza de monitoreo.

La función principal del subdrenaje es controlar y manejar eficazmente las infiltraciones para asegurar que el depósito mantenga condiciones estables y seguras, previniendo problemas de saturación y ayudando a proteger las capas impermeables en la base del depósito. Además, este sistema facilita el monitoreo de la calidad del agua, permitiendo identificar posibles alteraciones y prevenir el impacto ambiental en el entorno.

Figura 43

Sistema de drenaje para aguas de infiltración en el depósito de Top Soil

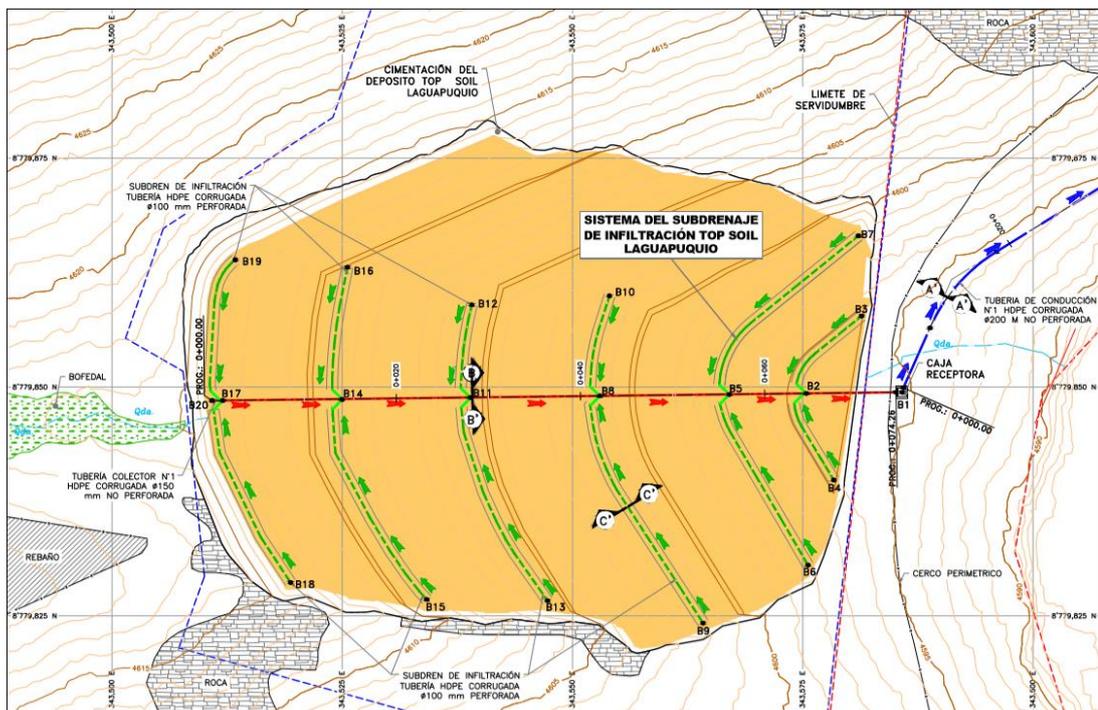


Figura 44

Sección A-A' de la tubería colectora



5.7.4. POZA DE MONITOREO

Con la finalidad de monitorear las aguas de contacto se tiene proyecto la siguiente poza.

Figura 45

Ubicación de la poza colectora

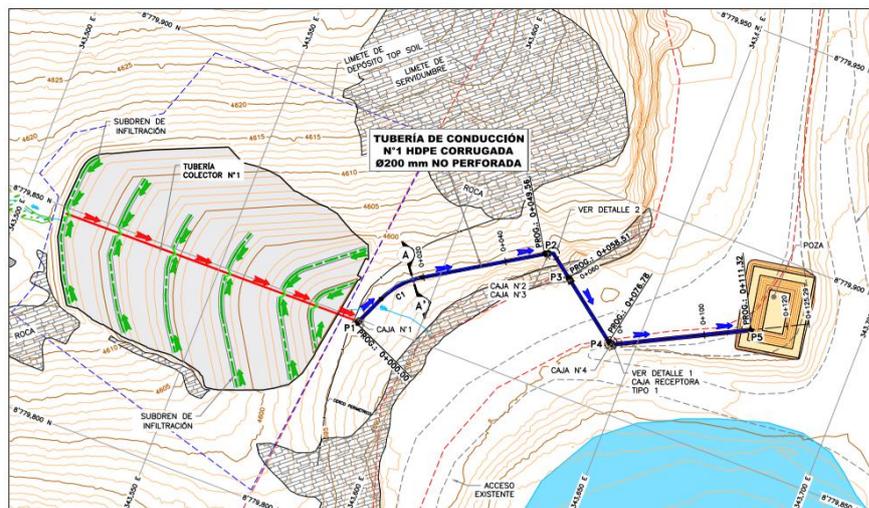


Figura 46

Vista en planta de la poza de monitoreo

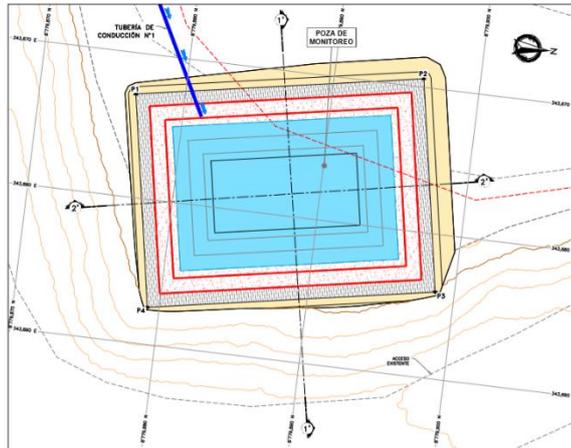


Figura 47

Sección 2-2' de la poza de monitoreo

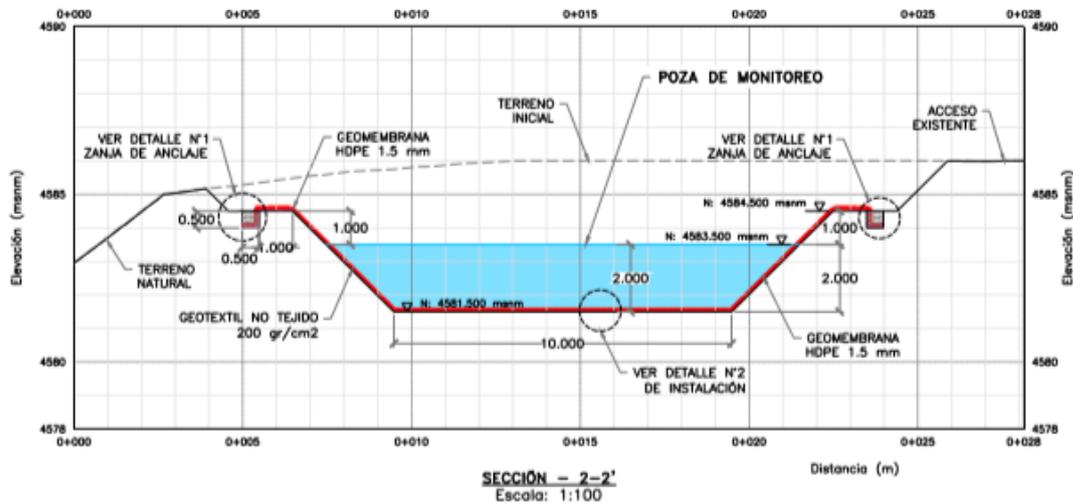


Tabla 35

Cuadro de metrados de la poza monitoreo

Impermeabilización	Unidad	Cantidad
Excavación de poza de monitoreo	m3	750.00
Geomembrana HDPE de 1.5mm	m2	350.00
Geotextil no tejido 300 gr/cm2	m2	350.00
Excavación de zanja de anclaje	m2	15.50
Relleno compactado con material propio	m3	14.00
Volumen de almacenamiento de agua	m3	172.75
Talud de la poza		1.0 H-1.0V
Área 3D de la poza	m2	286.19
Altura de la poza	m	3.00

5.7.5. DIQUE DE ARRANQUE

Se proyecta un dique de arranque que es un componente principal del depósito proyectado para sostener el apilamiento de material de top soil.

Tabla 36

Características del dique de arranque

Descripción	Característica
Nivel de la corona	4605 m.s.n.m.
Altura del dique	7.00 m
Ancho de banquetas	6.0 m
Talud del dique aguas abajo	1.5 H: 1.0 V

Según la geometría proyectada, las cantidades (metrado) de esta partida se muestra en la siguiente tabla 37.

Tabla 37

Excavación de cimentación

Excavación de cimentación	Unidad	Cantidad
Longitud	m	49.30
Área de conformación 2D	m ²	983.54
Área de conformación 3D	m ²	1,123.17
Relleno con material propio	m ³	3,781.60

Las siguientes figuras muestran el dique de arranque proyectado y una sección del mismo.

Figura 48

Dique de arranque en el depósito de top soil

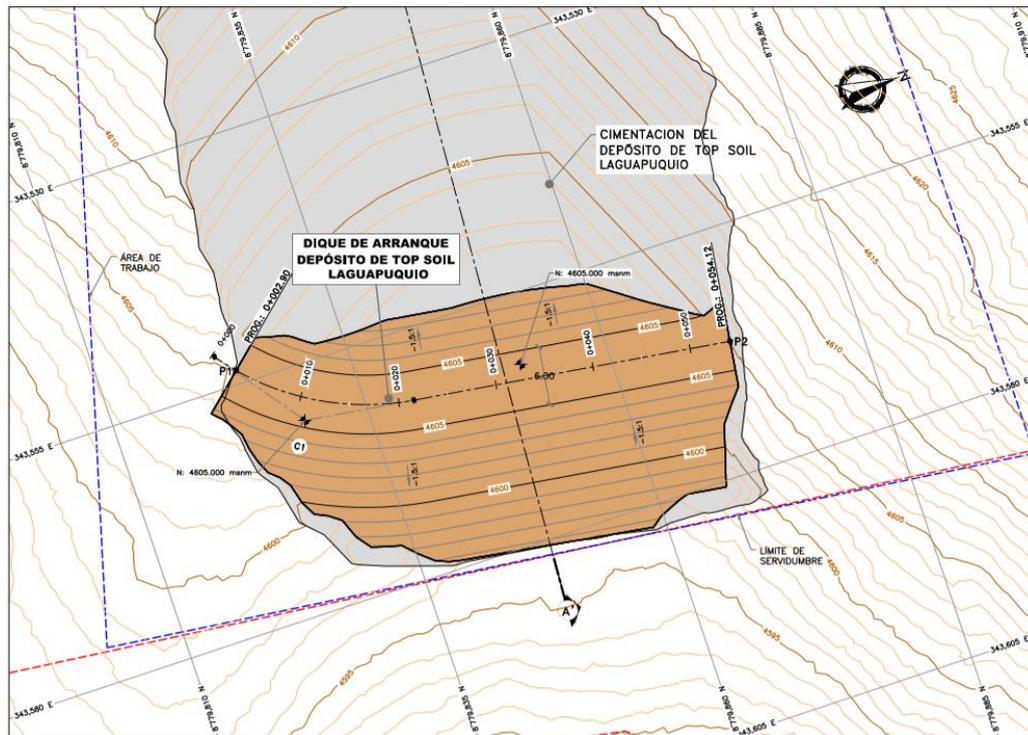
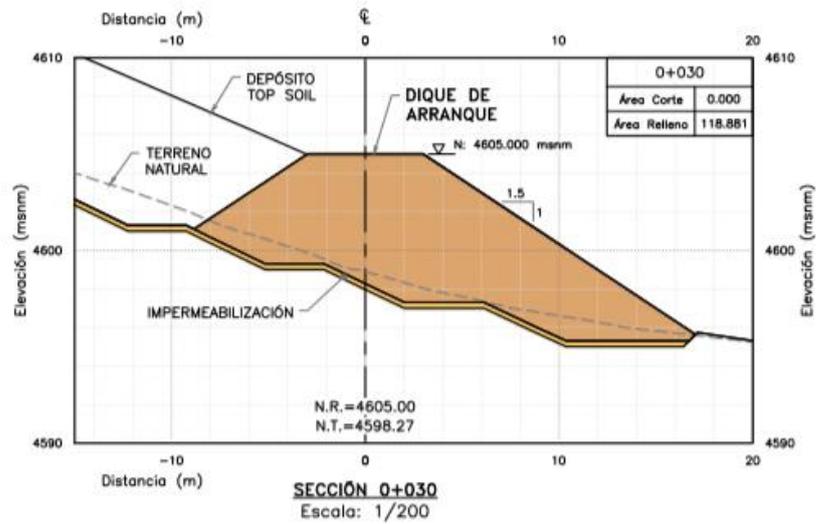


Figura 49

Dique de arranque progresiva 0+030 en el depósito de top soil

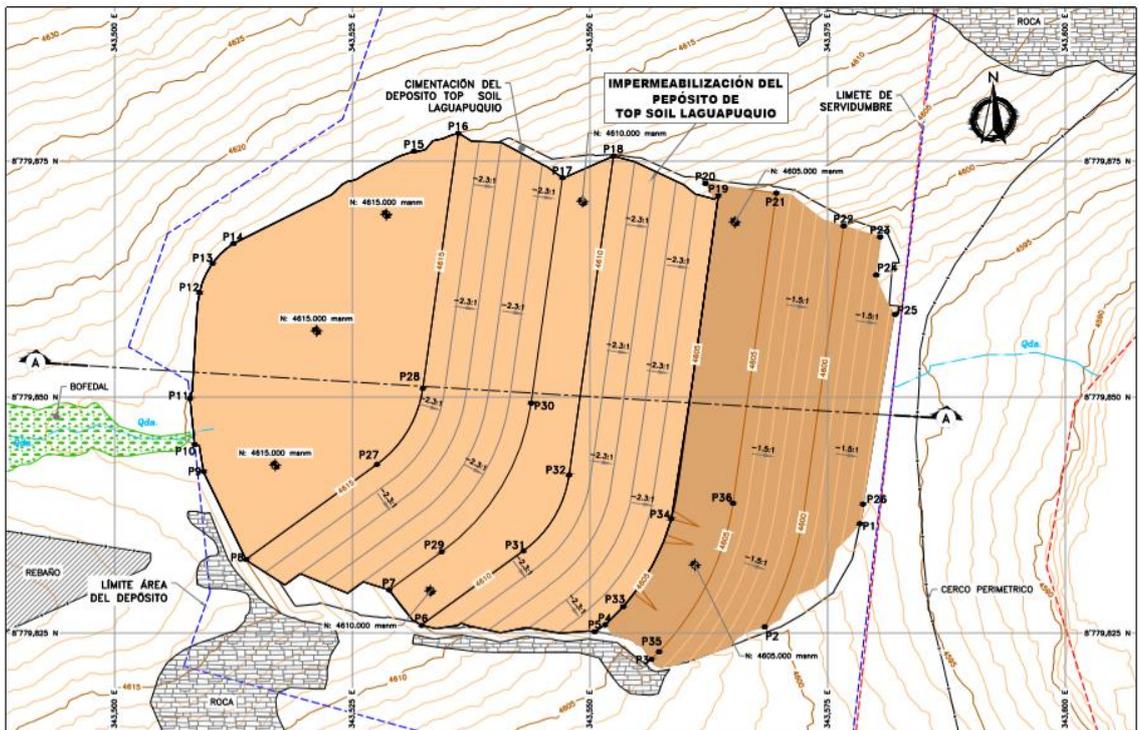


5.7.6. APILAMIENTO DE MATERIAL

Una vez concluida la impermeabilización, dique de arranque y el sistema de drenaje en la zona se procederá con la disposición y apilamiento del material. La siguiente figura muestra el apilamiento de material de top soil en el depósito.

Figura 50

Apilamiento de material en el depósito de top soil



Las características de la conformación del depósito de top soil se muestra en la siguiente tabla 38.

Tabla 38

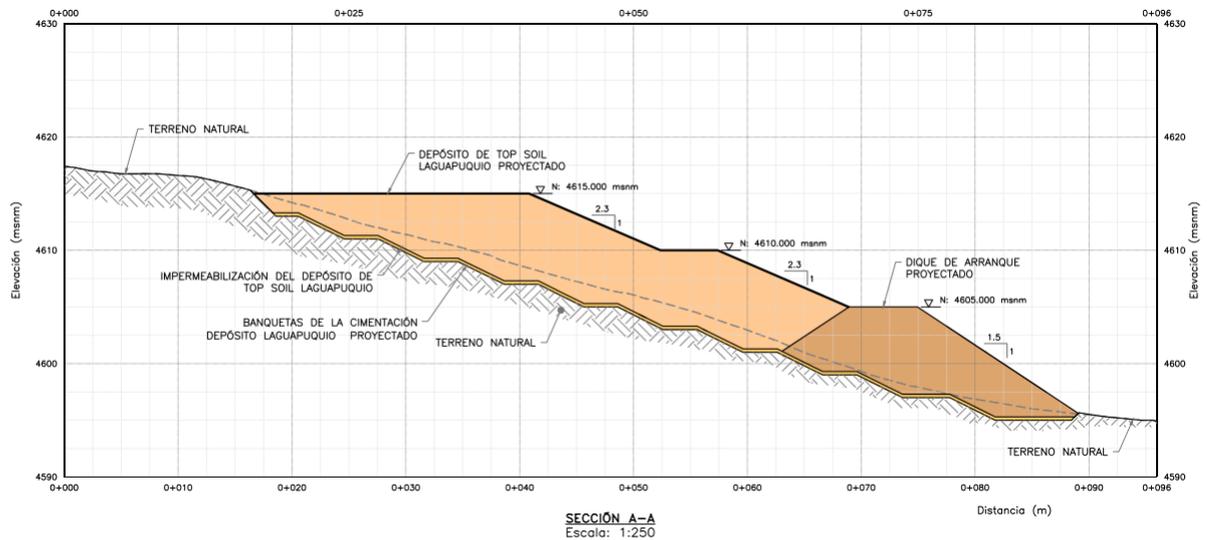
Características conformación de depósito

Descripción	Unidad	Característica
Cota máxima de conformación	msnm	4615
Ancho de banquetta	m	Variable
Altura de banco	m	5.00
Talud de conformación	H: V	2.3:1.0
Material a rellenar	-	Material de Top soil
Relleno con top soil	m3	9,116.00

Las siguientes figuras muestran la sección longitudinal y el apilamiento del material.

Figura 51

Sección longitudinal del apilamiento de material



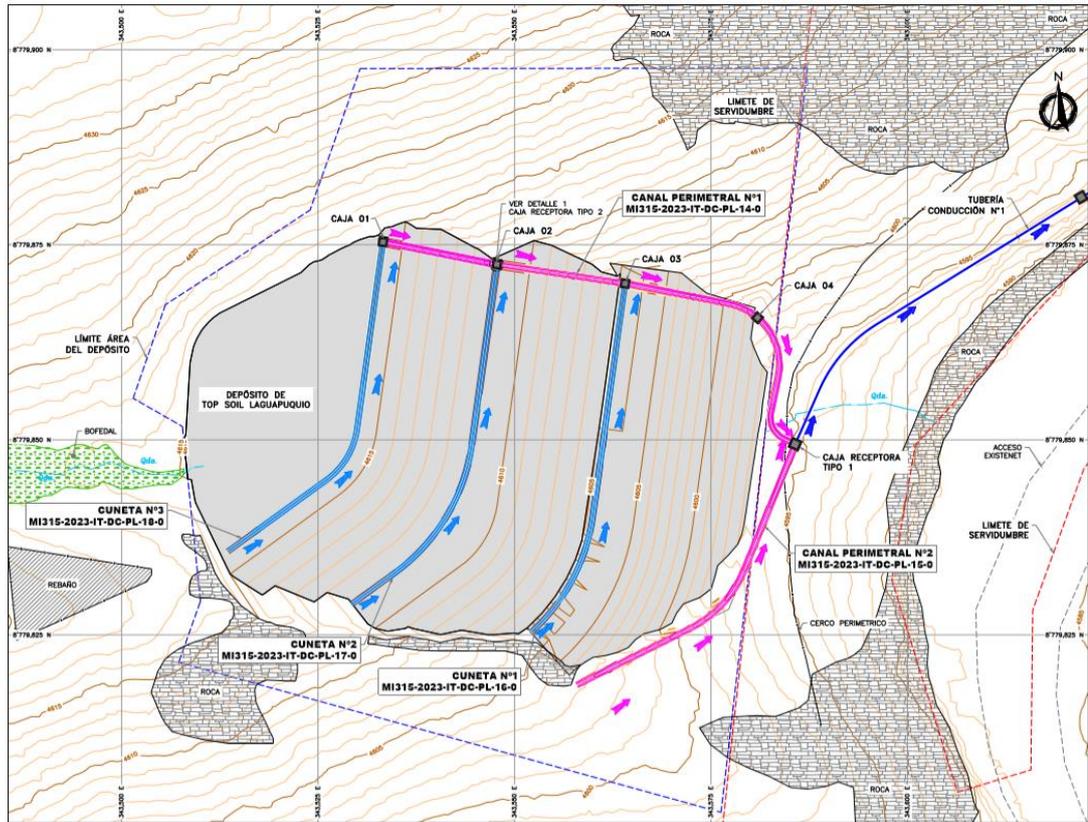
5.7.7. DRENAJE SUPERFICIAL

El drenaje superficial es una estructura diseñada para evacuar y conducir de manera eficiente la descarga de los flujos de agua que provienen de la precipitación pluvial (en el límite de la cabecera del depósito de material estéril), que puedan afectar la estabilidad interna del depósito.

Para el manejo de aguas de contacto se plantean 03 cunetas triangulares (color azul) y 02 canales perimetrales (color rosado). La siguiente figura muestra la vista en planta de las obras hidráulicas.

Figura 52

Vista en planta del sistema de manejo de aguas de contacto y no contacto



5.7.8. CANAL DE CORONACIÓN

Para el manejo de aguas de no contacto, se ha diseñado un canal de coronación de 199 m de largo, sección trapezoidal, material concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$, ubicado en el sector oeste del depósito. Las siguientes figuras muestra la ubicación de la obra hidráulica, vista en planta y perfil longitudinal del mismo.

Figura 53

Ubicación del canal de coronación

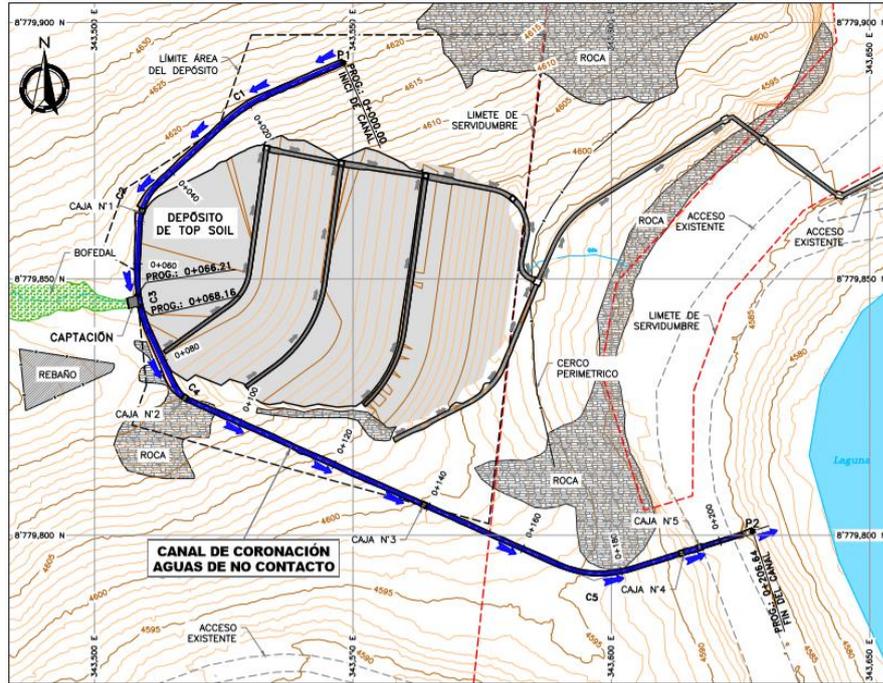


Figura 54

Perfil longitudinal del canal de coronación

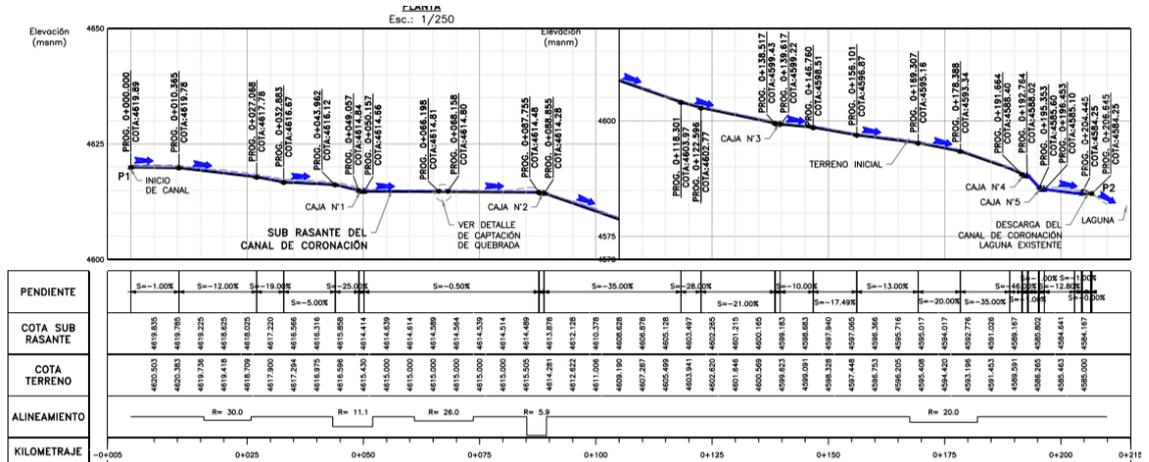
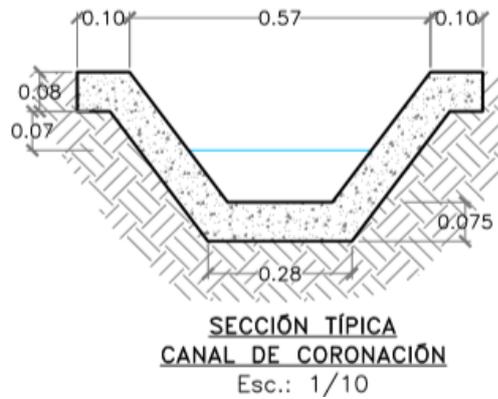


Figura 55

Sección típica del canal de coronación



Según la geometría proyectada, las cantidades (metrado) de esta partida se muestra en la siguiente tabla 39.

Tabla 39

Cuadro de metrados

Descripción	Unidad	Cantidad
Longitud	m	199.00
Área del canal proyectado	m ²	389.00
Excavación del canal	m ³	109.00
Concreto para el canal $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$	m ³	16.00
Área de la sección del canal	m ²	0.08

CONCLUSIONES

Contrastación de los resultados del trabajo de suficiencia profesional

Los resultados del análisis de la investigación geotécnica y el diseño del depósito de suelos superficiales se compararán con los objetivos definidos al inicio del proyecto. Con este capítulo, se demostrará el cumplimiento del objetivo general así como de los objetivos específicos que incluyen la caracterización geotécnica del suelo, la evaluación de la estabilidad física de la pendiente y la propuesta de un diseño geotécnico óptimo para la unidad minera Animón.

Con respecto al objetivo general

OG: Desarrollar un análisis geotécnico completo para el diseño y construcción de un depósito de top soil en la Unidad Minera Animón, distrito de Huallay, región Pasco, 2023. Asegurando la estabilidad y seguridad del talud en el sitio.

Se llevó a cabo un análisis geotécnico donde se caracterizó las propiedades físicas y mecánicas del suelo en la Unidad Minera Animón y que fue de gran utilidad para el diseño y construcción de un depósito de top soil estable y seguro. El estudio incluía la planificación de la cohesión, la densidad, el ángulo de fricción interna, así como el comportamiento del suelo en distintas condiciones, estáticas o pseudoestáticas.

Con la información recopilada, fue posible diseñar un depósito de tierra vegetal que cumple con los requisitos de estabilidad y seguridad de la pendiente en el sitio, incluso bajo cargas sísmicas. Los resultados del análisis implicaron que el diseño propuesto cumple con la integridad estructural de la pendiente mientras controla las probabilidades de movimiento o falla. Este diseño incluye de manera óptima medidas adecuadas de drenaje y retención, garantizando así la integridad funcional y estructural del depósito bajo las condiciones operativas y ambientales normales de la región.

Con respecto al objetivo específico 1

OE1: Realizar un estudio geotécnico para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo en el área de estudio en la Unidad Minera Animón, distrito de Huallay, región Pasco, 2023.

Se realizó un estudio geotécnico detallado en el área de estudio de la Unidad Minera Animon que permitió determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo. Esto incluyó determinar la cohesión, densidad, ángulo de fricción interna y contenido de humedad de las diferentes capas de suelo presentes en el sitio.

A través de pruebas de laboratorio, así como pruebas in situ, se caracterizaron las condiciones geotécnicas específicas del suelo, lo que permitió llevar a cabo el diseño de la pila de suelo superficial con un adecuado soporte geotécnico. Esta información proporcionó una mejor comprensión sobre cómo se consolida la resistencia del suelo y la respuesta a diferentes condiciones de carga, asegurando que el depósito configurado tenga en cuenta las condiciones reales del sitio y sea apropiadamente sensible a los requisitos de estabilidad y seguridad de la ladera.

Con respecto al objetivo específico 2

OE2: Evaluar la estabilidad física del depósito de top soil mediante análisis estructurales y de estabilidad de taludes en la Unidad Minera Animón, distrito de Huallay, región Pasco, 2023.

Se realizó una evaluación exhaustiva sobre la estabilidad física del depósito de suelo superficial a través de análisis estructural y estudios de estabilidad de taludes. Utilizando el software especializado Slide v7.0, se definieron las condiciones del modelo y del talud y se calcularon los factores de seguridad en diferentes secciones del depósito bajo condiciones estáticas y pseudostáticas.

Para este análisis, se utilizaron métodos como el de Spencer, donde se satisfacían las ecuaciones de equilibrio de fuerzas y momentos, garantizando un análisis de estabilidad preciso. Los resultados mostraron que el diseño

cumple con las recomendaciones internacionales sobre factores de seguridad, lo que confirma que el depósito es estable en el sentido amplio, lo que significa que las posibilidades de movimiento son muy bajas, incluso en escenarios sísmicos. Este análisis genera un nivel adecuado de confianza sobre la seguridad y protección del acopio de suelo superficial que descansa permanentemente en la Unidad de Minera Animón.

Con respecto al objetivo específico 3

OE3: Proponer un diseño geotécnico óptimo para el depósito de top soil, en la Unidad Minera Animón, distrito de Huallay, región Pasco, 2023.

Se ha considerado un diseño geotécnico que optimiza el drenaje del top soil, estableciendo su morfología así, como también los sistemas de escurrimiento. Este diseño se basa en el análisis geotécnico y de estabilidad realizado, utilizado para modificar la inclinación y altura del talud, con el objetivo de consolidar la estabilidad del talud en condiciones operativas y ambientales.

El diseño incluye un sistema de subdrenaje para controlar la infiltración de aguas de contacto, las cuales son dirigidas a una poza de monitoreo para su reporte y control de calidad. Por otro lado, un canal de coronación fue diseñado para Aguas de No Contacto, las cuales son dirigidas hacia una laguna natural para evitar el contacto con el material que se encuentra dentro el depósito.

Este diseño geotécnico para el depósito de top soil se ha cumplido con los parámetros de seguridad estructural y funcional del depósito de top soil de la Unidad Minera Animón, atendiendo a los requerimientos para el manejo de aguas de contacto y no contacto.

RECOMENDACIONES

- ✓ Para la organización: Geoservice Ingeniería S.A.C.

Se recomienda continuar con capacitaciones y actualización del personal en el uso de software especializado para análisis geotécnico, como Slide, para optimizar el diseño y la estabilidad de estructuras mineras.

Implementar sistemas avanzados de monitoreo de estabilidad de taludes y drenaje, como sensores de deformación y piezómetros, para identificar de manera temprana riesgos asociados a deslizamientos o acumulaciones de agua en los depósitos de top soil.

Ampliar los estudios hidrogeológicos y mejorar el diseño de sistemas de manejo de aguas de contacto y no contacto, asegurando su sostenibilidad en el tiempo y su integración con normativas ambientales vigentes.

- ✓ Para la facultad de Ingeniería Civil

Se recomienda abrir un curso integral que combine temas avanzados como diseño de presas de tierra, depósitos de relaves, estabilidad de taludes, sistemas de anclaje y muros reforzados, junto con el manejo de software especializado como Slide, Plaxis y Geo5. Esto permitirá a los estudiantes desarrollar competencias prácticas en el uso de herramientas fundamentales para el análisis y diseño en proyectos de infraestructura y minería, fortaleciendo su formación académica y su competitividad profesional.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Bowles, J. E. (1996). *Foundation Analysis and Design* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Braja, M. D. (2015). *Principles of Geotechnical Engineering* (9th ed.). Cengage Learning.
- Coduto, D. P., Yeung, M. C., & Kitch, W. A. (2010). *Geotechnical Engineering: Principles and Practices* (2nd ed.). Pearson.
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones* (Quinta ed.). México: Limusa.
- Das, B. M., & Sobhan, K. (2017). *Principles of Foundation Engineering* (9th ed.). Cengage Learning.
- Duncan, J. M., Wright, S. G., & Brandon, T. L. (2014). *Soil Strength and Slope Stability* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Fang, H. Y., & Daniels, J. L. (2006). *Introduction to Environmental Geotechnology* (2nd ed.). CRC Press.
- Holtz, R. D., Kovacs, W. D., & Sheahan, T. C. (2011). *An Introduction to Geotechnical Engineering* (2nd ed.). Pearson.
- Kramer, S. L. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*. Prentice Hall
- Lambe, T. W., & Whitman, R. V. (2008). *Soil Mechanics (SI Version)*. John Wiley & Sons.
- Manuel Borja S. (2016) *Metodología de la investigación científica para ingenieros Chiclayo-Perú*.
- MTC E 107. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. En MTC, *Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado* (págs. 45-49). Perú.
- MTC E 108. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. En MTC, *Determinación del Contenido de Humedad de un Suelo* (págs. 50-54). Perú.
- MTC E 110. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. En *Ensayo de Limite Líquido*. (págs. 68-72). Perú.

MTC E 111. (2016). Manual de Ensayo de Materiales. En Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de Plasticidad (I.P) (págs. 73-75). Perú.

Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). Soil Mechanics in Engineering Practice (3rd ed.). John Wiley & Sons.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Soria Requena, W. (2025). *Análisis geotécnico para el diseño de un depósito de top soil en la unidad minera Animón, distrito de Huallay, región Pasco, 2024* [Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 0497-2025-D-FI-UDH

Huánuco, 26 de marzo de 2025

Visto, el Oficio N° 0320-2025-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Suficiencia Profesional intitulado: "ANÁLISIS GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE UN DEPÓSITO DE TOP SOIL EN LA UNIDAD MINERA ANIMÓN, DISTRITO DE HUALLAY, REGIÓN PASCO, 2024", presentado por el (la) Bach. Wilfredo Farquet SORIA REQUENA.

CONSIDERANDO:

Que, según mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 2645-2024-D-FI-UDH, de fecha 28 de noviembre de 2024, se designó al jurado revisor que evaluará el Trabajo de Suficiencia Profesional, de la Bach. Wilfredo Farquet SORIA REQUENA, y;

Que, según Oficio N° 0320-2025-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Suficiencia Profesional intitulado: "ANÁLISIS GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE UN DEPÓSITO DE TOP SOIL EN LA UNIDAD MINERA ANIMÓN, DISTRITO DE HUALLAY, REGIÓN PASCO, 2024", presentado por el (la) Bach. Wilfredo Farquet SORIA REQUENA, integrado por los siguientes docentes: Mg. Yelen Lisseth Trujillo Ariza (Presidente), Mg. Ingrid Delia Dignarda Arteaga Espinoza (Secretario) y Mg. Alberto Carlos Jara Trujillo (Vocal), quienes declaran APTO para la Sustentación de su Trabajo de Suficiencia Profesional, y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Único. - APROBAR, el Trabajo de Suficiencia Profesional intitulado: "ANÁLISIS GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE UN DEPÓSITO DE TOP SOIL EN LA UNIDAD MINERA ANIMÓN, DISTRITO DE HUALLAY, REGIÓN PASCO, 2024", presentado por el (la) Bach. Wilfredo Farquet SORIA REQUENA para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil del Programa Académico de Ingeniería Civil, de la Universidad de Huánuco.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.
BCR/EJML/ntb.

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

RESOLUCIÓN N° 2443-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 05 de noviembre de 2024

Visto, el Oficio N° N° 1638-2024-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 514545-000009198, del Bach. Wilfredo Farquet SORIA REQUENA, quien solicita Asesor de Trabajo de Suficiencia Profesional, para que lo oriente en la elaboración de dicho Trabajo.

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 514545-000009198, presentado por el (la) Bach. Wilfredo Farquet SORIA REQUENA, quien solicita Asesor de Trabajo de Suficiencia Profesional, para que lo oriente en la elaboración de dicho Trabajo, el mismo que propone al Dr. Eric Segura Tito, como Asesor de Trabajo de Suficiencia Profesional, y;

Que, según lo dispuesto en el Título VI, Art. 59 y 60 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero.- DESIGNAR, como Asesor de Trabajo de Suficiencia Profesional del Bach. Wilfredo Farquet SORIA REQUENA, al Dr. Eric Segura Tito, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo.- El candidato tendrá un plazo máximo de 03 meses para presentar el Trabajo de Suficiencia Profesional, contados a partir de la fecha de designación de Docente Asesor. Vencido el plazo fijado, y si el candidato no hubiera podido culminar por motivo de fuerza mayor, debidamente comprobado, podrá solicitar ampliación del plazo, no pudiendo ser mayor de un mes. En caso de no solicitar ampliación del plazo estipulado se considerará en abandono el expediente, pudiendo el interesado reiniciar la gestión de optar por la modalidad de tesis.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Ibarruri Muñoz Lozano
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
DECANO
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIC – Asesor – Mat. y Reg. Acad – Interesado – Archivo.
BLCR/E/JML/ato.

**ANEXO 3
MATRIZ DE CONSISTENCIA**

TÍTULO: “ANÁLISIS GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE UN DEPÓSITO DE TOP SOIL EN LA UNIDAD MINERA ANIMÓN, DISTRITO DE HUALLAY, REGIÓN PASCO, 2024”

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO	VARIABLE	METODOLOGÍA
<p>Problema General: ¿Cómo desarrollar un diseño geotécnico seguro y estable para el depósito de top soil en la Unidad Minera Animón, que garantice la estabilidad de los taludes y minimice los riesgos de fallas estructurales y ambientales en condiciones estáticas y sísmicas?</p> <p>Problema Específico:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Qué propiedades físicas y mecánicas presentan los suelos en la zona del depósito de top soil, y cómo afectan estas características la estabilidad de los taludes en la Unidad Minera Animón? - ¿Cómo realizar un análisis geotécnico detallado que evalúe la estabilidad de los taludes del depósito de top soil, considerando diferentes ángulos de inclinación y cargas aplicadas en condiciones estáticas y pseudoestáticas, para garantizar la seguridad estructural y operacional en la Unidad Minera Animón? - ¿Qué parámetros técnicos y soluciones de ingeniería deben incorporarse en el diseño del depósito de top soil para asegurar su estabilidad estructural, manejo eficiente de aguas y sostenibilidad a largo plazo en la Unidad Minera Animón? 	<p>Objetivo general: Desarrollar un análisis geotécnico completo para el diseño y construcción de un depósito de top soil en la en la Unidad Minera Animón, distrito de Huallay, región Pasco, 2024., asegurando la estabilidad y seguridad del talud en el sitio.</p> <p>Objetivo específico:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar un estudio geotécnico para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo en el área de estudio en la Unidad Minera Animón, distrito de Huallay, región Pasco, 2024. - Evaluar la estabilidad física del depósito de top soil mediante análisis estructurales y de estabilidad de taludes en la Unidad Minera Animón, distrito de Huallay, región Pasco, 2024. - Proponer un diseño geotécnico óptimo para el depósito de top soil, en la Unidad Minera Animón, distrito de Huallay, región Pasco, 2024. 	<p>Variable dependiente: Diseño del Depósito de Top Soil</p> <p>Variable independiente: Análisis Geotécnico</p>	<p>Enfoque: El presente trabajo de investigación es de tipo cuantitativo</p> <p>Alcance o nivel: El alcance del presente trabajo de investigación es descriptivo.</p> <p>Diseño: El diseño del trabajo de investigación es no experimental transversal de tipo descriptivo.</p>

ANEXO 4 PANEL FOTOGRAFICO

En las siguientes figuras se muestran fotografías referentes a la inspección de campo y las investigaciones geotécnicas y topográficas realizadas a través de calicatas, densidad, permeabilidad y humedad in-situ.

Estacionamiento en un punto de control del equipo topográfico GPS diferencial



Altura del equipo topográfico y vuelo del Dron para la ortofoto correspondiente



Vista panorámica del depósito de material orgánico Laguapuquio



Vista panorámica del depósito de material orgánico Laguapuquio



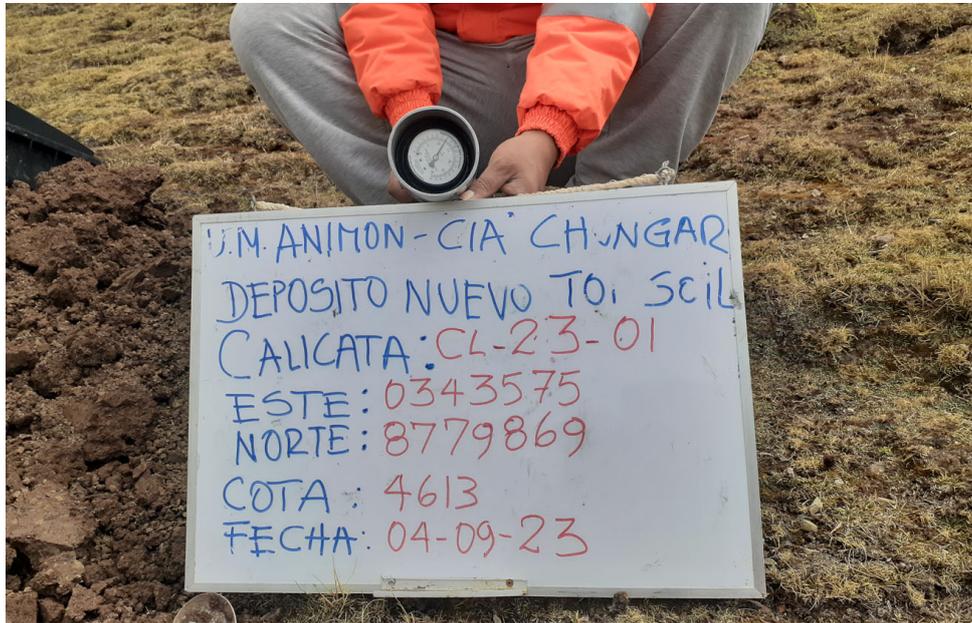
Ejecución de la calicata CL-23-01 y ensayo de densidad – Cono de arena



Ensayo de permeabilidad en campo en la calicata CL-23-01



Ensayo de humedad mediante equipo Speedy CL-23-01



Ejecución de la calicata CL-23-02 y ensayo de densidad – Cono de arena



Vista panorámica de calicata CL-23-03



Ensayo de permeabilidad en campo en la calicata CL-23-03



Ensayo de densidad - método de reemplazo por agua en la calicata CL-23-03



Vista panorámica de calicata CL-23-04



Ensayo de densidad - método cono de arena en la calicata CL-23-04



Ensayo de permeabilidad en campo en la calicata CL-23-04



Vista panorámica de calicata CL-23-05



Ensayo de permeabilidad en campo en la calicata CL-23-05



Ensayo de densidad - método de reemplazo por agua en la calicata CL-23-05



Vista panorámica de calicata CL-23-06



Presencia de basamento rocoso fracturado a una profundidad de 0.2 metros en la calicata CL-23-06



Ensayo de permeabilidad en campo en la calicata CL-23-06



Vista de adquisición de los ensayos sísmicos, línea RS-L-01/MW-L-01



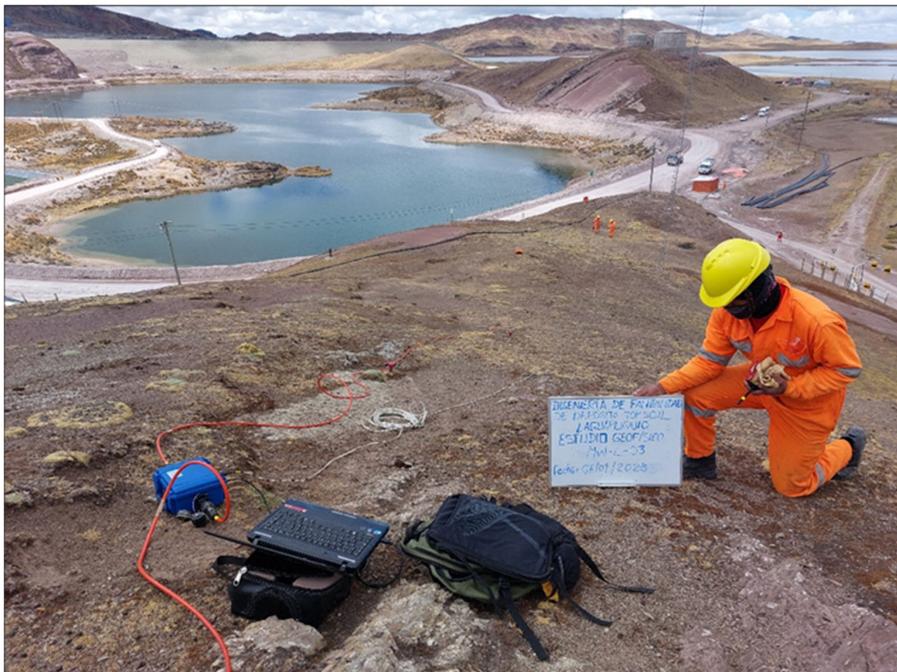
Vista de adquisición de los ensayos sísmicos, línea RS-L-02 / MW-L-05



Vista de adquisición de los ensayos sísmicos, línea RS-L-03 / MW-L-02



Vista de adquisición de los ensayos sísmicos, línea MW-L-03



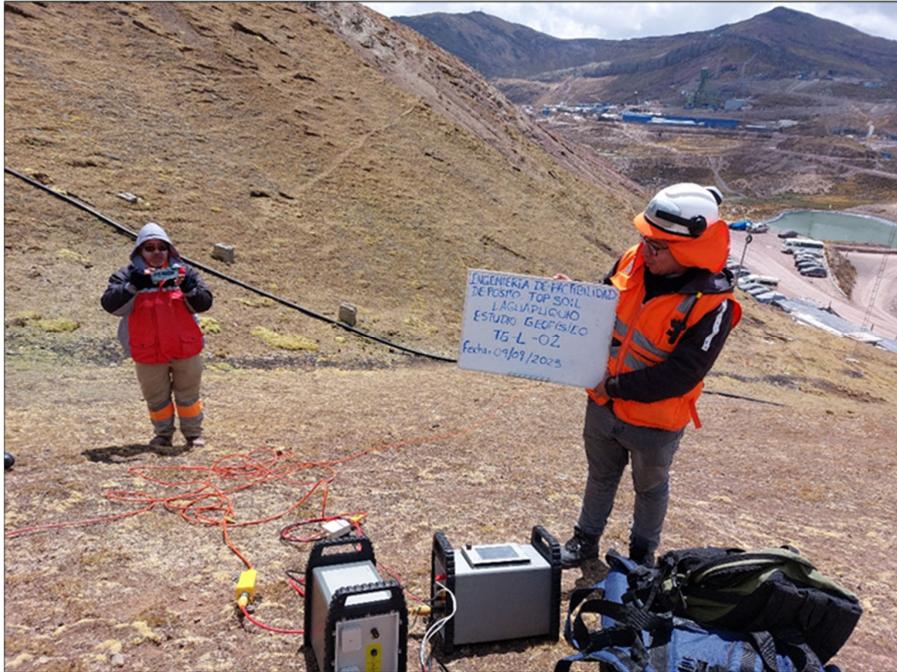
Vista de adquisición de los ensayos sísmicos, línea RS-L-04 / MW-L-04



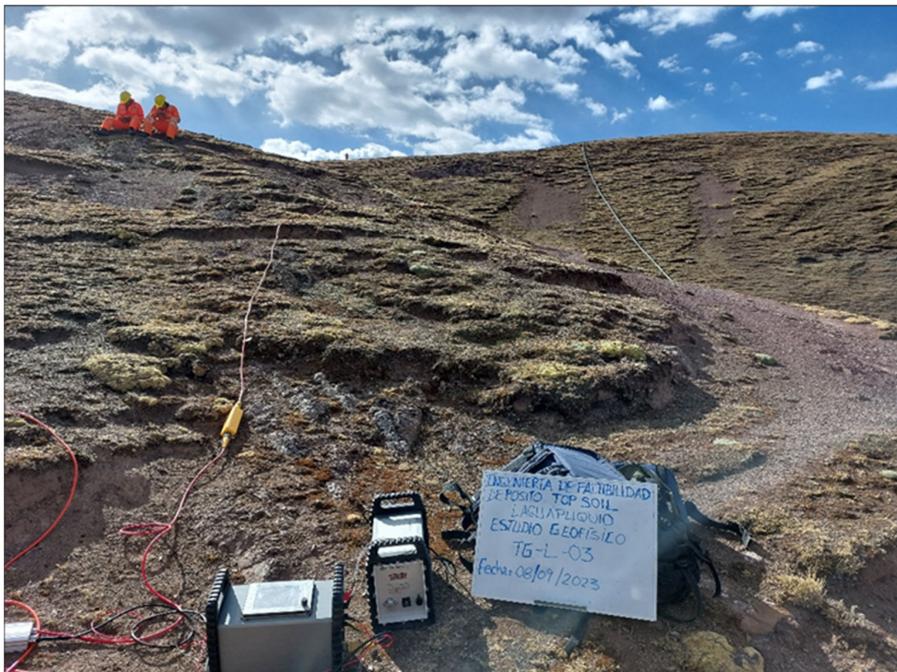
Vista de adquisición del ensayo geoelectrico. Línea TG-L-01



Vista de adquisición del ensayo geoelectrico. Línea TG-L-02



Vista de adquisición del ensayo geoelectrico. Línea TG-L-03



ANEXO 5

REGISTRO DE CALICATAS

PROYECTO:		INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DE DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN										
REGISTRO DE EXCAVACION												
Investigación :		CALICATA		Codigo :		CL-23-01						
Ubicación :		Deposito de material organico Lagunapueblo										
Este (m) :		343,575		Cliente :		Compañía Minera Chungar - Unidad Animón						
Norte (m) :		8,779,869		Consultor :		Geoservice Ambiental SAC						
Cota (msnm) :		4,601.8		Elaborado por :		Wilfredo Soria Requena						
Ancho (m) :		1.2		Revisado por :		Ing. Miguel Romero Falcón						
Largo (m) :		1.5		Aprobado por :		Ing. Nelson Arica Geronimo						
Profundidad (m) :		2.0										
Nivel Freatico :		No se encontro										
Fecha :		4/09/2023										
												
Prof. (m)	MUESTRA	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm ³)		(%LÍMITE LÍQUIDO)	(%LÍMITE PLÁSTICO)	PERMEABILIDAD K (cm/s)	GRANULOMETRÍA			SUCS	DESCRIPCIÓN
			D _h	D _s				% GRAYA	% A ARENA	% FINOS		
0.00												0.0-0.40 m: Cobertura de suelo organico, matriz de arena limosa con presencia de gravilla de textura angular de TM=3/8 pulgadas, ligera humedad, medianamente compacta, color café, presencia de raíces.
0.70												0.40-0.70 m: Arena limo arcillosa con gravilla, medianamente compacta, ligera humedad, color marrón.
1.00												0.70-1.0 m: Grava arcillosa, medianamente compacta, baja humedad, color marrón.
M-1												1.0 - 2.0 m: Arena arcillosa con grava de textura angular, baja humedad, color marrón.
2.00												
3.00												
4.00												
OBSERVACIONES:												
Elaborado por:				Revisado por:				Aprobado por:				
Firma: 				Firma: 				Firma: 				
Nombre : Wilfredo Soria Requena				Nombre : Ing. Miguel Romero Falcón				Nombre : Ing. Nelson Arica Geronimo				
Fecha : 11/09/2023				Fecha : 11/09/2023				Fecha : 11/09/2023				

	PROYECTO: INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DE DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN	
		Revisión: 0

REGISTRO DE EXCAVACION

Investigación : **CALICATA** Código : **CL-23-02**
 Ubicación : **Depósito de material orgánico Lagupapuio**
 Este (m) : 343,533 Cliente : **Compañía Minera Chungar - Unidad Animón**
 Norte (m) : 8,779,863 Consultor : **Geoservice Ambiental SAC**
 Cota (msnm) : 4,609.3 Elaborado por : **Wilfredo Soria Requena**
 Ancho (m) : 1.2 Revisado por : **Ing. Miguel Romero Falcón**
 Largo (m) : 1.5 Aprobado por : **Ing. Nelson Artica Geronimo**
 Profundidad (m) : 2.0
 Nivel Freático : **No se encontró**
 Fecha : 5/09/2023



Prof. (m)	MUESTRA	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm ³)		(%). LIMITE LIQUIDO	(%). INDICE PLASTICO	PERMEABILIDAD K (cm/s)	GRANULOMETRIA			GRÁFICO	SUCS	DESCRIPCION
			Dh	Ds				% GRAVA	% ARENA	% FINOS			
0.00													0.0-0.20 m : Cobertura de suelo organico, matriz arena limosa, presencia de raices, ligera humedad, color beige.
0.75													0.20-0.75 m: Limo, liegra plasticidad, medianamente compacto, ligera humedad, color café, presencia de raices.
1.00													0.75 - 1.25 m: Arcilla limosa con grava tamaño maximo 3/8 pulgada, medianamente compacta, baja humedad, color marrón.
1.25	M-1												1.25 - 2.0 m: Arcilla limosa con grava, compacta, baja humedad, color marrón.
2.00													
3.00													
4.00													

OBSERVACIONES:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Firma:	Firma:	Firma:
Nombre : Wilfredo Soria Requena	Nombre : Ing. Miguel Romero Falcón	Nombre : Ing. Nelson Artica Geronimo
Fecha : 11/09/2023	Fecha : 11/09/2023	Fecha : 11/09/2023

	PROYECTO: INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DE DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN	
		Revisión: 0

REGISTRO DE EXCAVACION

Investigación : **CALICATA** Código : **CL-23-03**
 Ubicación : **Depósito de material orgánico Laguapuquio**
 Este (m) : 343,510 Cliente : **Compañía Minera Chungar - Unidad Animón**
 Norte (m) : 8,779,851 Consultor : **Geoservice Ambiental SAC**
 Cota (msnm) : 4,614.6 Elaborado por : **Wilfredo Soria Requena**
 Ancho (m) : 1.2 Revisado por : **Ing. Miguel Romero Falcón**
 Largo (m) : 1.5 Aprobado por : **Ing. Nelson Artica Geronimo**
 Profundidad (m) : 0.7
 Nivel Freático : **No se encontró**
 Fecha : **5/09/2023**



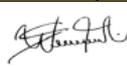
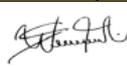
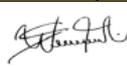
Prof. (m)	MUESTRA	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm ³)		(%) LIMITE LIQUIDO	(%) INDICE PLASTICO	PERMEABILIDAD K (cm/s)	GRANULOMETRIA			GRÁFICO	SUCS	DESCRIPCIÓN
			Dh	De				% GRAVA	% ARENA	% FINOS			
0.30	M-1												0.0-0.30 m: Cobertura de suelo organico, matriz arena limosa, medianamente compacta, ligera humedad, color beige.
0.70													0.30-0.70 m: Grava arcillosa, muy compacta, ligera humedad, color beige, presencia de clastos de roca de textura angular de tamaño maximo 8 pulgadas.
1.90													Mayor de 0.7 m: Se encontró basamento rocoso fracturado.
2.00													
3.00													
4.00													

OBSERVACIONES:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Firma: Nombre : Wilfredo Soria Requena Fecha : 11/09/2023	Firma: Nombre : Ing. Miguel Romero Falcón Fecha : 11/09/2023	Firma: Nombre : Ing. Nelson Artica Geronimo Fecha : 11/09/2023

PROYECTO:		INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DE DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN					Revisión: 0						
REGISTRO DE EXCAVACION													
Investigación :		CALICATA		Código :		CL-23-04							
Ubicación :		Depósito de material orgánico Lagupapuquio											
Este (m) :		343,572		Cliente :		Compañía Minera Chungar - Unidad Animón							
Norte (m) :		8,779,850		Consultor :		Geoservice Ambiental SAC							
Cota (msnm) :		4,596.8		Elaborado por :		Wilfredo Soria Requena							
Ancho (m) :		1.2		Revisado por :		Ing. Miguel Romero Falcón							
Largo (m) :		1.5		Aprobado por :		Ing. Nelson Artica Geronimo							
Profundidad (m) :		1.5											
Nivel Freático :		No se encontró											
Fecha :		4/09/2023											
													
Prof. (m)	MUESTRA	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm ³)		(% LÍMITE LÍQUIDO)	(% ÍNDICE PLÁSTICO)	PERMEABILIDAD K (cm/s)	GRANULOMETRÍA			GRÁFICO	SUCS	DESCRIPCIÓN
			Dh	Ds				% GRAVA	% ARENA	% FINOS			
0.40													0.0-0.40 m : Cobertura de suelo organico, limo con arena fina, medianamente denso, ligera humedad, color beige. Presencia de raices.
0.90													0.40-0.90 m : Turba, medianamente compacto, seco, color negro.
1.20													0.90 - 1.20 m : Arcilla, plastica, medianamente compacta, baja humedad, color plomo.
1.50	M-1												1.20 -1.50 m: Fragmentos de roca tamaño maximo 8 pulgadas con arcilla, muy compacta, baja humedad, color plomo.
2.00													Mayor de 2.0 m: Se encontró basamento rocoso fracturado
3.00													
4.00													
OBSERVACIONES:													
Elaborado por:				Revisado por:				Aprobado por:					
Firma: 				Firma: 				Firma: 					
Nombre : Wilfredo Soria Requena				Nombre : Ing. Miguel Romero Falcón				Nombre : Ing. Nelson Artica Geronimo					
Fecha : 11/09/2023				Fecha : 11/09/2023				Fecha : 11/09/2023					

PROYECTO:		INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DE DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN					Revisión: 0																	
REGISTRO DE EXCAVACION																								
Investigación :		CALICATA		Código :		CL-23-05																		
Ubicación :		Depósito de material orgánico Lagupapuquo																						
Este (m) :		343,556		Cliente :		Compañía Minera Chungar - Unidad Animón																		
Norte (m) :		8,779,833		Consultor :		Geoservice Ambiental SAC																		
Cota (msnm) :		4,604.5		Elaborado por :		Wilfredo Soria Requena																		
Ancho (m) :		1.2		Revisado por :		Ing. Miguel Romero Falcón																		
Largo (m) :		1.5		Aprobado por :		Ing. Nelson Artica Geronimo																		
Profundidad (m) :		0.7																						
Nivel Freático :		No se encontró																						
Fecha :		5/09/2023																						
Prof. (m)	MUESTRA	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm ³)		LÍMITE LIQUIDO (%)	ÍNDICE PLÁSTICO (%)	PERMEABILIDAD K (cm/s)	GRANULOMETRIA			GRÁFICO	SUCS	DESCRIPCIÓN											
			Dh	Ds				% GRAVA	% ARENA	% FINOS														
0.20	M-1												0.0-0.20 m: Cobertura de suelo orgánico, arena limosa, medianamente compacta, ligera humedad, color beige, presencia de raíces.											
0.70													0.20-0.70 m: Grava arcillosa, compacta, ligera humedad, color marrón.											
1.00													Mayor de 0.7 m: Se encontró basamento rocoso fracturado											
2.00																								
3.00																								
4.00																								
OBSERVACIONES:																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 33%;">Elaborado por:</th> <th style="width: 33%;">Revisado por:</th> <th style="width: 33%;">Aprobado por:</th> </tr> <tr> <td>Firma: </td> <td>Firma: </td> <td>Firma: </td> </tr> <tr> <td>Nombre : Wilfredo Soria Requena</td> <td>Nombre : Ing. Miguel Romero Falcón</td> <td>Nombre : Ing. Nelson Artica Geronimo</td> </tr> <tr> <td>Fecha : 11/09/2023</td> <td>Fecha : 11/09/2023</td> <td>Fecha : 11/09/2023</td> </tr> </table>													Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Firma: 	Firma: 	Firma: 	Nombre : Wilfredo Soria Requena	Nombre : Ing. Miguel Romero Falcón	Nombre : Ing. Nelson Artica Geronimo	Fecha : 11/09/2023	Fecha : 11/09/2023	Fecha : 11/09/2023
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:																						
Firma: 	Firma: 	Firma: 																						
Nombre : Wilfredo Soria Requena	Nombre : Ing. Miguel Romero Falcón	Nombre : Ing. Nelson Artica Geronimo																						
Fecha : 11/09/2023	Fecha : 11/09/2023	Fecha : 11/09/2023																						

PROYECTO:		INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DE DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN					Revisión: 0																	
REGISTRO DE EXCAVACION																								
Investigación : CALICATA		Código : CL-23-06																						
Ubicación : Depósito de material orgánico Laguapuquio																								
Este (m) : 343,570	Cliente : Compañía Minera Chungar - Unidad Animón																							
Norte (m) : 8,779,818	Consultor : Geoservice Ambiental SAC																							
Cota (msnm) : 4,600.6	Elaborado por : Wilfredo Soria Requena																							
Ancho (m) : 1.2	Revisado por : Ing. Miguel Romero Falcón																							
Largo (m) : 1.5	Aprobado por : Ing. Nelson Artica Geronimo																							
Profundidad (m) : 0.2																								
Nivel Freático : No se encontró																								
Fecha : 5/09/2023																								
Prof (m)	MUESTRA	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm ³)		LÍMITE LÍQUIDO (%)	ÍNDICE PLÁSTICO (%)	PERMEABILIDAD K (cm/s)	GRANULOMETRÍA			GRÁFICO	SUCS	DESCRIPCIÓN											
			Dh	De				% GRAVA	% ARENA	% FINOS														
0.10	M-1												0.0-0.10 m: Cobertura de suelo orgánico, matriz arena lisa, medianamente compacto, ligera humedad, color beige.											
													0.10-0.20 m: Grava limosa, medianamente compacta, ligera humedad, color beige.											
													Mayor de 0.2 m: Se encontró basamento rocoso fracturado.											
1.00																								
2.00																								
3.00																								
4.00																								
OBSERVACIONES:																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 33%;">Elaborado por:</th> <th style="width: 33%;">Revisado por:</th> <th style="width: 33%;">Aprobado por:</th> </tr> <tr> <td>Firma: </td> <td>Firma: </td> <td>Firma: </td> </tr> <tr> <td>Nombre : Wilfredo Soria Requena</td> <td>Nombre : Ing. Miguel Romero Falcón</td> <td>Nombre : Ing. Nelson Artica Geronimo</td> </tr> <tr> <td>Fecha : 11/09/2023</td> <td>Fecha : 11/09/2023</td> <td>Fecha : 11/09/2023</td> </tr> </table>													Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Firma: 	Firma: 	Firma: 	Nombre : Wilfredo Soria Requena	Nombre : Ing. Miguel Romero Falcón	Nombre : Ing. Nelson Artica Geronimo	Fecha : 11/09/2023	Fecha : 11/09/2023	Fecha : 11/09/2023
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:																						
Firma: 	Firma: 	Firma: 																						
Nombre : Wilfredo Soria Requena	Nombre : Ing. Miguel Romero Falcón	Nombre : Ing. Nelson Artica Geronimo																						
Fecha : 11/09/2023	Fecha : 11/09/2023	Fecha : 11/09/2023																						

ANEXO 6

ENSAYOS DE CAMPO

PROYECTO: "INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DE DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN"		Revisión: 0
Ubicación : Depósito de material orgánico Laguapuquio Cliente : Compañía Minera Chungar - Unidad Animón Consultor : Geoservice Ambiental SAC	Elaborado por : Wilfredo Soria Requena Revisado por : Ing. Renzo Abad Guevara Aprobado por : Ing. Miguel Romero Falcón	
ENSAYO DE CONTROL DE DENSIDAD DE CAMPO (ASTM D 5030-89) METODO DE REEMPLAZO POR AGUA		
<i>Dimensiones Plantilla circular de metal: 0.60 m</i>		
<i>Codigo</i>	<i>CL-23-03</i>	<i>CL-23-05</i>
<i>Coordenadas</i> <i>N</i>	8,779,851	8,779,833
<i>E</i>	343,510	343,556
<i>Cota</i> <i>(msnm)</i>	4614.592	4604.517
<i>Fecha de ensayo</i>	5/09/2023	5/09/2023
<i>Material</i>	<i>Cimentación</i>	<i>Cimentación</i>
1 <i>Densidad del agua</i> <i>(g/cm3)</i>	1.000	1.000
2 <i>Peso del agua</i> <i>(gr)</i>	42045	43238
3 <i>Volumen de Hoyo</i> <i>(cm3)</i>	42045	43238
4 <i>Peso del Suelo humedo</i> <i>(gr)</i>	88342	89524
5 <i>Densidad Húmeda</i> <i>(gr/cm3)</i>	2.101	2.070
CONTENIDO DE HUMEDAD		
ASTM 2216		
6 <i>Contenido de Humedad</i> <i>(%)</i>	5.2	6.6
7 <i>Densidad Seca</i> <i>(gr/cm3)</i>	1.997	1.942
Observaciones y Comentarios: Se determino el contenido de humedad in situ por el metodo de SPPEY		
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Firma: 	Firma:	Firma: 
Nombre : Wilfredo Soria Requena Fecha : 11/09/2023	Fecha	Nombre : Ing. Miguel Romero Falcón Fecha : 11/09/2023

LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD			
ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO (CONO DE ARENA - ASTM D-1556)			
		Rev. 0	23/05/2023
Proyecto: "INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DE DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN"			
Procedencia del Material : COMPANÍA MINERA CHUNGAR S.A.C.		Componente : Depósito de material orgánico Laguapuquio	
DENSIDAD IN SITU			
Calicata / Trinchera	CL-23-01	CL-23-02	CL-23-04
Fecha de ensayo	4/09/2023	5/09/2023	4/09/2023
Material	CIMENTACION	CIMENTACION	CIMENTACION
Coordenadas	N 8,779,869	8,779,863	8,779,850
Coordenadas	E 343,575	343,533	343,572
Cota	msnm 4601.804	4609.338	4596.811
1. Peso Equipo + Arena Inicial	g 7232	7417	7473
2. Peso equipo + Arena Retenida	g 2641	2542	2927
3. Peso Arena Empleada	g 4591	4875	4546
4. Peso Arena en Punta de Cono	g 1618	1618	1618
5. Peso Arena del Hoyo	g 2973	3257	2928
6. Densidad de Arena Seca	g 1.510	1.510	1.510
7. Volumen del Hoyo	gr/cm3 1969	2157	1939
8. Peso de Suelo	g 3673	3873	3522
12. Peso suelo pasante 3/4"	g 3673	3873	3522
13. Volumen del Suelo Pasante 3/4	cm3 1969	2157	1939
14. Densidad Humeda	g/ cm3 1.866	1.796	1.816
CONTENIDO DE HUMEDAD			
15. Peso recipiente + suelo humedo	g		
16. Peso recipiente + suelo seco	g		
17. Peso de agua	g	SPEDDY	
18. Peso de recipiente	g		
19. Peso de suelo seco	g		
20. Contenido de Humedad	% 7.60	8.10	3.40
COMPACTACIÓN			
21. Máxima densidad seca corregida	g/cm3		
22. Máxima densidad seca	g/cm3		
23. Optimo contenido de humedad	%		
24. Densidad seca	g/cm3 1.734	1.661	1.757
25. Grado de Compactacion	%		
Aprobado			
Desaprobado			
Comentarios: La densidad se realizó en la primera capa de exploración, a una profundidad promedio de 1.00 m			
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>Elaborado por:</p> <p>Nombre: </p> <p>Cargo : Ingeniero de Campo</p> <p>Fecha : 11/09/2023</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>Revisado por:</p> <p>Nombre: </p> <p>Cargo : Subgerente de proyectos</p> <p>Fecha : 11/09/2023</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>Aprobado por:</p> <p>Nombre: </p> <p>Cargo : Gerente de proyectos</p> <p>Fecha : 11/09/2023</p> </div> </div>			

ANEXO 7

ENSAYOS DE LABORATORIO

REGISTRO DE CONTROL								
CONTROL DE CALIDAD								
CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE INGENIERIA ASTM - D6913		COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR S.A.C						
		Revisión:	0					
		Fecha:	16/12/2021					
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO Y CONCRETO								
Nombre del proyecto: INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN								
Cliente : Compañía Minera Chungar S.A.C.		N° Registro: CL-23-01-01						
Contratista : Geoservice Ambiental SAC		Fecha: 12/09/2023						
DATOS DE LA MUESTRA								
Componente : Depósito de Top Soil Laguapuquio	Ubicación: CL-23-01	Elaborado : W.S.R						
		Muestra: M-1						
Material : Calicata	Estructura:							
Tamaño Máximo : 1"	Peso Inicial Seco: 6941 g							
TAMIZ	HTC E204 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
						Tipo:	C	
6"	152.000							Contenido de Humedad (%): 7.6
5"	126.600							Limite Líquido (LL): 32.9
4"	101.200				100.0			Limite Plástico (LP): 19.5
3"	75.800		0.0	0.0	100.0			Indice Plástico (IP): 13.4
2 1/2"	63.300		0.0	0.0	100.0			Clasificación (SUCS): CL
2"	50.800		0.0	0.0	100.0			Clasificación (AASHTO): A-6
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0			Indice de Grupo: (6)
1"	25.400	117.7	1.7	1.7	98.3			Descripción (AASHTO): MALO
3/4"	19.000	44.8	0.6	2.3	97.7			Modulo de Fineza:
1/2"	12.500	206.5	3.0	5.3	94.7			Materia Organica:
3/8"	9.500	177.2	2.6	7.9	92.1			Turba:
Nº 4	4.750	265.7	4.1	12.0	88.0			OBSERVACIONES:
Nº 8	2.360							Bolonería > 3": SI
Nº 10	2.000	46.0	0.6	20.1	79.9			Grava 3" - Nº 4: 12.0
Nº 16	1.190							Arena Nº 4 - Nº 200: 31.8
Nº 20	0.840	33.6	0.4	26.0	74.0			Finos < Nº 200: 56.2
Nº 30	0.600							Fraccion: 500.0
Nº 40	0.425	29.6	0.4	31.2	68.8			Observaciones:
Nº 50	0.300							
Nº 60	0.260	34.0	0.4	37.2	62.8			
Nº 80	0.177							
Nº 140	0.105	17.5	0.2	40.3	59.7			
Nº 200	0.075	19.8	0.2	43.8	56.2			
< Nº 200	FONDO	319.5	0.4	100.0				

Observaciones:

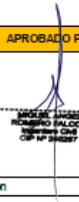
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Firma:	Firma: _____	Firma:
Nombre: Wilfredo Soria Requena		Nombre: Miguel Romero Falcon
Fecha: 12/09/2023		Fecha: 12/09/2023

REGISTRO DE CONTROL					
CONTROL DE CALIDAD					
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS - ASTM - D4318		COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR S.A.C			
		Revisión:	0		
		Fecha:	16/12/2021		
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO Y CONCRETO					
Nombre de proyecto: INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN					
Cliente : Compañía Minera Chungar S.A.C.		N° Registro: CL-23-01-01			
Contratista : Geoservice Ambiental SAC		Fecha: 12/09/2023			
DATOS DE LA MUESTRA					
Componente : Depósito de Top Soil Laguapuquio	Ubicación: CL-23-01	Elaborado : W.S.R			
Material : Calicata	Estructura:				
LIMITE LIQUIDO (MTC E110)					
Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		8	15	41	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	53.30	61.90	54.43	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	47.23	55.90	47.67	
PESO DE AGUA	(g)	6.07	6.00	6.76	
PESO DEL TARRO	(g)	28.42	37.97	28.24	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	18.81	17.93	19.43	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	32.27	33.46	34.79	
NUMERO DE GOLPES		30	22	12	
LIMITE PLASTICO (MTC E111)					
Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		4	46		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	29.20	29.34		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	28.69	28.65		
PESO DE AGUA	(g)	0.51	0.69		
PESO DEL TARRO	(g)	26.11	25.08		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	2.58	3.57		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	19.77	19.33		
RELACION HUMEDAD - NUMERO DE GOLPES					
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA					
LIMITE LIQUIDO	32.90				
LIMITE PLASTICO	19.55				
INDICE DE PLASTICIDAD	13.4				
Observaciones:					
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>					
Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
Firma:		Firma:		Firma:	
Nombre: Wilfredo Soria Requena		Nombre: Miguel Romero Faldon			
Fecha: 12/09/2023		Fecha: 12/09/2023		Fecha: 12/09/2023	

REGISTRO DE CONTROL				
CONTROL DE CALIDAD				
CONTENIDO DE HUMEDAD POR CALENTAMIENTO DIRECTO ASTM - D4959		COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR S.A.C		
		Revisión:	0	
		Fecha:	16/12/2021	
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO Y CONCRETO				
Nombre de proyecto: INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN				
Cliente : Compañía Minera Chungar S.A.C.		N° Registro: CL-23-01-01		
Contratista : Geoservice Ambiental SAC		Fecha: 12/09/2023		
DATOS DE LA MUESTRA				
Componente : Depósito de Top Soil Laguapuquio	Ubicación: CL-23-01	Elaborado : W.S.R		
Material : Calicata	Estructura:			
Descripción	Und.	Ensayos Material Integral		Promedio
Tara	Nº	1		
Peso Material Humedo + Tara (A)	g.	653.6		
Peso Material Seco + Tara (B)	g.	607.4		
Peso de Agua (A-B)	g.	46.2		
Peso de Tara (C)	g.	-		
Peso Neto de Material Seco (B-C)	g.	607.4		
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	7.6		7.6
Descripcion	Und.	Ensayos Material > 3/4		Promedio
Tara	Nº			
Peso Material Humedo + Tara (A)	g.			
Peso Material Seco + Tara (B)	g.			
Peso de Agua (A-B)	g.			
Peso de Tara (C)	g.			
Peso Neto de Material Seco (B-C)	g.			
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%			
Observaciones: _____				

ELABORADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:
Firma: 		Firma:		Firma: 
Nombre: Wilfredo Soría Requena				Nombre: Miguel Romero Falcon
Fecha: 12/09/2023				Fecha: 12/09/2023

INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN		
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS		
Proyecto :	INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN	
Investigación :	Calicata Cliente : Compañía Minera Chungar S.A.C.	
Componete :	Depósito de Top Soil Lagupapuquio Consultor : Geoservice Ambiental SAC	
Ubicación :	CL-23-01 Elaborado por : W.S.R	
Fecha :	12/09/2023	
PESOS ESPECIFICO DE LOS SUELOS (PICNOMETRO)		
ASTM D 854		
Investigación	CL-23-01	
Profundidad (m)	1.00-2.00	
1 N° de Muestra	1	
2 Tara + suelo húmedo (gr)	100.00	
3 Tara + suelo seco (gr)	99.60	
4 Peso del agua (gr) (2) - (3)	0.40	
5 Peso de la tara (gr)	0.00	
6 Peso del suelo seco (gr) (3) - (5)	99.60	
7 Peso del Picnómetro + agua+suelo seco (a la temp. del ensayo) (gr)	713.20	
8 Temperatura de ensayo (°C)	25.00	
9 Factor de Corrección "K", basado en el peso específico del agua a 20°C (a temperatura de ensayo)	0.9988	
10 Peso del picnometro mas agua a temp. Del ensayo, obtenido de Curva de calibración (gr)	650.20	
11 Peso Especifico de Sólidos $(6)^*(9)/((6)+(10)-(7))$	2.718	
Observaciones y Comentarios: Ensayo realizado para suelos con partículas menores que el tamiz de 2.38 mm (Nº8)		
ELABORADO POR	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Firma: 	Firma:	Firma: 
Nombre: Wilfredo Soria Requena		Nombre: Miguel Romero Falcon
Fecha:12/09/2023		Fecha:12/09/2023

INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN		COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR S.A.C	
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS			
Proyecto	INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN		
Investigación	: Calicata	Cliente	: Compañía Minera Chungar S.A.C.
Componente	: Depósito de Top Soil Laguapuquio	Consultor	: Geoservice Ambiental SAC
Ubicación	CL-23-01	Elaborado por	: W.S.R
Fecha	12/09/2023		
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN ASTM C 127			
	Investigación	CL-23-01	
	Profundidad (m)	1.00-2.00	
	SUCS	CL	
1	Nº de Muestra	1	
2	Peso en el aire de la muestra seca	240.00	
3	Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr)	270.00	
4	Peso sumergido en agua de la muestra saturada (gr)	142.00	
5	Gravedad Especifica Aparente (2)/((2)-(4))	2.449	
6	Gravedad Especifica Bulk (s.s.s) (3)/((3)-(4))	2.109	
7	Gravedad Especifica Bulk (2)/((3)-(4))	1.88	
8	% Absorción (((3)-(2))/((2))) * 100	12.50	
Observaciones y Comentarios:			
Ensayo realizado para suelos con partículas menores que el tamiz de 2.38 mm (Nº8)			
ELABORADO POR		REVISADO POR:	APROBADO POR:
Firma:		Firma:	 <small>INGENIERO CIVIL REGISTRADO EN CHILE Nº 10.000</small>
Nombre: Wilfredo Soria Requena		Nombre: Miguel Romero Falcon	
Fecha: 12/09/2023		Fecha: 12/09/2023	

REGISTRO DE CONTROL	
CONTROL DE CALIDAD	
CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE INGENIERIA ASTM - D6913	
COMPañIA MINERA CHUNGAR S.A.C	
Revisión:	0
Fecha:	12/12/2021

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO Y CONCRETO

Nombre del proyecto: INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPañIA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN	
Cliente : Compañía Minera Chungar S.A.C.	N° Registro: CL-23-02-01
Contratista : Geoservice Ambiental SAC	Fecha: 12/09/2023

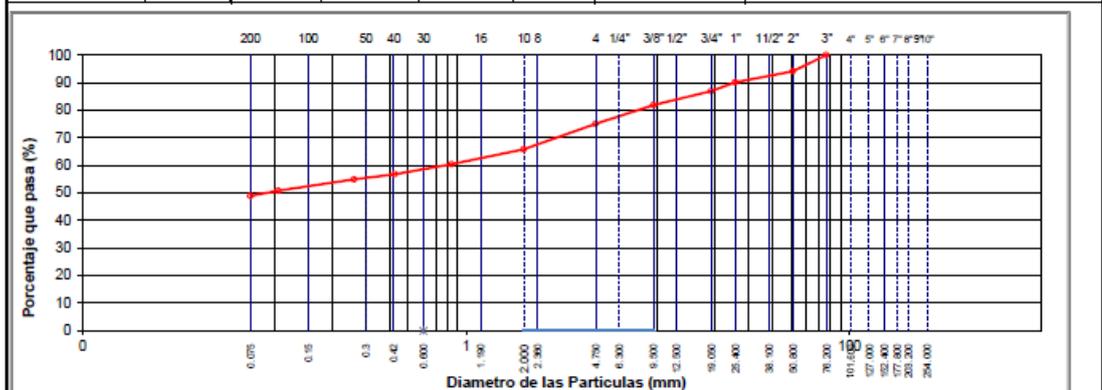
DATOS DE LA MUESTRA

Componente : Depósito de Top Soil Laguapuquilo	Ubicación: CL-23-02	Elaborado : W.S.R
Muestra: M-1		

Material : Calcata	Estructura:
---------------------------	--------------------

Tamaño Máximo : 2"	Peso Inicial Seco: 4776 g
---------------------------	----------------------------------

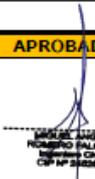
TAMIZ	MTS E204 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
6"	152.000						Contenido de Humedad (%): 8.1
5"	126.600						Limite Líquido (LL): 38.1
4"	101.200				100.0		Limite Plástico (LP): 20.3
3"	75.800		0.0	0.0	100.0		Indice de Plasticidad (IP): 17.8
2 1/2"	63.300		0.0	0.0	100.0		Clasificación (SUCS): SC
2"	50.800	283.0	5.9	5.9	94.1		Clasificación (AASHTO): A-6
1 1/2"	38.100	101.0	2.1	8.0	92.0		Indice de Grupo: (5)
1"	25.400	88.0	1.8	9.9	90.1		Descripción (AASHTO): MALO
3/4"	19.000	154.0	3.2	13.1	86.9		Modulo de Fineza:
1/2"	12.500	87.0	1.8	14.9	85.1		Materia Organica:
3/8"	9.500	155.0	3.2	18.2	81.8		Turba:
Nº 4	4.750	326.0	6.8	25.0	75.0		OBSERVACIONES :
Nº 8	2.360						Bolonera > 3": SI
Nº 10	2.000	61.4	9.2	34.2	65.8		Grava 3" - Nº 4: 25.0
Nº 16	1.190						Arena Nº4 - Nº 200: 26.1
Nº 20	0.840	36.0	5.4	39.6	60.4		Finos < Nº 200: 48.9
Nº 30	0.600						Fraccion: 500.0
Nº 40	0.425	24.2	3.6	43.2	56.8		Observaciones:
Nº 50	0.300						
Nº 60	0.260	12.7	1.9	45.1	54.9		
Nº 80	0.177						
Nº 140	0.105	27.1	4.1	49.2	50.8		
Nº 200	0.075	12.7	1.9	51.1	48.9		
< Nº 200	FONDO	325.9	48.9	100.0			



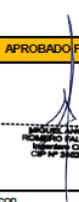
Observaciones: _____

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Firma:	Firma: _____	Firma:
Nombre: Wilfredo Soria Requena		Nombre: Miguel Romero Falcon
Fecha: 12/09/2023		Fecha: 12/09/2023

REGISTRO DE CONTROL					
CONTROL DE CALIDAD					
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS - ASTM - D4318		COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR S.A.C			
		Revisión:	0		
		Fecha:	16/12/2021		
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO Y CONCRETO					
Nombre de proyecto: INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN					
Cliente : Compañía Minera Chungar S.A.C.		N° Registro: CL-23-02-01			
Contratista : Geoservice Ambiental SAC		Fecha: 12/09/2023			
DATOS DE LA MUESTRA					
Componente : Depósito de Top Soil Laguapuquio	Ubicación: CL-23-02	Elaborado : W.S.R			
Material : Calicata	Estructura:				
LIMITE LIQUIDO (MTC E110)					
Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		8	15	41	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	64.06	49.46	63.16	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	57.88	42.59	56.41	
PESO DE AGUA	(g)	6.18	6.87	6.75	
PESO DEL TARRO	(g)	41.56	24.70	39.38	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	16.32	17.89	17.03	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	37.87	38.40	39.64	
NUMERO DE GOLPES		29	19	12	
LIMITE PLASTICO (MTC E111)					
Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		47	31		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	30.10	44.54		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	29.49	44.01		
PESO DE AGUA	(g)	0.61	0.53		
PESO DEL TARRO	(g)	26.57	41.32		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	2.92	2.69		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	20.89	19.70		
RELACION HUMEDAD - NUMERO DE GOLPES					
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA					
LIMITE LIQUIDO	38.05				
LIMITE PLASTICO	20.30				
INDICE DE PLASTICIDAD	17.5				
Observaciones:					
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>					
Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
Firma:		Firma:		Firma:	
Nombre: Wilfredo Soria Requena				Nombre: Miguel Romero Falcon	
Fecha: 12/09/2023				Fecha: 12/09/2023	

REGISTRO DE CONTROL				
CONTROL DE CALIDAD				
CONTENIDO DE HUMEDAD POR CALENTAMIENTO DIRECTO ASTM - D4959		COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR S.A.C		
		Revisión:	0	
		Fecha:	16/12/2021	
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO Y CONCRETO				
Nombre de proyecto: INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN				
Cliente : Compañía Minera Chungar S.A.C.		N° Registro: CL-23-02-01		
Contratista : Geoservice Ambiental SAC		Fecha: 12/09/2023		
DATOS DE LA MUESTRA				
Componente : Depósito de Top Soil Laguapuquio	Ubicación: CL-23-02	Elaborado : W.S.R		
Material : Calicata	Estructura:			
Descripción	Und.	Ensayos Material Integral		Promedio
Tara	Nº	1		
Peso Material Humedo + Tara (A)	g.	707.6		
Peso Material Seco + Tara (B)	g.	654.5		
Peso de Agua (A-B)	g.	53.1		
Peso de Tara (C)	g.	-		
Peso Neto de Material Seco (B-C)	g.	654.5		
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	8.1		8.1
Descripcion	Und.	Ensayos Material > 3/4		Promedio
Tara	Nº			
Peso Material Humedo + Tara (A)	g.			
Peso Material Seco + Tara (B)	g.			
Peso de Agua (A-B)	g.			
Peso de Tara (C)	g.			
Peso Neto de Material Seco (B-C)	g.			
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%			
Observaciones: _____				
ELABORADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:
Firma: 		Firma:		Firma: 
Nombre: Wilfredo Soria Requena				Nombre: Miguel Romero Falcon
Fecha: 12/09/2023				Fecha: 12/09/2023

INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN				
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS				
Proyecto :	INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN			
Investigación :	Calicata Cliente : Compañía Minera Chungar S.A.C.			
Componete :	Depósito de Top Soil Lagupapuquio Consultor : Geoservice Ambiental SAC			
Ubicación :	CL-23-02 Elaborado por : W.S.R			
Fecha :	12/09/2023			
PESOS ESPECIFICO DE LOS SUELOS (PICNOMETRO)				
ASTM D 854				
	Investigación	CL-23-02		
	Profundidad (m)	1.25-2.00		
1	Nº de Muestra	1		
2	Tara + suelo húmedo (gr)	100.00		
3	Tara + suelo seco (gr)	99.60		
4	Peso del agua (gr) (2) - (3)	0.40		
5	Peso de la tara (gr)	0.00		
6	Peso del suelo seco (gr) (3) - (5)	99.60		
7	Peso del Picnómetro + agua+suelo seco (a la temp. del ensayo) (gr)	712.20		
8	Temperatura de ensayo (°C)	25.00		
9	Factor de Corrección "K", basado en el peso específico del agua a 20°C (a temperatura de ensayo)	0.9988		
10	Peso del picnometro mas agua a temp. Del ensayo, obtenido de Curva de calibración (gr)	649.70		
11	Peso Especifico de Sólidos $(6) \cdot (9) / ((6) + (10) - (7))$	2.681		
Observaciones y Comentarios: Ensayo realizado para suelos con partículas menores que el tamiz de 2.38 mm (Nº6)				
ELABORADO POR		REVISADO POR:		APROBADO POR:
Firma:		Firma:		Firma: 
Nombre: Wilfredo Soria Requena		Nombre: Miguel Romero Falcon		
Fecha: 12/09/2023		Fecha: 12/09/2023		

INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN		COMPañIA MINERA CHUNGAR S.A.C	
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS			
Proyecto	INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN		
Investigación	: Calicata	Ciente	: Compañía Minera Chungar S.A.C.
Componente	: Depósito de Top Soil Laguapuquio	Consultor	: Geoservice Ambiental SAC
Ubicación	CL-23-02	Elaborado por	: W.S.R
Fecha	12/09/2023		
GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN ASTM C 127			
	Investigación	CL-23-02	
	Profundidad (m)	1.25-2.00	
	SUCS	SC	
1	Nº de Muestra	1	
2	Peso en el aire de la muestra seca	744.00	
3	Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr)	810.00	
4	Peso sumergido en agua de la muestra saturada (gr)	404.00	
5	Gravedad Específica Aparente (2)/((2)-(4))	2.188	
6	Gravedad Específica Bulk (s.s.s) (3)/((3)-(4))	1.995	
7	Gravedad Específica Bulk (2)/((3)-(4))	1.83	
8	% Absorción (((3)-(2))/(2))*100	8.87	
Observaciones y Comentarios: Ensayo realizado para suelos con partículas menores que el tamiz de 2.38 mm (Nº8)			
ELABORADO POR		REVISADO POR:	
Firma:		Firma:	
Nombre: Wilfredo Soria Requena		Nombre: Miguel Romero Falcon	
Fecha: 12/09/2023		Fecha: 12/09/2023	

REGISTRO DE CONTROL		CONTROL DE CALIDAD						
CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE INGENIERIA ASTM - D6913		COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR S.A.C						
		Revisión:	0					
		Fecha:	16/12/2021					
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO Y CONCRETO								
Nombre del proyecto: INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN								
Cliente : Compañía Minera Chungar S.A.C.		N° Registro: CL-23-03-01						
Contratista : Geoservice Ambiental SAC		Fecha: 12/09/2023						
DATOS DE LA MUESTRA								
Componente : Depósito de Top Soil Laguapuquilo		Ubicación: CL-23-03	Elaborado : W.S.R					
Material : Calicata		Muestra: M-1						
Tamaño Máximo : 2 1/2"		Estructura:						
		Peso Inicial Seco: 5011 g						
TAMIZ	HTC E204	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	Tipos	C		
6"	152.000							Contenido de Humedad (%): 5.2
5"	126.600							Limite Líquido (LL): 39.2
4"	101.200				100.0			Limite Plástico (LP): 20.5
3"	75.800		0.0	0.0	100.0			Indice Plástico (IP): 18.7
2 1/2"	63.300	438	8.7	8.7	91.3			Clasificación (SUCS): GC
2"	50.800	304.0	6.1	14.8	85.2			Clasificación (AASHTO): A-2-6
1 1/2"	38.100	271.0	5.4	20.2	79.8			Indice de Grupo: (1)
1"	25.400	440.0	8.8	29.0	71.0			Descripción (AASHTO): REGULAR
3/4"	19.000	275.0	5.5	34.5	65.5			Modulo de Fineza:
1/2"	12.500	214.0	4.3	38.8	61.2			Materia Organica:
3/8"	9.500	244.0	4.9	43.6	56.4			Turba:
Nº 4	4.750	398.0	7.9	51.6	48.4			OBSERVACIONES:
Nº 8	2.360							Bolonería > 3": SI
Nº 10	2.000	62.2	6.0	57.6	42.4			Grava 3" - Nº 4: 51.6
Nº 16	1.190							Arena Nº4 - Nº 200: 19.0
Nº 20	0.840	34.4	3.3	60.9	39.1			Finos < Nº 200: 29.5
Nº 30	0.600							Fraccion: 500.0
Nº 40	0.425	32.1	3.1	64.0	36.0			Observaciones:
Nº 50	0.300							
Nº 60	0.260	22.6	2.2	66.2	33.8			
Nº 80	0.177							
Nº 140	0.105	35.0	3.4	69.6	30.4			
Nº 200	0.075	9.4	0.9	70.5	29.5			
< Nº 200	FONDO	304.3	29.5	100.0				

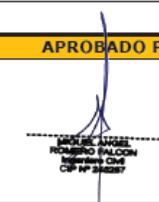
Distribución Granulométrica

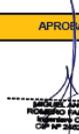
Observaciones:

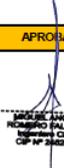
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Wilfredo Soria Requena		Nombre: Miguel Romero Falcon
Fecha: 12/09/2023		Fecha: 12/09/2023

REGISTRO DE CONTROL					
CONTROL DE CALIDAD					
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS - ASTM - D4318		COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR S.A.C			
		Revisión:	0		
		Fecha:	16/12/2021		
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO Y CONCRETO					
Nombre de proyecto: INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN					
Cliente : Compañía Minera Chungar S.A.C.		N° Registro: CL-23-03-01			
Contratista : Geoservice Ambiental SAC		Fecha: 12/09/2023			
DATOS DE LA MUESTRA					
Componente : Depósito de Top Soil Laguapuquilo	Ubicación: CL-23-03	Elaborado : W.S.R			
Material : Calicata	Estructura:				
LIMITE LIQUIDO (MTC E110)					
Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		13	17	29	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	49.06	54.41	52.17	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	42.51	47.19	45.12	
PESO DE AGUA	(g)	6.55	7.22	7.05	
PESO DEL TARRO	(g)	25.53	29.07	27.81	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	16.98	18.12	17.31	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	38.57	39.85	40.73	
NUMERO DE GOLPES		30	21	12	
LIMITE PLASTICO (MTC E111)					
Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		47	31		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	28.47	32.41		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	27.95	31.90		
PESO DE AGUA	(g)	0.52	0.51		
PESO DEL TARRO	(g)	25.49	29.34		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	2.46	2.56		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	21.14	19.92		
RELACION HUMEDAD - NUMERO DE GOLPES					
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA					
LIMITE LIQUIDO	39.20				
LIMITE PLASTICO	20.53				
INDICE DE PLASTICIDAD	18.7				
Observaciones: _____					

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
Firma:		Firma:		Firma:	
Nombre: Wilfredo Soria Requena				Nombre: Miguel Romero Falcon	
Fecha: 12/09/2023				Fecha: 12/09/2023	

REGISTRO DE CONTROL				
CONTROL DE CALIDAD				
CONTENIDO DE HUMEDAD POR CALENTAMIENTO DIRECTO ASTM - D4959		COMPANÍA MINERA CHUNGAR S.A.C		
		Revisión:	0	
		Fecha:	16/12/2021	
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO Y CONCRETO				
Nombre de proyecto: INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPANÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN				
Cliente	: Compañía Minera Chungar S.A.C.	Nº Registro:	CL-23-03-01	
Contratista	: Geoservice Ambiental SAC	Fecha:	12/09/2023	
DATOS DE LA MUESTRA				
Componente	: Depósito de Top Soil Laguapuquio	Ubicación:	CL-23-03	
		Elaborado :	W.S.R	
Material	: Calicata	Estructura:		
Descripción	Und.	Ensayos Material Integral		Promedio
Tara	Nº	1		
Peso Material Humedo + Tara (A)	g.	633.6		
Peso Material Seco + Tara (B)	g.	602.1		
Peso de Agua (A-B)	g.	31.5		
Peso de Tara (C)	g.	-		
Peso Neto de Material Seco (B-C)	g.	602.1		
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	5.2		5.2
Descripción	Und.	Ensayos Material > 3/4		Promedio
Tara	Nº			
Peso Material Humedo + Tara (A)	g.			
Peso Material Seco + Tara (B)	g.			
Peso de Agua (A-B)	g.			
Peso de Tara (C)	g.			
Peso Neto de Material Seco (B-C)	g.			
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%			
Observaciones:				
ELABORADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:
Firma:		Firma:		Firma: 
Nombre: Wilfredo Soria Requena		Nombre: Miguel Romero Falcon		
Fecha: 12/09/2023		Fecha: 12/09/2023		

INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN					
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS					
Proyecto :	INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN				
Investigación :	Calicata Cliente : Compañía Minera Chungar S.A.C.				
Componete :	Depósito de Top Soil Laguapuquio Consultor : Geoservice Ambiental SAC				
Ubicación :	CL-23-03 Elaborado por : W.S.R				
Fecha :	12/09/2023				
PESOS ESPECIFICO DE LOS SUELOS (PICNOMETRO)					
ASTM D 854					
	Investigación	CL-23-03			
	Profundidad (m)	0.30-0.70			
1	Nº de Muestra	1			
2	Tara + suelo húmedo (gr)	100.00			
3	Tara + suelo seco (gr)	99.50			
4	Peso del agua (gr) (2) - (3)	0.50			
5	Peso de la tara (gr)	0.00			
6	Peso del suelo seco (gr) (3) - (5)	99.50			
7	Peso del Picnómetro + agua+suelo seco (a la temp. del ensayo) (gr)	714.55			
8	Temperatura de ensayo (°C)	25.00			
9	Factor de Corrección "K", basado en el peso específico del agua a 20°C (a temperatura de ensayo)	0.9988			
10	Peso del picnometro mas agua a temp. Del ensayo, obtenido de Curva de calibración (gr)	652.30			
11	Peso Especifico de Sólidos $(6) * (9) / ((6) + (10) - (7))$	2.668			
Observaciones y Comentarios: Ensayo realizado para suelos con partículas menores que el tamiz de 2.38 mm (Nº8)					
ELABORADO POR		REVISADO POR:		APROBADO POR:	
Firma:		Firma:		Firma:	
Nombre: Wilfredo Soria Requena		Nombre: Miguel Romero Falcon		Nombre: Miguel Romero Falcon	
Fecha: 12/09/2023		Fecha: 12/09/2023		Fecha: 12/09/2023	

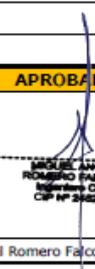
INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN		COMPañÍA MINERA CHUNGAR S.A.C	
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS			
Proyecto	INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPañÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN		
Investigación	: Calicata	Cliente	: Compañía Minera Chungar S.A.C.
Componente	: Depósito de Top Soil Laguapuquio	Consultor	: Geoservice Ambiental SAC
Ubicación	CL-23-03	Elaborado por	: W.S.R
Fecha	12/09/2023		
GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN ASTM C 127			
	Investigación	CL-23-03	
	Profundidad (m)	0.30-0.70	
	SUCS	GC	
1	Nº de Muestra	1	
2	Peso en el aire de la muestra seca	1191.00	
3	Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr)	1242.00	
4	Peso sumergido en agua de la muestra saturada (gr)	678.00	
5	Gravedad Específica Aparente (2)/((2)-(4))	2.322	
6	Gravedad Específica Bulk (s.s.s) (3)/((3)-(4))	2.202	
7	Gravedad Específica Bulk (2)/((3)-(4))	2.11	
8	% Absorción (((3)-(2))/(2))*100	4.28	
Observaciones y Comentarios: Ensayo realizado para suelos con partículas menores que el tamiz de 2.38 mm (Nº8)			
ELABORADO POR:		REVISADO POR:	
Firma:		Firma:	
			
Nombre: Wilfredo Soria Requena		Nombre: Miguel Romero Falcon	
Fecha: 12/09/2023		Fecha: 12/09/2023	

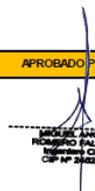
REGISTRO DE CONTROL		CONTROL DE CALIDAD		COMPañIA MINERA CHUNGAR S.A.C			
CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE INGENIERIA ASTM - D6913				Revisión:	0		
				Fecha:	16/12/2021		
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO Y CONCRETO							
Nombre del proyecto: INGENIERIA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPañIA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN							
Cliente : Compañía Minera Chungar S.A.C.				N° Registro: CL-23-04-01			
Contratista : Geoservice Ambiental SAC				Fecha: 12/09/2023			
DATOS DE LA MUESTRA							
Componente : Depósito de Top Soil Laguapucuo		Ubicación: CL-23-04		Elaborado : W.S.R			
Material : Calicata		Estructura: M-1					
Tamaño Máximo : 1/2"		Peso Inicial Seco: 2578 g					
TAMIZ	MTS E204 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
6"	152.000						Contenido de Humedad (%): 3.4
5"	126.600						Limite Líquido (LL): 40.1
4"	101.200				100.0		Limite Plástico (LP): 19.8
3"	75.800		0.0	0.0	100.0		Indice Plástico (IP): 20.3
2 1/2"	63.300		0.0	0.0	100.0		Clasificación (SUCS): CL
2"	50.800		0.0	0.0	100.0		Clasificación (AASHTO): A-7-6
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0		Indice de Grupo: (12)
1"	25.400		0.0	0.0	100.0		Descripción (AASHTO): MALO
3/4"	19.000		0.0	0.0	100.0		Modulo de Fineza:
1/2"	12.500	71.0	2.8	2.8	97.2		Materia Organica:
3/8"	9.500	14.0	0.5	3.3	96.7		Turba:
Nº 4	4.750	46.0	1.8	5.1	94.9		OBSERVACIONES :
Nº 8	2.360						Boloneta > 3": SI
Nº 10	2.000	18.1	3.4	8.5	91.5		Grava 3" - Nº 4: 5.1
Nº 16	1.190						Arena Nº 4 - Nº 200: 16.8
Nº 20	0.840	14.2	2.7	11.2	88.8		Finos < Nº 200: 78.1
Nº 30	0.600						Fraccion: 500.0
Nº 40	0.425	16.5	3.1	14.3	85.7		Observaciones:
Nº 50	0.300						
Nº 60	0.260	12.3	2.3	16.7	83.3		
Nº 80	0.177						
Nº 140	0.105	20.7	3.9	20.6	79.4		
Nº 200	0.075	6.8	1.3	21.9	78.1		
< Nº 200	FONDO	411.4	78.1	100.0			

Observaciones:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Firma:	Firma: _____	Firma:
Nombre: Wilfredo Soria Requena		Nombre: Miguel Romero Falcon
Fecha: 12/09/2023		Fecha: 12/09/2023

REGISTRO DE CONTROL						
CONTROL DE CALIDAD						
CONTENIDO DE HUMEDAD POR CALENTAMIENTO DIRECTO ASTM - D4959						COMPañÍA MINERA CHUNGAR S.A.C
						Revisión: 0
						Fecha: 16/12/2021
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO Y CONCRETO						
Nombre de proyecto: INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPañÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN						
Cliente : Compañía Minera Chungar S.A.C.					N° Registro: CL-23-04-01	
Contratista : Geoservice Ambiental SAC					Fecha: 12/09/2023	
DATOS DE LA MUESTRA						
Componente : Depósito de Top Soil Laguapuquio			Ubicación: CL-23-04		Elaborado : W.S.R.	
Material : Calicata			Estructura:			
Descripción	Und.	Ensayos Material Integral				Promedio
Tara	Nº	1				
Peso Material Humedo + Tara (A)	g.	722.9				
Peso Material Seco + Tara (B)	g.	699.2				
Peso de Agua (A-B)	g.	23.7				
Peso de Tara (C)	g.	-				
Peso Neto de Material Seco (B-C)	g.	699.2				
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	3.4				3.4
Descripción	Und.	Ensayos Material > 3/4				Promedio
Tara	Nº					
Peso Material Humedo + Tara (A)	g.					
Peso Material Seco + Tara (B)	g.					
Peso de Agua (A-B)	g.					
Peso de Tara (C)	g.					
Peso Neto de Material Seco (B-C)	g.					
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%					
Observaciones: _____						

ELABORADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:		
Firma: 		Firma:		Firma: 		
Nombre: Wilfredo Soria Requena				Nombre: Miguel Romero Falcon		
Fecha: 12/09/2023				Fecha: 12/09/2023		

INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN				
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS				
Proyecto :	INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN			
Investigación :	Calicata Cliente : Compañía Minera Chungar S.A.C.			
Componete :	Depósito de Top Soil Laguapuquio Consultor : Geoservice Ambiental SAC			
Ubicación :	CL-23-04 Elaborado por : W.S.R			
Fecha :	12/09/2023			
PESOS ESPECIFICO DE LOS SUELOS (PICNOMETRO)				
ASTM D 854				
	Investigación	CL-23-04		
	Profundidad (m)	0.90-1.50		
1	Nº de Muestra	1		
2	Tara + suelo húmedo (gr)	100.00		
3	Tara + suelo seco (gr)	99.70		
4	Peso del agua (gr) (2) - (3)	0.30		
5	Peso de la tara (gr)	0.00		
6	Peso del suelo seco (gr) (3) - (5)	99.70		
7	Peso del Picnómetro + agua+suelo seco (a la temp. del ensayo) (gr)	716.60		
8	Temperatura de ensayo (°C)	25.00		
9	Factor de Corrección "K", basado en el peso específico del agua a 20°C (a temperatura de ensayo)	0.9988		
10	Peso del picnometro mas agua a temp. Del ensayo, obtenido de Curva de calibración (gr)	653.50		
11	Peso Especifico de Sólidos $(6) * (9) / ((6) + (10) - (7))$	2.721		
Observaciones y Comentarios: Ensayo realizado para suelos con partículas menores que el tamiz de 2.38 mm (Nº8)				
ELABORADO POR		REVISADO POR:		APROBADO POR:
Firma:		Firma:		Firma: 
Nombre: Wilfredo Soria Requena		Nombre: Miguel Romero Falcon		
Fecha:12/09/2023		Fecha:12/09/2023		

REGISTRO DE CONTROL		CONTROL DE CALIDAD		COMPañIA MINERA CHUNGAR S.A.C			
CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE INGENIERIA ASTM - D6913				Revisión:	0		
				Fecha:	16/12/2021		
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO Y CONCRETO							
Nombre del proyecto: INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPañIA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN							
Cliente : Compañía Minera Chungar S.A.C.				N° Registro: CL-23-05-01			
Contratista : Geoservice Ambiental SAC				Fecha: 12/09/2023			
DATOS DE LA MUESTRA							
Componente	: Depósito de Top Soil Laguapuquio		Ubicación:	CL-23-05			
			Muestra:	M-1			
Material	: Calicata		Estructura:				
Tamaño Máximo	: 1 1/2"		Peso Inicial Seco:	4664 g			
TAMIZ	MTC E204	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	Tipo: C	
6"	152.000						Contenido de Humedad (%): 6.6
5"	126.600						Límite Líquido (LL): 39.5
4"	101.200				100.0		Límite Plástico (LP): 19.3
3"	75.800		0.0	0.0	100.0		Índice Plástico (IP): 20.1
2 1/2"	63.300		0.0	0.0	100.0		Clasificación (SUCS): GC
2"	50.800		0.0	0.0	100.0		Clasificación (AASHTO): A-6
1 1/2"	38.100	130.0	2.8	2.8	97.2		Índice de Grupo: (3)
1"	25.400	196.0	4.2	7.0	93.0		Descripción (AASHTO): MALO
3/4"	19.000	270.0	5.8	12.8	87.2		Módulo de Fineza:
1/2"	12.500	305.0	6.5	19.3	80.7		Materia Orgánica:
3/8"	9.500	288.0	6.2	25.5	74.5		Turba:
N° 4	4.750	666.0	14.3	39.8	60.2		OBSERVACIONES:
N° 8	2.360						Boloneria > 3": SI
N° 10	2.000	80.4	9.7	49.5	50.5		Grava 3" - N° 4: 39.8
N° 16	1.190						Arena N° 4 - N° 200: 22.0
N° 20	0.840	38.3	4.6	54.1	45.9		Finos < N° 200: 38.3
N° 30	0.600						Fración: 500.0
N° 40	0.425	22.4	2.7	56.8	43.2		Observaciones:
N° 50	0.300						
N° 60	0.250	11.6	1.4	58.2	41.8		
N° 80	0.177						
N° 140	0.105	20.9	2.5	60.7	39.3		
N° 200	0.075	8.7	1.0	61.7	38.3		
< N° 200	FONDO	317.7	38.3	100.0			

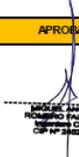
Distribución granulométrica

Observaciones:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Wilfredo Soria Requena		Nombre: Miguel Romero Falcon
Fecha: 12/09/2023		Fecha: 12/09/2023

REGISTRO DE CONTROL					
CONTROL DE CALIDAD					
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS - ASTM - D4318		COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR S.A.C			
		Revisión:	0		
		Fecha:	16/12/2021		
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO Y CONCRETO					
Nombre de proyecto: INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN					
Cliente : Compañía Minera Chungar S.A.C.		N° Registro: CL-23-05-01			
Contratista : Geoservice Ambiental SAC		Fecha: 12/09/2023			
DATOS DE LA MUESTRA					
Componente : Depósito de Top Soil Laguapuquilo	Ubicación: CL-23-05	Elaborado : W.S.R			
Material : Calicata	Estructura:				
LÍMITE LIQUIDO (MTC E110)					
Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		31	21	11	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	70.44	50.05	53.77	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	63.66	43.40	45.78	
PESO DE AGUA	(g)	6.78	6.65	7.99	
PESO DEL TARRO	(g)	46.17	26.72	26.25	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	17.49	16.68	19.53	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	38.77	39.87	40.91	
NUMERO DE GOLPES		28	26	12	
LÍMITE PLASTICO (MTC E111)					
Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		20	43		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	28.80	41.06		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	28.26	40.55		
PESO DE AGUA	(g)	0.54	0.51		
PESO DEL TARRO	(g)	25.53	37.85		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	2.73	2.70		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	19.78	18.89		
RELACION HUMEDAD - NUMERO DE GOLPES					
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA					
LÍMITE LIQUIDO	39.45				
LÍMITE PLÁSTICO	19.33				
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	20.1				
Observaciones: _____					

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:			
Firma:	Firma:	Firma:			
Nombre: Wilfredo Soria Requena		Nombre: Miguel Romero Falcon			
Fecha: 12/09/2023		Fecha: 12/09/2023			

INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN		
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS		
Proyecto :	INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN	
Investigación :	Calicata	
Componete :	Depósito de Top Soil Laguapuquio	
Ubicación :	CL-23-05	
Fecha :	12/09/2023	
Cliente :	Compañía Minera Chungar S.A.C.	
Consultor :	Geoservice Ambiental SAC	
Elaborado por :	W.S.R	
PESOS ESPECIFICO DE LOS SUELOS (PICNOMETRO)		
ASTM D 854		
Investigación	CL-23-05	
Profundidad (m)	0.20-0.70	
1 N° de Muestra	1	
2 Tara + suelo húmedo (gr)	100.00	
3 Tara + suelo seco (gr)	99.60	
4 Peso del agua (gr) (2) - (3)	0.40	
5 Peso de la tara (gr)	0.00	
6 Peso del suelo seco (gr) (3) - (5)	99.60	
7 Peso del Picnómetro + agua+suelo seco (a la temp. del ensayo) (gr)	760.90	
8 Temperatura de ensayo (°C)	25.00	
9 Factor de Corrección "K", basado en el peso específico del agua a 20°C (a temperatura de ensayo)	0.9988	
10 Peso del picnometro mas agua a temp. Del ensayo, obtenido de Curva de calibración (gr)	698.90	
11 Peso Especifico de Sólidos $(6) \cdot (9) / ((6) + (10) - (7))$	2.646	
Observaciones y Comentarios: Ensayo realizado para suelos con partículas menores que el tamiz de 2.38 mm (N°8)		
ELABORADO POR	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Firma: 	Firma:	Firma: 
Nombre: Wilfredo Soria Requena		Nombre: Miguel Romero Falcon
Fecha:12/09/2023		Fecha:12/09/2023

INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN		COMPañÍA MINERA CHUNGAR S.A.C	
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS			
Proyecto	INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN		
Investigación	: Calicata	Cliente	: Compañía Minera Chungar S.A.C.
Componente	: Depósito de Top Soil	Consultor	: Geoservice Ambiental SAC
Ubicación	CL-23-05	Elaborado por	: W.S.R
Fecha	12/09/2023		
GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN ASTM C 127			
	Investigación	CL-23-05	
	Profundidad (m)	0.20-0.70	
	SUCS	GC	
1	Nº de Muestra	1	
2	Peso en el aire de la muestra seca	598.00	
3	Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr)	653.00	
4	Peso sumergido en agua de la muestra saturada (gr)	341.00	
5	Gravedad Específica Aparente $(2)/((2)-(4))$	2.327	
6	Gravedad Específica Bulk (s.s.s) $(3)/((3)-(4))$	2.093	
7	Gravedad Específica Bulk $(2)/((3)-(4))$	1.92	
8	% Absorción $((3)-(2))/(2)*100$	9.20	
Observaciones y Comentarios: Ensayo realizado para suelos con partículas menores que el tamiz de 2.38 mm (Nº8)			
ELABORADO POR		REVISADO POR:	
Firma:		Firma:	
			
Nombre: Wilfredo Soria Requena		Nombre: Miguel Romero Falcon	
Fecha: 12/09/2023		Fecha: 12/09/2023	

REGISTRO DE CONTROL								
CONTROL DE CALIDAD								
CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE INGENIERIA ASTM - D6913		COMPAÑIA MINERA CHUNGAR S.A.C						
		Revisión:	0					
		Fecha:	16/12/2021					
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO Y CONCRETO								
Nombre del proyecto: INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑIA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN								
Cliente : Compañía Minera Chungar S.A.C.		N° Registro: CL-23-06-01						
Contratista : Geoservice Ambiental SAC		Fecha: 12/09/2023						
DATOS DE LA MUESTRA								
Componente : Depósito de Top Soil Laguapuquilo		Ubicación: CL-23-06						
		Elaborado : W.S.R						
Material : Calcata		Estructura:						
Tamaño Máximo : 3"		Peso Inicial Seco: 5556 g						
TAMIZ	HTC E204 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
						Tipos	C	
6"	152.000							Contenido de Humedad (%): 6.5
5"	126.600							Límite Líquido (LL): 35.4
4"	101.200				100.0			Límite Plástico (LP): NP
3"	75.800	688	12.4	12.4	87.6			Límite Plástico (IP): NP
2 1/2"	63.300	0.00	0.0	12.4	87.6			Clasificación (SUCS): GM
2"	50.800	106.0	1.9	14.3	85.7			Clasificación (AASHTO): A-1-b
1 1/2"	38.100	289.0	5.2	19.5	80.5			Índice de Grupo: (0)
1"	25.400	511.0	9.2	28.7	71.3			Descripción (AASHTO): BUENO
3/4"	19.000	362.0	6.5	35.2	64.8			Modulo de Fineza:
1/2"	12.500	293.0	5.3	40.5	59.5			Materia Orgánica:
3/8"	9.500	289.0	5.2	45.7	54.3			Turba:
N° 4	4.750	474.0	8.5	54.2	45.8			OBSERVACIONES:
N° 8	2.360							Bolonería > 3": SI
N° 10	2.000	81.0	7.4	61.6	38.4			Grava 3" - N° 4: 54.2
N° 16	1.190							Arena N° 4 - N° 200: 24.4
N° 20	0.840	55.6	5.1	66.7	33.3			Finos < N° 200: 21.4
N° 30	0.600							Fracción: 500.0
N° 40	0.425	50.5	4.6	71.3	28.7			Observaciones:
N° 50	0.300							
N° 60	0.260	26.6	2.4	73.8	26.2			
N° 80	0.177							
N° 100	0.150	42.5	3.9	77.7	22.3			
N° 200	0.075	10.5	1.0	78.6	21.4			
< N° 200	FONDO	233.3	21.4	100.0				

Distribución granulométrica

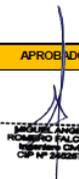
Observaciones:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Wilfredo Soria Requena		Nombre: Miguel Romero Falcon
Fecha: 12/09/2023		Fecha: 12/09/2023

REGISTRO DE CONTROL					
CONTROL DE CALIDAD					
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS - ASTM - D4318				COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR S.A.C	
				Revisión:	0
				Fecha:	16/12/2021
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO Y CONCRETO					
Nombre de proyecto: INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN					
Cliente : Compañía Minera Chungar S.A.C.				N° Registro: CL-23-06-01	
Contratista : Geoservice Ambiental SAC				Fecha: 12/09/2023	
DATOS DE LA MUESTRA					
Componente : Depósito de Top Soil Laguapuquilo		Ubicación: CL-23-06		Elaborado : W.S.R	
Material : Calicata			Estructura:		
LIMITE LIQUIDO (MTC E110)					
Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		49	10	32	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	65.64	53.20	66.45	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	58.61	45.55	58.78	
PESO DE AGUA	(g)	7.03	7.65	7.67	
PESO DEL TARRO	(g)	38.60	25.06	39.12	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	20.01	20.49	19.66	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	35.13	37.34	39.01	
NUMERO DE GOLPES		27	16	11	
LIMITE PLASTICO (MTC E111)					
Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)				
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)				
PESO DE AGUA	(g)				NO PLÁSTICO (N.P)
PESO DEL TARRO	(g)				
PESO DEL SUELO SECO	(g)				
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)				
RELACION HUMEDAD - NUMERO DE GOLPES					
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA					
LIMITE LIQUIDO	35.39				
LIMITE PLÁSTICO	NP				
INDICE DE PLASTICIDAD	NP				
Observaciones:					
<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>					
Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
Firma:		Firma:		Firma:	
Nombre: Wilfredo Soria Requena				Nombre: Miguel Romero Falcon	
Fecha: 12/09/2023				Fecha: 12/09/2023	

REGISTRO DE CONTROL				
CONTROL DE CALIDAD				
CONTENIDO DE HUMEDAD POR CALENTAMIENTO DIRECTO ASTM - D4959		COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR S.A.C		
		Revisión:	0	
		Fecha:	16/12/2021	
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO Y CONCRETO				
Nombre de proyecto: INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN				
Cliente : Compañía Minera Chungar S.A.C.		N° Registro: CL-23-06-01		
Contratista : Geoservice Ambiental SAC		Fecha: 12/09/2023		
DATOS DE LA MUESTRA				
Componente : Depósito de Top Soil Laguapuquio		Ubicación: CL-23-06	Elaborado : W.S.R	
Material : Calicata		Estructura:		
Descripción	Und.	Ensayos Material Integral		Promedio
Tara	Nº	1		
Peso Material Humedo + Tara (A)	g.	801.1		
Peso Material Seco + Tara (B)	g.	752.0		
Peso de Agua (A-B)	g.	49.1		
Peso de Tara (C)	g.	-		
Peso Neto de Material Seco (B-C)	g.	752.0		
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	6.5		6.5
Descripcion	Und.	Ensayos Material > 3/4		Promedio
Tara	Nº			
Peso Material Humedo + Tara (A)	g.			
Peso Material Seco + Tara (B)	g.			
Peso de Agua (A-B)	g.			
Peso de Tara (C)	g.			
Peso Neto de Material Seco (B-C)	g.			
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%			
Observaciones: _____				
ELABORADO POR:				
Firma:		REVISADO POR:		APROBADO POR:
				
Nombre: Wilfredo Soria Requena				Nombre: Miguel Romero Falcon
Fecha: 12/09/2023				Fecha: 12/09/2023

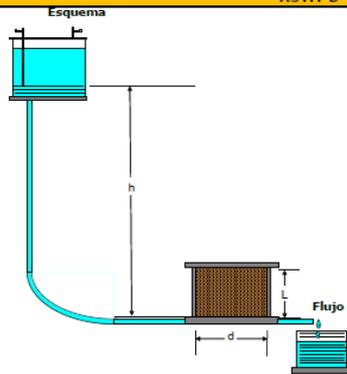
INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN					
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS					
Proyecto :	INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN				
Investigación :	Calicata Cliente : Compañía Minera Chungar S.A.C.				
Componete :	Depósito de Top Soil Laguapuquio Consultor : Geoservice Ambiental SAC				
Ubicación :	CL-23-06 Elaborado por : W.S.R				
Fecha :	12/09/2023				
PESOS ESPECIFICO DE LOS SUELOS (PICNOMETRO)					
ASTM D 854					
	Investigación	CL-23-06			
	Profundidad (m)	0.10-0.20			
1	Nº de Muestra	1			
2	Tara + suelo húmedo (gr)	100.00			
3	Tara + suelo seco (gr)	99.50			
4	Peso del agua (gr) (2) - (3)	0.50			
5	Peso de la tara (gr)	0.00			
6	Peso del suelo seco (gr) (3) - (5)	99.50			
7	Peso del Picnómetro + agua+suelo seco (a la temp. del ensayo) (gr)	761.10			
8	Temperatura de ensayo (°C)	25.00			
9	Factor de Corrección "K", basado en el peso específico del agua a 20°C (a temperatura de ensayo)	0.9988			
10	Peso del picnometro mas agua a temp. Del ensayo, obtenido de Curva de calibración (gr)	698.90			
11	Peso Especifico de Sólidos $(6) * (9) / ((6) + (10) - (7))$	2.664			
Observaciones y Comentarios: Ensayo realizado para suelos con partículas menores que el tamiz de 2.38 mm (Nº8)					
ELABORADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:	
Firma:		Firma:		Firma:	
Nombre: Wilfredo Soria Requena		Nombre: Miguel Romero Falcon		Nombre: Miguel Romero Falcon	
Fecha: 12/09/2023		Fecha: 12/09/2023		Fecha: 12/09/2023	

INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN		COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR S.A.C.	
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS			
Proyecto Investigación	: INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DEL DEPÓSITO DE TOP SOIL COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMÓN : Calicata	Ciente	: Compañía Minera Chungar S.A.C.
Componente	: Depósito de Top Soil Laguapuquio	Consultor	: Geoservice Ambiental SAC
Ubicación	CL-23-06	Elaborado por	: W.S.R
Fecha	12/09/2023		
GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN			
ASTM C 127			
	Investigación	CL-23-06	
	Profundidad (m)	0.10-0.20	
	SUCS	GM	
1	Nº de Muestra	1	
2	Peso en el aire de la muestra seca	865.00	
3	Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr)	931.00	
4	Peso sumergido en agua de la muestra saturada (gr)	513.00	
5	Gravedad Específica Aparente (2)/((2)-(4))	2.457	
6	Gravedad Específica Bulk (s.s.s) (3)/((3)-(4))	2.227	
7	Gravedad Específica Bulk (2)/((3)-(4))	2.07	
8	% Absorción (((3)-(2))/(2))*100	7.63	
Observaciones y Comentarios: Ensayo realizado para suelos con partículas menores que el tamiz de 2.38 mm (Nº8)			
ELABORADO POR		REVISADO POR:	
Firma:		Firma:	
Nombre: Wilfredo Soría Requena		Nombre: Miguel Romero Falcon	
Fecha: 12/09/2023		Fecha: 12/09/2023	

REGISTRO DE CONTROL		CONTROL DE CALIDAD							
PRUEBA DE PERMEABILIDAD EN LABORATORIO - CARGA CONSTANTE - ASTM D-2434		COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR S.A.C							
		Revisión:	0						
		Fecha:	16/12/2021						
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO Y CONCRETO									
Nombre del proyecto: INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DE DEPÓSITO DE TOP SOIL - COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR									
Cliente :	Compañía Minera Chungar S.A.C.	N° Registro:	CL-23-01-01						
Contratista :	Geoservice Ambiental SAC	Fecha:	15/09/2023						
DATOS DE LA MUESTRA									
Componente :	Depósito de Top Soil Laguapuquio	Ubicación:	CL-23-01						
		Muestra:	M-1						
Material :	Calicata	Estructura:	Profundidad: 1.00-2.00 m						
		SUCS:	CL						
ENSAYO DE PERMEABILIDAD EN LABORATORIO									
CARGA CONSTANTE									
ASTM-D-2434									
Esquema	<p>K = Coeficiente de permeabilidad cm/seg K_{20} = K corregido a 20 ° de temperatura cm/seg V = Volumen total de agua cm³ L = Longitud de la muestra cm h = Carga hidráulica cm A = Sección transversal de la muestra cm² T = Tiempo de la prueba seg d = Diámetro del espécimen de la prueba cm</p> $K = \frac{V \times L}{h \times A \times T}$ <p>Datos del espécimen</p> <p>dd = Densidad seca total 1.603 gr/cm³ w = Contenido de humedad 16.4 % d = Diámetro 8.05 cm</p> <p>Datos proporcionados por el cliente.</p>								
Observaciones: Inicio 15.Sepiembre.2023 8:36 Hrs.									
Hora	Fecha	Temperatura °C	Area cm ²	L cm	Tiempo T seg	h cm	V cm ³	K cm/seg	K_{20} cm/seg
8h 36min	15.Sepiembre.2023	19.6	1035.22	12.7	60	144	20.00	2.8398E-05	3.0292E-05
8h 41min	15.Sepiembre.2023	19.6	1035.22	12.7	60	144	20.00	2.8398E-05	3.0292E-05
8h 46min	15.Sepiembre.2023	19.6	1035.22	12.7	60	144	20.00	2.8398E-05	3.0139E-05
8h 51min	15.Sepiembre.2023	19.6	1035.22	12.7	60	144	20.00	2.8398E-05	3.0139E-05
8h 56min	15.Sepiembre.2023	19.6	1035.22	12.7	60	144	20.00	2.8398E-05	3.0443E-05
9h 02min	15.Sepiembre.2023	19.6	1035.22	12.7	600	144	128.00	1.8175E-05	1.9240E-05
9h 07min	15.Sepiembre.2023	19.6	1035.22	12.7	600	144	125.00	1.7749E-05	1.8695E-05
9h 12min	15.Sepiembre.2023	19.6	1035.22	12.7	600	144	128.00	1.8175E-05	1.9143E-05
9h 17min	15.Sepiembre.2023	19.6	1035.22	12.7	600	144	128.00	1.8175E-05	1.9143E-05
				$K_{20} = 2.4654 \times 10^{-5} \text{ cm/seg}$					
Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:					
Firma:		Firma:		Firma:					
Nombre: Wilfredo Sorla Requena				Nombre: Miguel Romero Falcon					
Fecha: 14/09/2023				Fecha: 14/09/2023					

REGISTRO DE CONTROL			
CONTROL DE CALIDAD			
PRUEBA DE PERMEABILIDAD EN LABORATORIO - CARGA CONSTANTE - ASTM D-2434		COMPañIA MINERA CHUNGAR S.A.C	
		Revisión:	0
		Fecha:	16/12/2021
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO Y CONCRETO			
Nombre del proyecto: INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DE DEPÓSITO DE TOP SOIL - COMPañIA MINERA CHUNGAR			
Cliente :	Compañía Minera Chungar S.A.C.	N° Registro:	CL-23-01-01
Contratista :	Geoservice Ambiental SAC	Fecha:	14/09/2023
DATOS DE LA MUESTRA			
Componente :	Depósito de Top Soil Laguapuquio	Ubicación:	CL-23-04
		Muestra:	M-1
Material :	Calicata	Estructura:	Profundidad: 0.90-1.50 m
		SUCS:	CL
Elaborado :	W.S.R		

ENSAYO DE PERMEABILIDAD EN LABORATORIO
CARGA CONSTANTE
ASTM-D-2434



- K= Coeficiente de permeabilidad cm/seg
- K_{20} = K corregido a 20 ° de temperatura cm/seg
- V= Volumen total de agua cm³
- L= Longitud de la muestra cm
- h= Carga hidráulica cm
- A= Sección transversal de la muestra cm²
- T= Tiempo de la prueba seg
- d= Diámetro del espécimen de la prueba cm

$$K = \frac{V \times L}{h \times A \times T}$$

Datos del espécimen

- dd= Densidad seca total 1.547 gr/cm³
 - w = Contenido de humedad 17.4 %
 - d= Diámetro 8.05 cm
- Datos proporcionados por el cliente.



Observaciones: Inicio 14 Setiembre. 2023 9:33 Hrs.

Hora	Fecha	Temperatura °C	Area cm ²	L cm	Tiempo T seg	h cm	V cm ³	K cm/seg	K_{20} cm/seg
9h 33min	14 Setiembre.2023	19.6	1040.28	12.5	2820	144	28.00	8.2853E-07	8.8379E-07
10h 20min	14 Setiembre.2023	19.6	1040.28	12.5	3600	144	28.00	6.4901E-07	6.9230E-07
11h 20min	14 Setiembre.2023	19.6	1040.28	12.5	3600	144	28.00	6.4901E-07	6.8890E-07
12h 20min	14 Setiembre.2023	19.6	1040.28	12.5	3600	144	28.00	6.4901E-07	6.8880E-07
13h 20min	14 Setiembre.2023	19.6	1040.28	12.5	3600	144	28.00	6.4901E-07	6.9674E-07
14h 20min	14 Setiembre.2023	19.6	1040.28	12.5	3600	144	28.00	6.4901E-07	6.8706E-07
15h 20min	14 Setiembre.2023	19.6	1040.28	12.5	3600	144	28.00	6.4901E-07	6.8361E-07
16h 20min	14 Setiembre.2023	19.6	1040.28	12.5	3600	144	26.00	6.0266E-07	6.3478E-07
17h 20min	14 Setiembre.2023	19.6	1040.28	12.5	3600	144	26.00	6.0266E-07	6.3478E-07

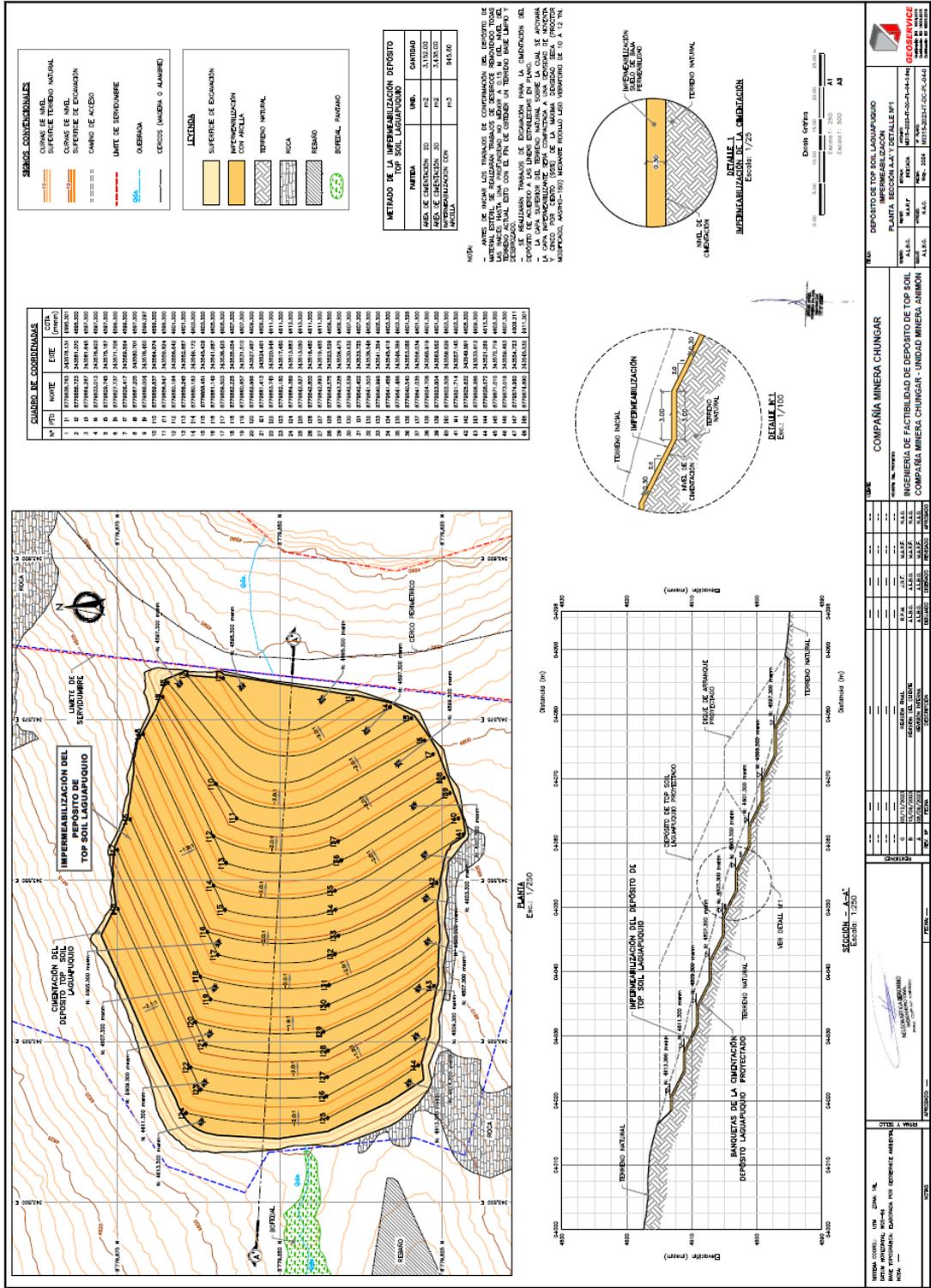
$K_{20} = 6.7573 \times 10^{-7}$ cm/seg

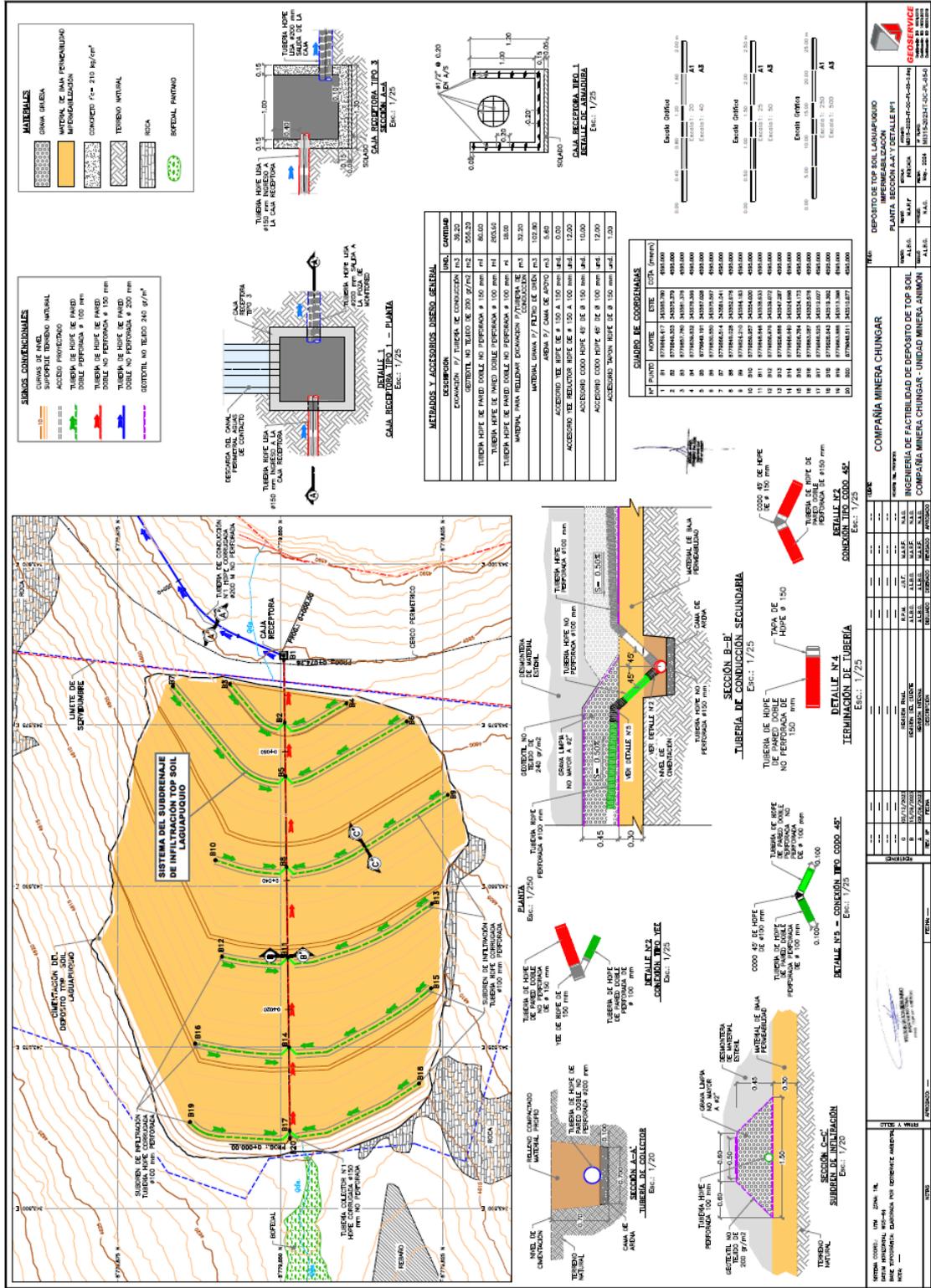
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Wilfredo Soría Requena		Nombre: Miguel Romero Falcon
Fecha: 14/09/2023		Fecha: 14/09/2023

REGISTRO DE CONTROL		CONTROL DE CALIDAD							
PRUEBA DE PERMEABILIDAD EN LABORATORIO - CARGA CONSTANTE - ASTM D-2434		COMPANÍA MINERA CHUNGAR S.A.C							
		Revisión:	0						
		Fecha:	16/12/2021						
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO Y CONCRETO									
Nombre del proyecto: INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DE DEPÓSITO DE TOP SOIL - COMPAÑIA MINERA CHUNGAR									
Cliente :	Compañía Minera Chungar S.A.C.	N° Registro:	CL-23-01-01						
Contratista :	Geoservice Ambiental SAC	Fecha:	15/09/2023						
DATOS DE LA MUESTRA									
Componente :	Depósito de Top Soil Quimacocha	Ubicación:	CQ-23-01						
		Muestra:	M-1						
Material :	Calicata	Estructura:	Profundidad: 0.50-0.75 m						
		SUCS:	GM						
ENSAYO DE PERMEABILIDAD EN LABORATORIO									
CARGA CONSTANTE									
ASTM-D-2434									
Esquema	<p>K= Coeficiente de permeabilidad cm/seg</p> <p>K_{20} = K corregido a 20 ° de temperatura cm/seg</p> <p>V= Volumen total de agua cm³</p> <p>L= Longitud de la muestra cm</p> <p>h= Carga hidráulica cm</p> <p>A= Sección transversal de la muestra cm²</p> <p>T= Tiempo de la prueba seg</p> <p>d= Diámetro del espécimen de la prueba cm</p> $K = \frac{V \times L}{h \times A \times T}$ <p>Datos del espécimen</p> <p>d_s= Densidad seca total 1.904 gr/cm³</p> <p>w = Contenido de humedad 7.8 %</p> <p>d= Diámetro 8.05 cm</p> <p>Datos proporcionados por el cliente.</p>	 <p>15/09/2023 15:40:50</p>							
Observaciones: Inicio 15. Setiembre. 2023 15:40 Hrs.									
Hora	Fecha	Temperatura °C	Area cm ²	L cm	Tiempo T seg	h cm	V cm ³	K cm/seg	K_{20} cm/seg
15h 40min	15. Setiembre. 2023	19.6	1018.01	12.1	600	144	36.00	5.2103E-06	5.5579E-06
15h 50min	15. Setiembre. 2023	19.6	1018.01	12.1	600	144	36.00	4.9361E-06	5.2653E-06
15h 60min	15. Setiembre. 2023	19.6	1018.01	12.1	600	144	34.00	4.6619E-06	4.9477E-06
16h 10min	15. Setiembre. 2023	19.6	1018.01	12.1	600	144	32.00	4.3877E-06	4.6566E-06
16h 20min	15. Setiembre. 2023	19.6	1018.01	12.1	600	144	32.00	4.3877E-06	4.7038E-06
16h 30min	15. Setiembre. 2023	19.6	1018.01	12.1	600	144	32.00	4.3877E-06	4.6448E-06
16h 40min	15. Setiembre. 2023	19.6	1018.01	12.1	600	144	32.00	4.3877E-06	4.6215E-06
16h 50min	15. Setiembre. 2023	19.6	1018.01	12.1	600	144	32.00	4.3877E-06	4.6215E-06
16h 60min	15. Setiembre. 2023	19.6	1018.01	12.1	600	144	32.00	4.3877E-06	4.6215E-06
$K_{20} = 4.7603 \times 10^{-6}$ cm/seg									
Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:					
Firma:		Firma:		Firma:					
Nombre: Wilfredo Soria Requena				Nombre: Miguel Romero Falcon					
Fecha: 14/09/2023				Fecha: 14/09/2023					

REGISTRO DE CONTROL		CONTROL DE CALIDAD							
PRUEBA DE PERMEABILIDAD EN LABORATORIO - CARGA CONSTANTE - ASTM D-2434		COMPANÍA MINERA CHUNGAR S.A.C							
		Revisión:	0						
		Fecha:	16/12/2021						
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO Y CONCRETO									
Nombre del proyecto: INGENIERÍA DE FACTIBILIDAD DE DEPÓSITO DE TOP SOIL - COMPANÍA MINERA CHUNGAR									
Cliente :	Compañía Minera Chungar S.A.C.	N° Registro:	CL-23-01-01						
Contratista :	Geoservice Ambiental SAC	Fecha:	15/09/2023						
DATOS DE LA MUESTRA									
Componente :	Depósito de Top Soil Quimacocha	Ubicación:	CQ-23-03						
		Muestra:	M-1						
Material :	Calicata	Estructura:	Profundidad: 0.20-1.00 m						
		SUCS:	GM						
ENSAYO DE PERMEABILIDAD EN LABORATORIO									
CARGA CONSTANTE									
ASTM-D-2434									
Esquema	<p>K = Coeficiente de permeabilidad cm/seg</p> <p>K₂₀: K corregido a 20 ° de temperatura cm/seg</p> <p>V = Volumen total de agua cm³</p> <p>L = Longitud de la muestra cm</p> <p>h = Carga hidráulica cm</p> <p>A = Sección transversal de la muestra cm²</p> <p>T = Tiempo de la prueba seg</p> <p>d = Diámetro del espécimen de la prueba cm</p> $K = \frac{V \times L}{h \times A \times T}$ <p>Datos del espécimen</p> <p>dd = Densidad seca total 1.653 gr/cm³</p> <p>w = Contenido de humedad 11.1 %</p> <p>d = Diámetro 8.05 cm</p> <p>Datos proporcionados por el cliente.</p>								
Observaciones: Inicio 15.Sepiembre.2023 10:19 Hrs.									
Hora	Fecha	Temperatura °C	Area cm²	L cm	Tiempo T seg	h cm	V cm³	K cm/seg	K ₂₀ cm/seg
10h 19min	15.Sepiembre.2023	19.6	1090.89	13.5	300	144	28.00	8.0210E-06	8.5560E-06
10h 24min	15.Sepiembre.2023	19.6	1090.89	13.5	300	144	28.00	8.0210E-06	8.5560E-06
10h 29min	15.Sepiembre.2023	19.6	1090.89	13.5	300	144	28.00	8.0210E-06	8.5127E-06
10h 34min	15.Sepiembre.2023	19.6	1090.89	13.5	300	144	28.00	8.0210E-06	8.5127E-06
10h 39min	15.Sepiembre.2023	19.6	1090.89	13.5	300	144	28.00	8.0210E-06	8.5985E-06
10h 44min	15.Sepiembre.2023	19.6	1090.89	13.5	300	144	28.00	8.0210E-06	8.4910E-06
10h 49min	15.Sepiembre.2023	19.6	1090.89	13.5	300	144	28.00	8.0210E-06	8.4485E-06
10h 54min	15.Sepiembre.2023	19.6	1090.89	13.5	300	144	28.00	8.0210E-06	8.4485E-06
10h 59min	15.Sepiembre.2023	19.6	1090.89	13.5	300	144	28.00	8.0210E-06	8.4485E-06
				K₂₀ = 8.5021X 10⁻⁶ cm/seg					
Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:					
Firma: 		Firma:		Firma: 					
Nombre: Wilfredo Sorla Requena				Nombre: Miguel Romero Falcon					
Fecha: 14/09/2023				Fecha: 14/09/2023					

ANEXO 8 PLANOS DE DISEÑO



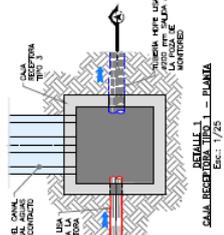
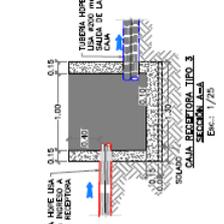


MATERIALES

- arena gruesa
- material de relleno permeable
- concreto f'c = 210 kg/cm²
- terreno natural
- roca
- refuerzo pasivo

SERVIOS CONVENCIONALES

- curvas de nivel
- superficie terreno natural
- acceso proyectado
- tubería de hierro de 100 mm
- tubería de hierro de 150 mm
- tubería de hierro de 200 mm
- horizontal no teledo 340 47/m²



MEDIDAS Y ACCESORIOS INGRESO GENERAL

DESCRIPCION	MEDIDA DE CONSTRUCCION	CANTIDAD
CONCRETO	NO TEUDO DE 200 47/02	208.50
TUBERIA HEICE DE PARED DOBLE NO PERFORADA # 100 mm	40.00	80.00
TUBERIA HEICE DE PARED DOBLE PERFORADA # 100 mm	14	14.00
TUBERIA HEICE DE PARED DOBLE NO PERFORADA # 100 mm	4	4.00
MATERIAL PARA REFORZO EXTERIOR TUBERIA DE 100 mm	102.80	102.80
MATERIAL PARA REFORZO INTERIOR TUBERIA DE 100 mm	102.80	102.80
ACCESORIO TUBERIA HEICE DE # 100 A 150 mm	0.00	0.00
ACCESORIO TUBERIA HEICE DE # 150 A 100 mm	0.00	0.00
ACCESORIO TUBERIA HEICE DE # 100 A 150 mm	10.00	10.00
ACCESORIO TUBERIA HEICE DE # 150 A 100 mm	10.00	10.00
ACCESORIO TUBERIA HEICE DE # 150 mm	1.00	1.00

CUADRO DE COORDENADAS

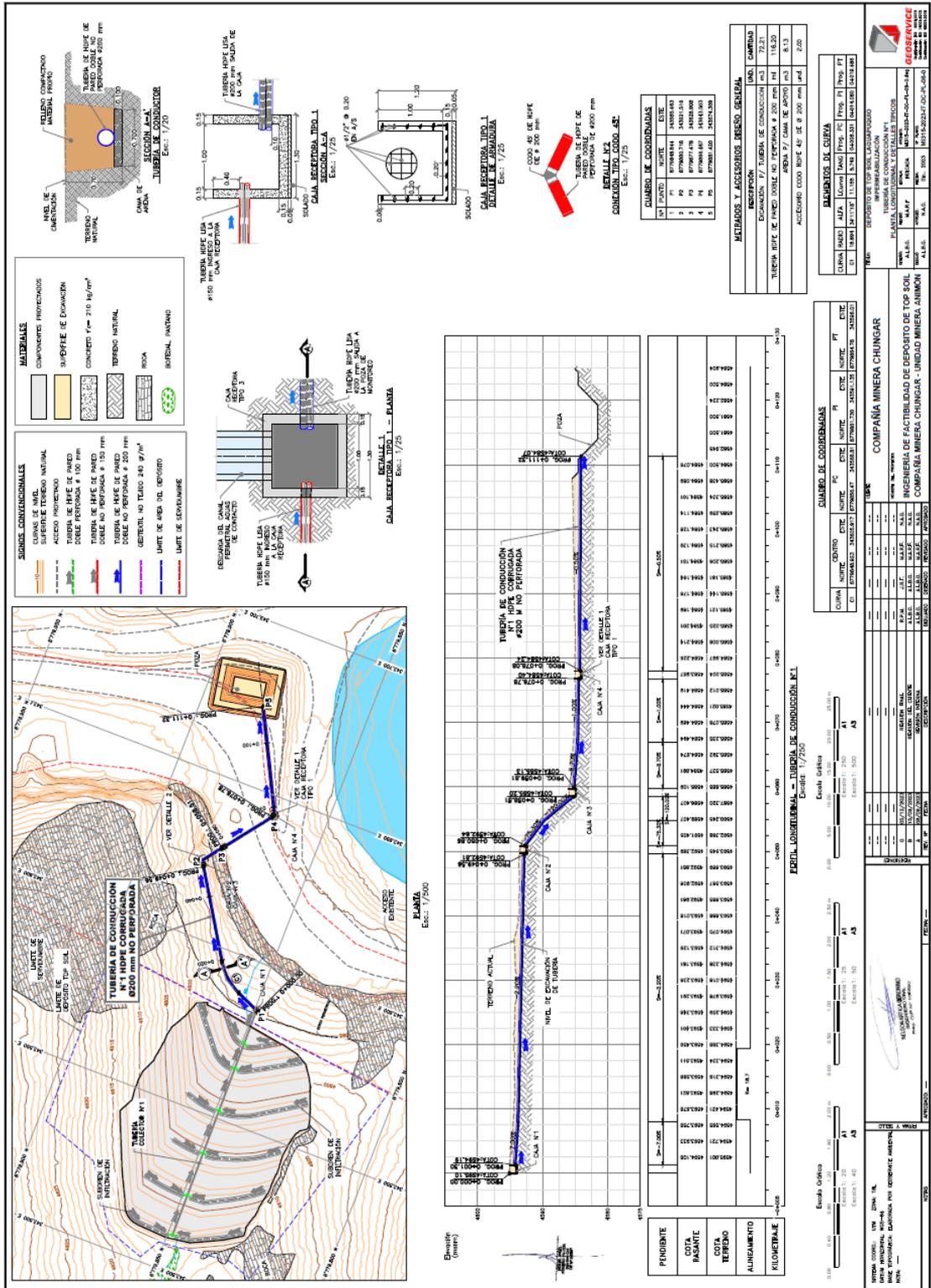
Nº PUNTO	NOTA	EASTE (metros)	NORTE (metros)
1	ST 1778447	34581.780	4945.000
2	ST 1778448	34581.780	4945.000
3	ST 1778449	34581.780	4945.000
4	ST 1778450	34581.780	4945.000
5	ST 1778451	34581.780	4945.000
6	ST 1778452	34581.780	4945.000
7	ST 1778453	34581.780	4945.000
8	ST 1778454	34581.780	4945.000
9	ST 1778455	34581.780	4945.000
10	ST 1778456	34581.780	4945.000
11	ST 1778457	34581.780	4945.000
12	ST 1778458	34581.780	4945.000
13	ST 1778459	34581.780	4945.000
14	ST 1778460	34581.780	4945.000
15	ST 1778461	34581.780	4945.000
16	ST 1778462	34581.780	4945.000
17	ST 1778463	34581.780	4945.000
18	ST 1778464	34581.780	4945.000
19	ST 1778465	34581.780	4945.000
20	ST 1778466	34581.780	4945.000

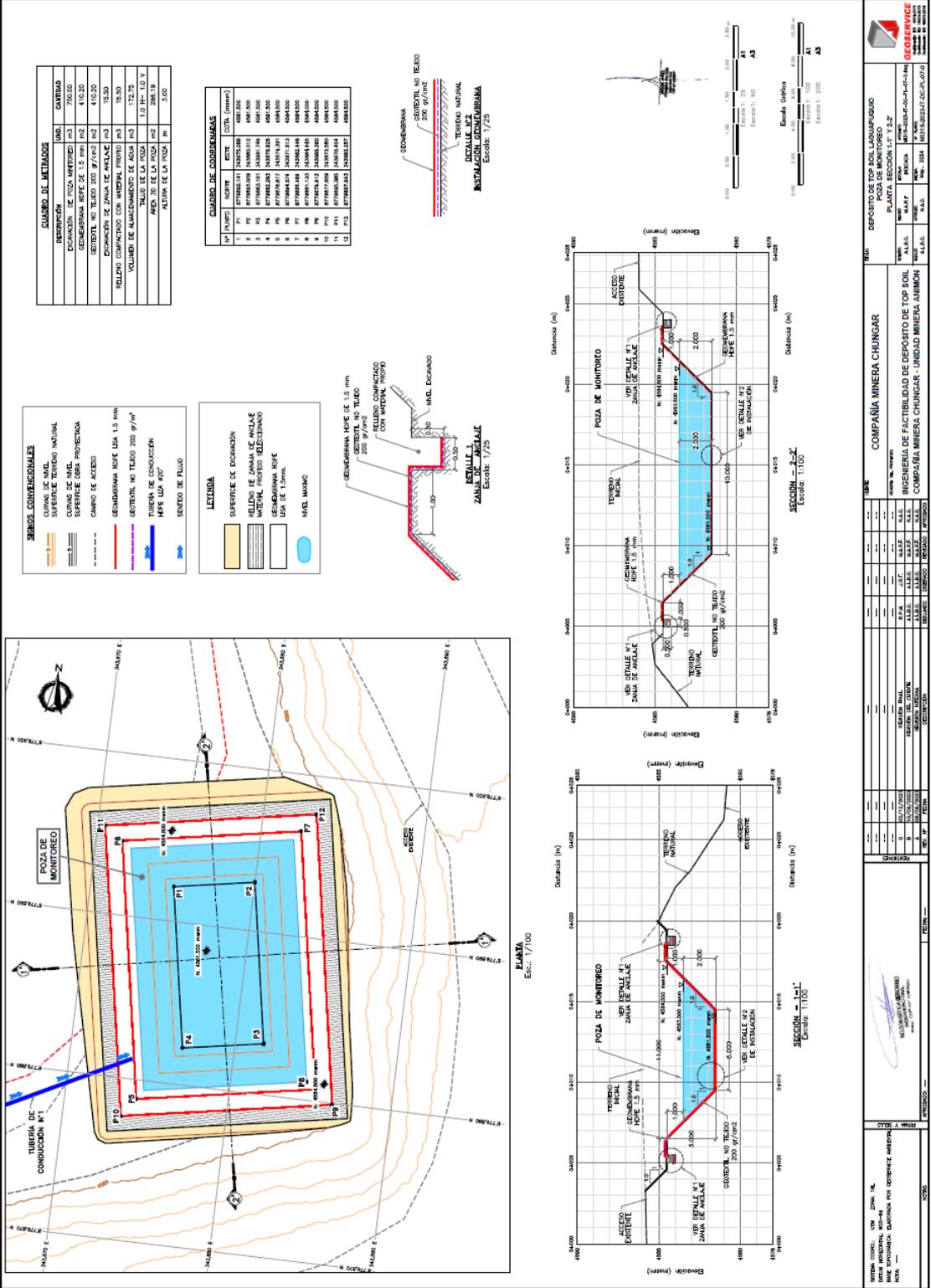
DEPOSITO DE TOP SOIL LAGUJAPUQUIO
PLANTA SECCION A-A Y DETALLE N°1

COMPAÑIA MINERA CHUNGAR

INGENIERIA DE FACTIBILIDAD DE DEPOSITO DE TOP SOIL
COMPAÑIA MINERA CHUNGAR - UNIDAD MINERA ANIMON

PROYECTO: ...
FECHA: ...
Escala: 1/20





CUADRO DE MEDIDAS

DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD
GEORREJADERA	m ²	410.50
GEORREJADERA HOJE DE 1.5 mm	m ²	410.50
GEOTEXTIL NO TEJIDO 200 g/m ²	m ²	15.50
COMPAÑIA DE ZANAS DE ANCLAJE	m ³	172.75
ROLLO COMPACTADO CON ANCLAJE PROYECTO	m ³	295.19
VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO DE AGUA	m ³	172.75
ANCHO DE LA POZA	m	1.0
ALCANTARILLA DE LA POZA	m	3.00

CUADRO DE COORDENADAS

N°	ALICATA	NORTE	ESTE	COTA (mm)
1	P1	877962.44	329753.98	4081.500
2	P2	877983.009	329803.015	4081.500
3	P3	877983.009	329753.98	4081.500
4	P4	877962.44	329753.98	4081.500
5	P5	877962.44	329753.98	4081.500
6	P6	877979.817	329791.391	4081.500
7	P7	877983.009	329803.015	4081.500
8	P8	877983.009	329803.015	4081.500
9	P9	877983.009	329803.015	4081.500
10	P10	877983.009	329803.015	4081.500
11	P11	877983.009	329803.015	4081.500
12	P12	877962.44	329753.98	4081.500

- LEGENDA**
- GEORREJADERA HOJE DE 1.5 mm
 - GEOTEXTIL NO TEJIDO 200 g/m²
 - COMPAÑIA DE ZANAS DE ANCLAJE
 - ROLLO COMPACTADO CON ANCLAJE PROYECTO
 - ANCHO DE LA POZA
 - ALCANTARILLA DE LA POZA
 - SENTO DE FLUJO

- LEGENDA**
- SUPERFICIE DE DOMINIO
 - RELLENO DE ZANAS DE ANCLAJE
 - ANCLAJE PROYECTO
 - GEORREJADERA HOJE
 - GEOTEXTIL NO TEJIDO
 - ANCHO DE LA POZA
 - NIVEL MARINO

